



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA REDUCCIÓN DE LAS FUGAS NO
VISIBLES DE LA RED DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE SAN MARTÍN
DE PORRES - LIMA

Línea de investigación:

Herramientas informáticas para una gestión eficiente y transparente

Salud pública

Tesis para optar el grado académico de maestro en Ingeniería de Sistemas
con mención en Gestión de Tecnologías de la Información

Autor:

Barrera Chaupis, Marcos José

Asesora:

Alfaro Bardales Vda. de Ontaneda, Maria Reneé

(ORCID: 0000-0003-4601-6748)

Jurado:

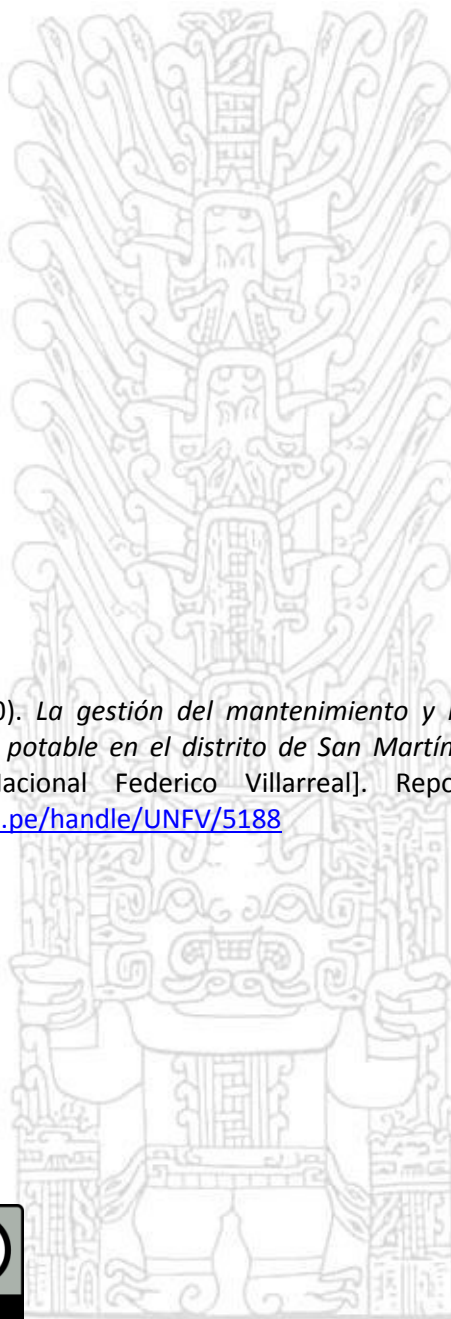
Lezama Gonzales, Pedro Martin

Carrillo Balceda, Jesus Elias

Gamarra Moreno, Juan

Lima - Perú

2020



Referencia:

Barrera Chaupis, M. (2020). *La gestión del mantenimiento y la reducción de las fugas no visibles de la red de agua potable en el distrito de San Martín de Porres - Lima*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5188>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA REDUCCIÓN DE LAS
FUGAS NO VISIBLES DE LA RED DE AGUA POTABLE EN EL
DISTRITO DE SAN MARTÍN DE PORRES - LIMA

Líneas de investigación:

Herramientas informáticas para una gestión eficiente y transparente

Salud pública

Tesis para optar el grado académico de maestro en Ingeniería de Sistemas con
mención en Gestión de Tecnologías de la Información

Autor:

Barrera Chaupis, Marcos José

Asesora:

Alfaro Bardales Vda. de Ontaneda, Maria René

Jurado:

Lezama Gonzales, Pedro Martin

Carrillo Balceda, Jesus Elias

Gamarra Moreno, Juan

Lima - Perú

2020

TESIS

**“LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA REDUCCIÓN DE FUGAS NO
VISIBLES DE LA RED DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE SAN
MARTÍN DE PORRES - LIMA”**

DEDICATORIA

A todas las Instituciones y personas que, hicieron posible la realización de este trabajo de investigación.

Al distinguido Asesor, quien es un ejemplo a seguir, por su caudal de conocimiento y sapiencia, gracias a su apoyo.

A la familia, por el apoyo y aliento constantes.

MARCOS JOSÉ BARRERA CHAUPIS

AGRADECIMIENTO

Mi especial agradecimiento, para los distinguidos Miembros del Jurado:

DR. PEDRO MARTIN LEZAMA GONZALES

MG. JESUS ELIAS CARRILLO BALCEDA

MG. JUAN GAMARRA MORENO

Por su criterio objetivo, en la evaluación de este trabajo de investigación.

Asimismo, mi agradecimiento para mi Asesor:

DRA. MARIA RENEE ALFARO BARDALES VDA. DE ONTANEDA

Por las sugerencias recibidas para el mejoramiento de este trabajo.

Muchas gracias para todos.

MARCOS JOSÉ BARRERA CHAUPIS

INDICE

Portada	i
Título	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice	v
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	xi
Resumen	xiii
Abstract	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema	3
1.2. Descripción del Problema	4
1.3. Formulación del Problema	23
- Problema General	23
- Problema Especificas	23
1.4. Antecedentes	23
- Antecedentes Nacionales	24
- Antecedentes Internacionales	26
1.5. Justificación de la Investigación	28
1.6. Limitaciones de la investigación	29
1.7. Objetivos	30
- Objeto General	30
- Objetivos Específicas	30
1.8. Hipótesis	31
- Hipótesis General	31
- Hipótesis Especificas	31

II.	MARCO TEÓRICO	32
	2.1 Bases Teóricas Especializadas sobre la Investigación – Internacionales	32
	- Proyectos	32
	- Artículos	44
	- Libros	58
	- Monografías	73
	2.2 Bases Teóricas Especializadas sobre la Investigación – Nacionales	84
	- Proyectos	84
	- Artículos	92
	- Libros	97
	- Monografías	98
	2.3 Investigaciones internacionales de teorías pertinentes	102
	2.4 Investigaciones nacionales de teorías pertinentes	110
	2.5 Marco conceptual	118
	- Definición conceptual	118
	- Definición operacional Variable	121
	- Bases conceptuales (definición de términos)	124
III.	MÉTODO	130
	3.1. Tipo de Investigación	130
	3.2. Población y Muestra	132
	3.3. Operacionalización de variables	137
	3.4. Instrumentos	139
	3.5. Procesamientos	140
	3.6. Análisis de Datos	148
IV.	RESULTADOS	150
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	184
VI.	CONCLUSIONES	190
VII.	RECOMENDACIONES	193

VIII. REFERENCIAS	195
IX. ANEXOS	209
Anexo 1: Matriz de consistencia	210
Anexo 2: Encuesta	212

INDICE DE TABLAS

II

N°	DESCRIPCIÓN	PAGINA
2.1	Significado de los volúmenes del Proyecto de Sistema de Indicadores para la Gestión de Redes de Agua Potable	40
2.2	Proyección de la demanda de agua potable sin proyecto	56
2.3	Viscosidad dinámica del agua	59
2.4	Equipo de detección de fugas	86
2.5	Componentes del programa de capacitación	88
2.6	Tipologías de medidas de adaptación relacionada a recursos hídricos	98
2.7	Terminología propuesta por la IWA para ser utilizada en un Balance Hidráulico	102
2.8	Formato y terminología estándar internacional para el balance de agua	105
2.9	Caudal de fugas para orificios circulares a una presión de 50 m	109
2.10	Factores de conversión	109

III

N°	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
3.1	Cargo y Cantidad Personal del Área Equipo Control y Reducción de Fugas	133
3.2	Cargo y Cantidad Personal del Área Equipo Operación y Mantenimiento de Redes – Comas	133

IV

N°	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
4.1	Análisis del servicio ofrecido a la población	150
4.2	Análisis en utilizar el servicio ofrecido a la población	151
4.3	Análisis en NO utilizar el servicio ofrecido a la población	152
4.4	Análisis en realizar reparaciones y renovación en la red de agua potable	153
4.5	Análisis en el control de las fugas en la red de agua potable	154

4.6	Análisis de las redes de agua potable, mantenimiento y pérdida de agua	155
4.7	Análisis entre redes de agua potable, mantenimiento y pérdida de agua	156
4.8	Análisis de la programación inspección para la red de agua potable	157
4.9	Análisis controlar las fugas no visibles en la red de agua potable	158
4.10	Análisis detectar las fugas en la red durante todos estos años	159
4.11	Análisis en la toma de decisión de las precauciones en las instalaciones de las tuberías y medidores domiciliarios	160
4.12	Análisis del conocimiento si están instalados adecuadamente la red	161
4.13	Análisis precauciones en las variaciones repentinas en el flujo del medidor	162
4.14	Análisis de mejorar el control operacional y la reducción de las pérdidas	163
4.15	Análisis en intensificar las acciones para clausurar las conexiones clandestinas	164
4.16	Análisis en la afectación normal en el abastecimiento de agua potable	165
4.17	Análisis para conseguir que las estructuras puedan distribuir adecuadamente	166
4.18	Análisis en garantizar por medio de programas de ejecución	167
4.19	Análisis que podrá regular los flujos y el control de presiones	168
4.20	Análisis en corregir oportunamente las fallas en operar adecuadamente	169
4.21	Tabla de Estadísticos	172
4.22	Tabla de Correlación entre las variables	174
4.23	Tablas de Regresión del modelo: variables introducidas/eliminadas	177
4.24	Resumen del modelo	178

4.25	ANOVA	180
4.26	Coeficientes	181

INDICE DE FIGURAS

I

N°	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.1	Distribución antigüedad red agua potable, Fuente: Sociedad Alemana de Cooperación Internacional	8
1.2	Mapa de los previstos países con gran escasez agua potable para 2040	9
1.3	Ubicación del Área de Muestra ArcGIS	22

II

N°	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
2.1	Balance Hídrico para el sistema de producción. Del Proyecto de Sistema de Indicadores para la Gestión de Redes de Agua Potable	39
2.2	Balance Hídrico para el sistema de distribución. Del Proyecto de Sistema de Indicadores para la Gestión de Redes de Agua Potable	39
2.3	Necesidades de Inversión para cada etapa del sistema de distribución en Estados Unidos	44
2.4	Diagrama de Moody	61
2.5	Niveles de ANF en empresas de agua en el mundo en desarrollo, según la base de datos de IBNET	65
2.6	Los cuatro métodos de intervención centrales para combatir las pérdidas reales de agua	66
2.7	Relación entre tasa de fuga (Q) y tiempo de fuga (t)	68
2.8	La comparación entre distintas estrategias de intervención para combatir las pérdidas reales	70
2.9	Operación que redundan en una mayor incidencia de fugas	73
2.10	Entradas y salidas de la red de distribución de agua (Información del Autor)	79
2.11	Diagrama de flujo del método de arriba hacia abajo para la determinación del nivel actual de fugas	82
2.12	Diagrama de flujo del método de abajo hacia arriba para la determinación del nivel actual de fugas	84
2.13	Se presenta la estructura del balance de agua	104
2.14	Concepto BABE (Presupuesto y Estimación de Antecedentes)	114

III

N°	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
3.1	Ubicación del Área de Muestra ArcGIS	136
3.2	Escucha electrónica (Geófono)	143

3.3	Muestra cómo funciona el detector de fugas (Geófono)	143
3.4	Uso del correlador en la detección de fugas	144

IV

N°	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
4.1	Análisis del servicio ofrecido a la población	151
4.2	Análisis en utilizar el servicio ofrecido a la población	152
4.3	Análisis en NO utilizar el servicio ofrecido a la población	153
4.4	Análisis en realizar reparaciones y renovación en la red de agua potable	154
4.5	Análisis en el control de las fugas en la red de agua potable	155
4.6	Análisis de las redes de agua potable, mantenimiento y pérdida de agua	156
4.7	Análisis entre redes de agua potable, mantenimiento y pérdida de agua	157
4.8	Análisis de la programación inspección para la red de agua potable	158
4.9	Análisis controlar las fugas no visibles en la red de agua potable	159
4.10	Análisis detectar las fugas en la red durante todos estos años	160
4.11	Análisis en la toma de decisión de las precauciones en las instalaciones de las tuberías y medidores domiciliarios	161
4.12	Análisis del conocimiento si están instalados adecuadamente la red	162
4.13	Análisis precauciones en las variaciones repentinas en el flujo del medidor	163
4.14	Análisis de mejorar el control operacional y la reducción de las pérdidas	164
4.15	Análisis en intensificar las acciones para clausurar las conexiones clandestinas	165
4.16	Análisis en la afectación normal en el abastecimiento de agua potable	166
4.17	Análisis para conseguir que las estructuras puedan distribuir adecuadamente	167
4.18	Análisis en garantizar por medio de programas de ejecución	168
4.19	Análisis que podrá regular los flujos y el control de presiones	169
4.20	Análisis en corregir oportunamente las fallas en operar adecuadamente	170
4.21	Comparación regresión lineal	176

RESUMEN

La tesina denominada: “La gestión del mantenimiento y la reducción de las fugas no visibles de la red de agua potable, en el distrito de San Martín de Porres - Lima”; cuya problemática en general, es la reducción de las fugas no visibles en la red de agua potable en los distritos de Lima y poblaciones del país. Siendo el origen del problema, la antigüedad de las tuberías y, la existencia de presión en las tuberías. Ante la problemática, se propone la solución, a través de la formulación de la hipótesis: El mantenimiento y la ejecución de la reducción de las fugas no visibles, influye en el Mantenimiento y Sistematización Electrónica de la Operación y Conservación. Este trabajo se ha orientado al siguiente objetivo: Demostrar que, la reducción de las fugas no visibles, en la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres – Lima influye en el Mantenimiento. Donde se tendrá el objetivo de establecer el diagnóstico, procedimiento y programa de reducir las pérdidas más evidentes y las acciones inmediatas que permiten controlar el descontrol de las pérdidas de agua potable. La investigación es aplicada; de nivel descriptiva, explicativa y correlacionada; se utilizó el método descriptivo, estadístico, síntesis, deductivo e inductivo. Las técnicas utilizadas para la recopilación de datos fueron a través de encuestas. Se aplicaron las siguientes técnicas de análisis de información: conciliación de datos, entrevistas, encuestas y análisis documental. Se aplicó las siguientes técnicas de procesamiento de datos: ordenamiento y clasificación, registro manual, proceso computarizado con Excel y proceso computarizado con SPSS.

Palabras clave: mantenimiento de la red de agua potable, programación del mantenimiento de la red de agua potable, fugas de agua no visibles, técnicas del servicio que reduce las fugas de agua no visibles.

ABSTRACT

The thesis called: "The management of maintenance and the reduction of non-visible leaks of the drinking water network, in the district of San Martin de Porres - Lima"; whose problem in general is the reduction of non-visible leaks in the drinking water network in the districts of Lima and populations of the country. Being the origin of the problem, the age of the pipes and the existence of pressure in the pipes. Faced with the problem, the solution is proposed, through the formulation of the hypothesis: The maintenance and execution of the reduction of non-visible leaks, influences the Electronic Maintenance and Systematization of Operation and Conservation. This work has been oriented to the following objective: To demonstrate that the reduction of non-visible leaks in the drinking water network of the San Martin de Porres - Lima district influences Maintenance. Where the objective will be to establish the diagnosis, procedure and program to reduce the most obvious losses and the immediate actions that allow controlling the lack of control of the losses of drinking water. The research is applicative; descriptive, explanatory and correlated level; The descriptive, statistical, synthesis, deductive and inductive method was used. The techniques used for data collection were through surveys. The following information analysis techniques were applied: data reconciliation, interviews, surveys and documentary analysis. The following data processing techniques were applied: ordering and classification, manual registration, computerized process with Excel and computerized process with SPSS.

Keywords: maintenance of the drinking water network, programming of the maintenance of the drinking water network, non-visible water leaks, service techniques that reduce the non-visible water leaks.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en nuestro país existe escases del agua potable, se ha considerado un elemento principal para el ser vivo, donde gran parte de nuestra población, no tienen este elemento instalado en sus hogares, para esto el Estado, está trabajando con sus alcaldes y regidores a través de sus municipios y gobierno regional de cada región.

En este sentido, se fomenta la ejecución de la instalación de la red de tuberías de agua potable, donde también se consideró como primordial, establecer los procedimientos de operación, mantenimiento y conservación mínimos adecuados y, el reemplazo de las tuberías dañadas, de la red de distribución del abastecimiento de agua potable, evitando futuros daños en las tuberías de agua que, originan fugas de agua tanto visibles como no visibles; por esto, se consideró en la tesis, al distrito de San Martín de Porres, como uno de los distritos con mayor problemática existente de fugas de agua potable.

Viendo esta problemática, se realizó el planteamiento del problema, analizamos trabajos realizados en campo, explicamos la importancia de nuestro estudio, y fijamos los objetivos generales y específicos de nuestro trabajo. Damos a conocer los conocimientos técnicos relacionados, en las diversas áreas involucradas y las fórmulas utilizadas para el cálculo de dichas propiedades. También el uso de equipos electrónicos adecuados y la recolección de información en campo, se pudo obtener los datos necesarios para realizar la localización y la detección de las fugas. Por tanto, contribuye de una manera eficaz, a detectar las pérdidas de agua.

Las Empresas de Saneamiento, ya no se enfrentaría el déficit de agua potable con el simple y costoso recurso, de ampliar las instalaciones del Sistema de Agua Potable. En la actualidad, prácticamente todas las Empresas están ejecutando o pronto

pondrán en práctica, Programas de Mejoramiento Operativo de sus instalaciones; entre los cuales, se encuentra la Búsqueda y Detección Sistemática de Fugas de Agua Potable.

Para esto formulamos las hipótesis del estudio, y presentamos el cuadro de Operacionalización de las Variables. Describiendo la parte metodológica de la investigación, como son el tipo de investigación realizada, el tipo de muestreo utilizado, la determinación de la muestra, y el nivel de confianza utilizado.

Se presentan en cuadros estadísticos los resultados obtenidos para cada uno de los análisis obtenidos en campo y se hacen las pruebas de contrastación de las hipótesis a través la tabla el coeficiente de regresión estandarizado para la variable independiente: LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO está vacío porque el estándar esta dado justamente por dicha variable, en cambio el Coeficiente para la variable dependiente: REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES es 78.50%. para los fines de la investigación, de acuerdo a convenciones generalmente aceptadas de la ciencia Estadística, por tanto, se concluye que a un nivel de significancia propuesto del 3.70% se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Hacemos las conclusiones y recomendaciones para que se pueda implementar y se presentan las referencias bibliográficas utilizadas y los anexos de los gráficos y tablas realizados en la investigación.

1.1. Planteamiento del Problema

El agua es un recurso vital para la vida en cualquier parte del mundo, es indispensable para el ser humana y la vida en el planeta, sino también es básico como materia prima para la producción industrial y agrícola, por lo tanto, es disponibilidad para el bienestar y desarrollo de nuestra sociedad.

Las pérdidas del agua, es la necesidad de controlar de dichas pérdidas, es parte importante de un programa de uso eficiente del agua, pues ellas pueden constituir un sobre costo importante para las empresas prestadoras del servicio de suministro de agua.

Estas pérdidas son originadas por diferentes causas, entre las que se pueden mencionar: la imprecisión de los medidores de caudal, el subregistro de los medidores, los contrabandos o conexiones fraudulentas, los consumos no contabilizados, las fugas en las uniones, juntas de las tuberías, accesorios, conexiones y acometidas, la falta de mantenimiento y reposición en las redes, los escapes en caudales bajos por fugas o goteras, fugas propias del desgaste o avería de la tubería, fugas por el fisuras o poros originadas por el debilitamiento de las tuberías facilitado por la corrosión, fugas por roturas originadas el movimiento o asentamiento del suelo, tráfico, o mala calidad de los materiales, fugas originadas por instalaciones inadecuadas y las fugas originadas por fluctuaciones de presión en la red, transciendes de presión o presiones excesivas.

Impactos técnicos: Las fugas de agua llevan a una cobertura reducida de la demanda existente del agua, posiblemente tanto que el sistema ya no pueda operar continuamente. El suministro intermitente del agua motiva las instalaciones clandestinas.

Impactos sociales: Las pérdidas de agua resultan en una afectación adversa a los clientes por faltas en el suministro, como presión baja, interrupciones del servicio y suministro desigual, pero también por riesgos a la salud que pueden surgir de la infiltración de aguas residuales y otros contaminantes en los sistemas de tuberías con baja presión o suministro intermitente.

Impactos ambientales: La compensación de las pérdidas de agua aumentando cada vez más la extracción del agua pone una presión adicional sobre los recursos de agua y requiere que los sistemas de bombeo el uso de energía adicional.

1.2. Descripción Problemática

Es uno de los problemas más comunes, y como todos los problemas siempre hay consecuencias. Lo más grave de este caso, es que nos afecta a todos directa o indirectamente. Ahora los principales problemas de abastecimiento de agua potable, en los centros urbanos, son: el agotamiento de las fuentes de agua locales; la contaminación de las mismas; los altos costos de captación y conducción de agua; y los conflictos generales por los intereses de diferentes usuarios, sobre las fuentes. De esta manera, la investigación pretende suplir, en determinada medida, las deficiencias existentes, tratando de realizar un aporte objetivo en este campo.

- Mundial

La presente guía: “La Reducción de las Pérdidas de Agua (2011), describe un enfoque progresivo, de la necesidad de reducir las pérdidas de agua para la recuperación de agua en la red.

La Sociedad Alemana de Cooperación Internacional señala como un problema mundial: "La enorme cantidad de agua perdida, por fugas en las redes de distribución urbana de agua (pérdidas físicas o reales de agua) y, los volúmenes de agua distribuidos sin facturación (pérdidas de agua aparentes), pueden ser los elementos que, complican la situación de suministro de agua, especialmente en los países en desarrollo y en transición. Las pérdidas de agua real y aparente, junto con el consumo autorizado no facturado, constituyen la cantidad de agua no facturada en un sistema de suministro.

En base a un estudio que cubre 40 empresas de agua en el sudeste de Asia y a la base de datos IBNET sobre el desempeño de las empresas de agua que cubre más de 900 servicios públicos en el mundo, el Banco Mundial estima: "La cifra actual para todos los niveles de agua no facturada en el mundo en desarrollo, está probablemente en el rango de 40 a 50 por ciento del agua producida". (se encuentra en la Página 37)

El profesor Dr. Raimund Herz, nos menciona con respecto a la problemática que, existe en la máxima presión de las líneas de agua potable: "La gestión de la presión, es de máxima utilidad en los sistemas de abastecimiento de agua con índices de fugas altos, pues las fugas pueden reducirse considerablemente reduciendo la presión del agua en distritos específicos, en los períodos de bajo consumo. No obstante, aunque los proyectos de gestión de la presión son rentables a corto plazo, porque reducen el agua no facturada, no son desde luego sustitutos de los

programas de rehabilitación de redes a largo plazo”, (se encuentra en la Página 4)

Así como, el asesor técnico Dr. Stefan Gramel nos menciona sobre la presión de agua: “La gestión activa de la presión, es útil en principio, pero sigue sin aplicarse en grado suficiente. Según el análisis de la situación, deben complementarse entre sí, medidas de rehabilitación y de gestión de la presión, a fin de desarrollar la mejor estrategia, para la reducción de la pérdida de agua”, (se encuentra en la Página 4)

El director general el Ing. Erwin Kober nos describe: “La guía ofrece una visión de conjunto del amplio alcance de la gestión de la pérdida de agua y es enormemente valiosa, para los planificadores en lo concerniente a la gestión estratégicamente fundada de la pérdida de agua. Especialmente la aplicación de una moderna gestión de la presión, junto con estructuras virtuales de distritos hidrométricos, contribuye a la eficiencia de la gestión de la pérdida de agua en la red de abastecimiento con altos índices de pérdida y altas frecuencias de fallo”, (se encuentra en la Página 244)

En la guía: “La reducción de las Pérdidas de Agua (2011)”, la necesidad de reducir las pérdidas de agua potable en las líneas de distribución, son un claro obstáculo a la sostenibilidad, como lo muestra la siguiente lista de impactos potenciales como:

Impactos Económicos: "Costos de explotar, tratar y transportar agua perdida en su camino al cliente, sin generar ningún ingreso para la empresa de agua. Los estallidos de tuberías y las fugas, necesitan obras

de reparación caras y, también pueden causar daños considerables a la infraestructura adyacente"

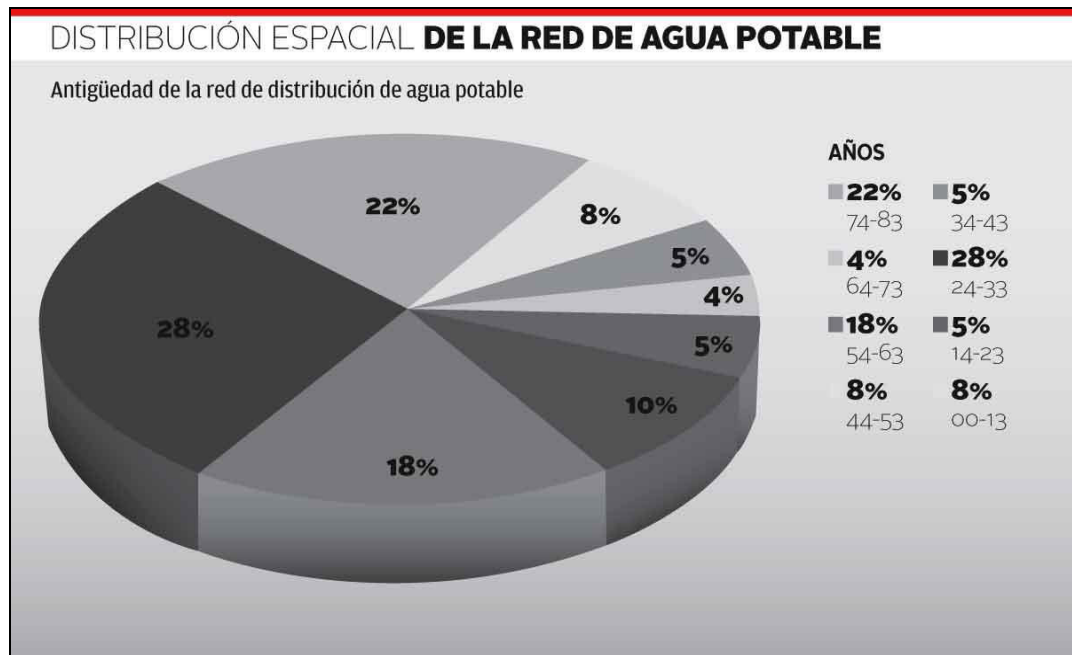
Impactos Técnicos: "Las fugas, llevan a una cobertura reducida de la demanda existente de agua, posiblemente tanto que el sistema ya no pueda operar continuamente. El suministro intermitente, causará problemas técnicos adicionales, debido a que, los clientes penetran las tuberías desde afuera e instalan tanques de almacenamiento privados".

Impactos Sociales: "Las pérdidas de agua, resultan en una afectación adversa a los clientes, por fallas en el suministro, como presión baja, interrupciones del servicio y suministro desigual, pero también por riesgos a la salud que pueden surgir de la infiltración de agua residual y otros contaminantes en los sistemas de tuberías con baja presión o suministro intermitente".

Impactos Ecológicos: "La compensación de las pérdidas de agua, aumentando cada vez más la extracción de agua, pone una presión adicional sobre los recursos de agua y requiere energía adicional, causando de este modo emisiones de dióxido de carbono que se podrían haber evitado" (se encuentra en la Página 33 – 34).

Estos pocos ejemplos demuestran de manera impresionante que, las pérdidas de agua, perjudican todos los aspectos de operar, mantener y conservar un sistema de suministro de agua sosteniblemente. Las empresas de agua en todo el mundo, deberían por lo tanto, esforzarse por analizar, cuantificar, combatir y reducir las pérdidas físicas y aparentes de agua en sus sistemas de suministro de agua, Ver la figura 1.1.

Figura N°1.1: Distribución antigüedad red agua potable



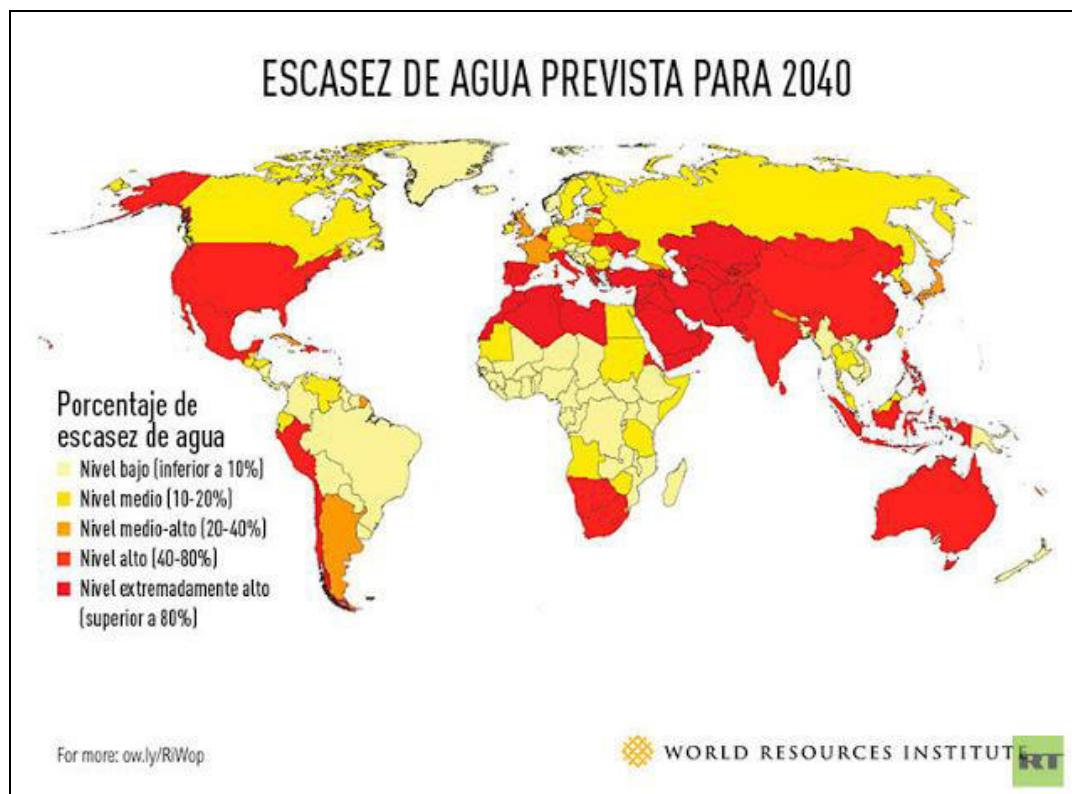
Fuente: Sociedad Alemana de Cooperación Internacional (GIZ, por sus siglas en alemán)

El Estudio del Instituto de Recursos Mundiales, ha clasificado los países que, corren mayor riesgo de sufrir una crisis de escasez de agua para el año 2040, revelándose Oriente Medio como la región más vulnerable. Catorce de los 33 países con mayor probabilidad de sufrir déficit de agua, se encuentran en esa región, incluyendo nueve que se consideran extremadamente susceptibles: Baréin, Kuwait, Catar, San Marino, Singapur, Emiratos Árabes Unidos, Palestina, Israel, Arabia Saudita, Omán y el Líbano, informa 'News Vice'.

Charles Iceland especialista en alimentos, bosques y programas de agua, sostiene que, las proyecciones de precipitación utilizadas en el estudio, se derivan de los modelos climáticos que, predicen cómo estos patrones cambiarían, si el calentamiento global no cesa. Según explica, se

prevé que las naciones más cercanas al ecuador sean las más afectadas, ver la figura 1.2.

Figura N°1.2: Mapa de los previstos países con gran escasez agua potable para 2040



Fuente: Instituto de Recursos Mundiales

Ahora, la falta de mantenimiento y conservación de la red de distribución de agua para consumo humano (2016), es un peligro relacionado con la falta de inversión en mejoras o mantenimiento de una red de distribución de agua para consumo humano en una población.

Desde mi punto de vista, una de las peculiaridades de las empresas encargadas de la gestión del agua en una población, es como sucede en algunos otros casos, básicamente la integración de los departamentos que

la constituyen y, por supuesto, una formación avanzada desde la que el equipo debe partir.

De esta manera, el conjunto será capaz de tomar decisiones correctas sujetas a las realidades de cada departamento, podrán enfrentarse a los problemas y solventarlos de manera eficaz, sin dejar nunca en el olvido los casos tratados, haya o no tenido éxito.

Considero que estas premisas básicas, son el camino correcto para la gestión de un bien tan necesario que, está sometido a singulares características y debilidades. Un recurso tan importante como frágil. Partiendo de esto y sabiendo que, el agua es un elemento dinámico y por supuesto vital para el ser humano, debemos tener en cuenta los peligros, a los que se enfrenta el recurso. Muchos de estos riesgos, como no podía ser de otra manera, están directamente relacionados con la conservación y renovación de las infraestructuras. La falta de inversión en la mejora o mantenimiento de las instalaciones es un peligro tan real como actual en numerosas poblaciones.

Existen cuantiosas consecuencias negativas, debido a la falta de mantenimiento y conservación en una red de distribución de agua, como pueden ser: turbidez alterada en el punto de grifo del consumidor, color o sabor indeseados, registros erróneos en los cálculos de caudales o consumos debido al deterioro del interior de las tuberías, la consecuente disminución del diámetro por incrustaciones, corrosión, detrimento en el rendimiento de las bombas que, afectan a la calidad del servicio al ciudadano, por comentar algunas.

Pero, además, existen peligros provocados por la falta de mantenimiento y conservación y, algunos de ellos pueden ser:

Las posibles fugas en la red de agua potable, debido a la falta de resistencia de tuberías antiguas. Las fugas no sólo originan la pérdida del recurso y daños materiales de alto valor económico, sino que también pueden dar lugar a fenómenos de sifonamiento en periodos de baja presión, posibilitando la entrada de agua del exterior.

Estos fenómenos podrían ocasionar aumentos de la velocidad del agua que causaran arrastre de sedimentos o desprendimientos de biocapa. Este tipo de fenómenos pueden alterar las características organolépticas, físicas, químicas o biológicas del agua justo antes de la entrega al usuario. Un riesgo serio para la salud de la población.

Con lo cual, datar, realizar seguimientos y conocer las características de una infraestructura de agua en las poblaciones, así como en cualquier punto del ciclo integral, debería ser una prioridad en las empresas gestoras que, aunque parezca razonable, en algunos casos, no existe.

Otro ejemplo: son los materiales que forman la red y la edad de la misma que, también pueden acarrear problemas con efectos inmediatos sobre la calidad de esta. Ciertos materiales antiguos que aun forman parte de la red de agua potable y, sobre todo de instalaciones interiores de los edificios, como puede ser el plomo. Éstos, sin duda, deben ser detectados y retirados de inmediato, en la medida de lo posible.

La falta de mantenimiento y conservación de las válvulas o incluso el desconocimiento de su ubicación exacta, pueden provocar una lenta respuesta, ante un problema, por ejemplo: el intento de aislamiento de una zona afectada, una vez declarada emergencia.

Un plan de limpieza y desinfección de la red, un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo; la obtención de medios necesarios para llevar a cabo renovaciones; la continua comunicación, tan fluida como el recurso que pretendemos asegurar a la población y, sobre todo el conocimiento de las debilidades de nuestras infraestructuras; son sin duda, las mejores herramientas para mantener la calidad del agua y del servicio en las redes de distribución.

La falta de inversión, puede ser debido a la anteposición de otras necesidades (lo cual es un error común), es posible que, se deba a la crisis que azotó al país no hace mucho tiempo, o porque estas infraestructuras (la red de agua potable) son casi invisibles o desconocidas a la población, o quizás sea, por falta de un entendimiento integral de la Gestión del agua potable, a la hora de marcar prioridades.

La falta de mantenimiento, conservación y renovación de la red, puede llevar al traste todo el tiempo, esfuerzo y dinero que, cuesta en captar, potabilizar, y distribuir el agua potable. Pudiendo ocasionar pérdidas importantes, respuestas tardías ante emergencias, o problemas incluso más serios que, con una actuación temprana podrían haber sido evitados. Es interesante tener en cuenta que, con esta falta de

mantenimiento solo podremos asegurar el descontento y desconfianza de la población a la hora de consumir el agua en sus casas.

- **América**

Los países en desarrollo de América Latina y el Caribe, normalmente cuentan con servicios adecuados de abastecimiento de agua. Los problemas tienen más que ver con la continuidad de los servicios, la necesidad de reparar fugas masivas en los sistemas de distribución existentes, así como la necesidad de regular y poner en práctica controles para evitar las conexiones ilegales que, afectan la eficacia de los servicios de entrega de agua y la capacidad económica de las empresas de abastecimiento de agua para poder invertir en la mejora de los servicios.

Los sistemas de distribución defectuosos, también han ocasionado problemas en Canadá y Estados Unidos, donde es necesario reemplazar los sistemas obsoletos y poner en marcha nuevos proyectos de innovación y renovación.

El estudio del caso de Toronto, presenta algunas medidas de gestión que se han venido adoptando para financiar y mejorar los sistemas de distribución.

En las perspectivas, de las Academias de Ciencias de los desafíos del Agua Potable Urbana en las Américas (2015), establece que, el Agua No Contabilizada constituye uno de los principales problemas de eficiencia en los servicios de agua potable. Se calcula que las pérdidas en la red y la subfacturación por conexiones clandestinas y desactualización

de los catastros de usuarios, representan entre 35% y 45% del agua producida; por lo que, se calcula que la dotación promedio en la Argentina, se encuentra alrededor de los 250 litros diarios por habitante. Este alto nivel de consumo, comparado con el que se registra en numerosos países del mundo y América Latina, en buena parte se explica, por el bajo grado de micromedición de los consumos que, prevalece en los sistemas de la Argentina, sobre todo en la mayoría de los servicios de las grandes ciudades, en los cuales la facturación a los usuarios se basa en regímenes tarifarios del tipo de “canilla libre”. En este sentido, según antecedentes internacionales, el consumo medio que registran los sistemas que operan con micromedición, es del orden de los 180 litros diarios por habitantes (OPS, 1999), se encuentra en la Página 34.

San Salvador, el consumo total facturado fue de 113,8 millones de m³, de tal forma que 69,5 millones de m³ constituyen pérdidas por fugas en la red dañadas, por su antigüedad y por consumo no facturado. El consumo no facturado está compuesto, por la sustracción de aguas en hidrantes y conexiones ilegales y, por la existencia de un pequeño grupo de usuarios que, aún no cuenta con medidor instalado, cuyo número representa 9,8%, y 3,5% de usuarios que tiene medidores sin funcionar, de tal forma que, para ambos casos el cobro es fijo y estimativo.

Debido a programas de inversión, destinadas a mejorar el acceso a agua potable, Nicaragua, ha logrado una cobertura de 98% en las zonas urbanas; existen aún problemas en la continuidad del servicio y, debido a

la falta de mantenimiento y conservación a la red de suministro, aún se encuentran pérdidas de agua potable por fugas que, pueden llegar a interrumpir el servicio o a bajar la eficiencia.

- **País Perú**

Desde los tiempos más remotos, el agua ha constituido un factor fundamental en el desarrollo y la estructuración política, social y económica de los pueblos, considerando que el agua potable, es uno de los elementos fundamentales para la vida, gracias a ella el hombre puede desarrollarse y transformarse; hoy, nos obliga a reflexionar sobre la problemática del agua. El agua es un asunto de seguridad nacional.

El acceso al agua potable, se mide por el número de personas que pueden obtener agua potable con razonable facilidad, expresado como porcentaje de la población total. Es un indicador de la salud para la población del país y la capacidad de conseguir agua, purificarla y distribuirla.

En la tesis: “CONFECCIÓN DE MODELOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DESDE UN SIG Y, DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES” del autor BARTOLÍN (2013), establece que, la estrategia más extendida hoy en día para mejorar la gestión de la red y aumentar su rendimiento es la sectorización, que consiste básicamente en dividir la red en diversos sectores hidráulicos de menor tamaño, cuyas entradas y salidas de agua estén perfectamente controladas. Ello facilita la realización periódica de balances hídricos en cada uno de los sectores y, por ende, la evaluación

del volumen de pérdidas de agua, para un determinado período de tiempo (se encuentra en la página 7).

Donde, se aborda la problemática actual de la Gestión de la red de agua potable, mediante la conjunción de las nuevas tecnologías de tratamiento de la información, con técnicas innovadoras, para la construcción de modelos de la red de distribución; con el propósito último, de facilitar su diagnóstico y, extender su uso en la toma de decisiones que, redunden en la consecución de los objetivos marcados.

Uno de los criterios básicos, para la implementación de una herramienta de procesamientos de datos, es el conocimiento previo existente del problema a analizar; y, se disponga de una cantidad suficiente de datos para analizar y que, los atributos sean relevantes para las preguntas que se espera obtener respuesta y los datos nivel de ruido.

El problema, para la reducción pérdidas de agua potable, del artículo: “REDUCCIÓN~INTEGRAL DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE” de Bourguett y Ochoa (2003), menciona que, la reducción de pérdidas no es inmediata, sino que parte de un proceso que arroja resultados, en un determinado lapso; al inicio puede ser fácil recuperar altos porcentajes de pérdidas, a un costo relativamente bajo pero, después de un cierto nivel, la relación de costo aumenta considerablemente, debido a que se vuelve más difícil localizar las pérdidas o detectar las fallas en su control; existe siempre, un nivel mínimo aceptable que, físicamente se puede alcanzar, debido a que la ocurrencia de pérdidas, es un proceso dinámico dependiente de

parámetros no controlables. Una recuperación de 50% a 30%, tiene un costo inferior a recuperar de 30% a 20% y, más allá del valor límite de 15%, los costos de cada 1% recuperado, se incrementan notablemente. Entonces, el reparar o rehabilitar los daños que ocasionan las fugas, o corregir errores contables, puede ser conveniente y rentable hasta cierto nivel de pérdidas, siempre y cuando, la relación beneficio costo, de la reducción sea mayor que uno. Evidentemente no sólo el precio de venta del agua de la red, influye en el valor óptimo del rendimiento; también lo hacen, de manera significativa, las características de la red de distribución. Se establece que los sistemas que, no tienen un precio del agua que cubra los costos de mantenimiento, rehabilitación y/o renovación de la red, acaban teniendo unos sistemas de distribución de agua ineficientes y completamente obsoletos (se encuentra en la Página 2 y 3).

Por lo tanto, es conforme a la metodología desarrollada; la reducción integral, es un proceso dinámico en tiempo y espacio que, inicia con un diagnóstico, involucra la eliminación y su control y que, aplicado en forma precisa a la operación, mantenimiento y conservación de sistemas de agua potable, ayuda a conservar el agua suministrada a las ciudades; a mejorar la calidad del servicio proporcionado a la población; a ahorrar dinero en gastos de energía eléctrica y de potabilización; ya aumentar los ingresos por la venta del agua.

- **Distrito San Martín de Porres**

De acuerdo al método de la Investigación, el problema, se origina por la antigüedad de las tuberías de agua potable, sabiendo que existe demasiada presión en las tuberías, dando como resultado la rotura; por lo cual, el agua potable, se desvía por el terreno, tanto rocoso como arenoso, por donde se filtraría y no saldría a la superficie. Este trabajo, enfoca su atención particularmente, en el tema de “fugas de agua”, ya que las malas instalaciones y el mal uso de este vital líquido en nuestra vida cotidiana, ocasionan serios problemas en el abastecimiento y distribución del mismo.

Este es uno de los problemas más comunes; y, como todos los problemas siempre hay consecuencias, lo más grave de este caso, es que nos afecta a todos, directa o indirectamente.

Las pérdidas que, se producen en la red de distribución, pueden clasificarse como (i) físicas y (ii) operacionales; además, de los consumos operacionales. La magnitud de estas pérdidas, se calcula realizando balances de agua; utilizando información, proveniente de medidores de caudal, instalados en el sistema.

Para esto, las pérdidas físicas, corresponden a los volúmenes de agua que, se pierden como consecuencia de fallas en la infraestructura física instalada: fisuras, roturas y filtraciones. Por lo tanto, las causas de estas fallas pueden ser: (i) factores sobre los cuales se pueden ejercer acciones de control, tales como: presiones máximas, calidad de los materiales, procesos constructivos y estado de conservación de los

materiales y elementos estructurales; y, (ii) factores externos no controlables, tales como características del agua y de los suelos, siniestros provocados por terceros, efectos de las raíces de los árboles sobre las tuberías y presiones externas.

También, las pérdidas operacionales, corresponden a los volúmenes de agua que son desechados, debido a la operación misma del sistema, y se manifiestan en rebalses en estanques y desagües en cualquiera de las instalaciones de la red de distribución. También existen los llamados consumos operacionales, que corresponden a los volúmenes de agua que son utilizados con el objetivo de cumplir un propósito operacional y, por lo tanto, constituyen una pérdida intrínseca, para su funcionamiento que, puede ser excluida del volumen de pérdidas totales del sistema.

Con esta relación, el proyecto para la reducción y control de las pérdidas físicas en la red de distribución, consisten en la ejecución de medidas de: diagnosticar, para el control de las fugas, realizar el procedimiento para evita las fugas; y, el programa de mantenimiento que evita las fugas. El proyecto, busca reducir el volumen de agua que se pierde en la red, disminuyendo alguna(s) de las siguientes variables que lo determinan: (a) Número de fugas simultáneamente presentes en la red (b) Cantidad que se pierde por cada fuga.

La metodología de evaluación desarrollada, corresponde al proyecto de reducción de las pérdidas en la red de distribución mediante (i) el control de presiones y (ii) la detección de fugas que no son visibles; las cuales, pueden detectarse antes de que afloren (iii) El proyecto de

reducción de pérdidas comerciales, por errores de medición, mediante un programa de mantenimiento preventivo y reposición de medidores al nivel de consumidor final, lo cual conducirá a una mayor facturación.

Los servicios a través de la Sistematización Electrónica, para la detección tienen un 100% de precisión en tuberías enterradas. En la actualidad, prácticamente todas están ejecutando el programa de Mejoramiento Operativo de sus instalaciones entre los que se encuentra la Búsqueda y Detección Sistemática de Fugas de Agua Potable.

La ejecución de la reducción integral de pérdidas, debe realizarse bajo una buena supervisión, con el objeto de asegurar que, las acciones que se deriven de ella, estén bien fundamentadas, con datos reales y con un análisis preciso.

El diagnóstico, implica la descripción técnica, clara y concisa del estado de pérdidas de agua; es decir, de los efectos observados por las pérdidas de agua, en relación con sus volúmenes, porcentajes, reducción potencial y problemas que las originan. Se basa en estudios de muestreo y estadísticos sobre el estado físico que guarda la red de distribución.

El diagnóstico, tiene varios niveles de aproximación dependiendo del método utilizado. Así, por un lado, una evaluación por medición, muestreo y encuesta será más confiable que una estimación basada en registros históricos; pero, por otro lado, resultará más costosa la primera. En el mejor de los casos siempre se buscará obtener los resultados más confiables; es decir, se debe tender a la evaluación con medición.

La mayoría de procesos del método utilizado, para la detección de fugas y la localización de las acometidas ilegales, se basan en pruebas acústicas, para analizar el ruido que viaja a lo largo de las tuberías, provocando por las fugas, hasta que, es detectado por diversos sensores, situados en puntos medición y detección de las fugas de agua potable, a esto se puede mencionar, el uso de la Sistematización Electrónica.

La investigación, se dará en el distrito de San Martín de Porres, dado en las conexiones domiciliarias, medidores o micro medidores, redes primarias y secundarias, así también macro medidores, en los grifos contra incendios, y otros. Ver figura 1.3.

Figura No1.3: Ubicación del Área de Muestra ArcGIS (Fuente: Base de Datos Catastro – SEDAPAL)



1.3. Formulación del Problema

- Problema General

¿De qué manera, la reducción de fugas no visibles, en la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres – Lima, influye en el Mantenimiento?

- Problemas Específicas

- a. ¿Cuál sería el diagnóstico situacional, para el control de las fugas no visibles, en los medidores domiciliarios, de la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres - Lima?
- b. ¿Cuál sería, el procedimiento técnico, para evitar las fugas no visibles en las conexiones domiciliarias, de la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres - Lima?
- c. ¿En qué medida, un modelo de mantenimiento, evita las fugas no visibles en las rupturas tuberías, de la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres - Lima?

1.4. Antecedentes

La creciente preocupación sobre el deterioro del medio ambiente de nuestro planeta evidenciada con la cada vez más notoria escasez del agua dulce, han motivado la realización de estudios y planteamiento de métodos orientados a una mejor utilización y reutilización de este elemento.

Porras Gómez, Oscar Hugo (2014), en el ámbito académico nacional existen investigaciones (Carlos y Grijalba, 2012, Apolo, 2004,) sobre las implicancias de las pérdidas de agua y la necesidad de implementar estrategias

para la disminución de estas pérdidas en redes de abastecimiento de agua potable, (se encuentra en la Página 24).

- **Antecedentes Nacionales**

Porras Gómez, Oscar Hugo (2014), Carlos y Grijalba (2012) estiman que debido principalmente a pérdidas (de agua) en la distribución y el crecimiento poblacional en el año 2030 la demanda de agua en Huancayo será de 25.8 millones de metros cúbicos que representa un 45% mayor que la oferta estimada a ese año, (se encuentra en la Página 24).

Porras Gómez, Oscar Hugo (2014), Apolo (2004) menciona que la importancia de la disminución y control de las pérdidas de agua a motivado que las empresas del sector implementen programas encaminados a disminuir el índice de agua no contabilizada y concluye que:

- Todas las causas que conllevan a que este índice sea menor o mayor se pueden agrupar en tres categorías:
- La primera es por error en medición, ya sea en macro o micromedición. Estas representan un 40% de las pérdidas de una empresa de acueducto.
- La segunda causa son las fugas, las cuales aportan un 35% a la pérdida.
- El 25% restante, está representado en la tercera causa que son las conexiones clandestinas, fraudes y robos. (p. 32-33)

En algunas EPS del Perú han empezado a desarrollar estas estrategias (sectorización, balance hídrico y modelización), con el apoyo de GIZ; en el concurso de buenas prácticas implementada por la SUNASS en la versión 2009 la EPS Moyobamba S.R.L., presentó el trabajo "Implementación de la Macro-Sectorización y sus beneficios en la Continuidad y Presión de Servicio", el problema crítico que se presentaba en el ámbito de esta EPS fue la baja presión en las redes y una continuidad inadecuada del servicio, (se encuentra en la Página 25).

En artículo: "REDUCCIÓN~INTEGRAL DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE", de Bourguett y Ochoa (2003), determina la necesidad del análisis de deterioro de la infraestructura, siendo, un tema, poco explorado en el país debido a que, la principal tarea en el siglo pasado fue la expansión de los servicios; lo cual, generó severos problemas por pérdidas físicas, comerciales y de cobranza en los sistemas de distribución de agua potable. A pesar, de iniciarse programas de reducción de pérdidas de agua potable, en los últimos años, los avances son limitados, ya que se está atacando el efecto y no las causas. La ocurrencia de fugas en tomas domiciliarias y tuberías, es alta y, las pérdidas físicas, por este concepto son del orden de 30% y las pérdidas comerciales, de 10% a 12%. El Control de Pérdidas de agua potable, es la forma efectiva de conservar el recurso y ahorrar dinero. es mediante la reducción de las pérdidas de agua potable, a través de la reparación de fugas en conducciones, tanques de almacenamiento, redes de distribución, conexiones domiciliarias, en casas habitación y en el cuadro del medidor (se encuentra en la Página 1).

- **Antecedentes Internacionales**

Porras Gómez, Oscar Hugo (2014), en el ámbito internacional, existen diversos estudios sobre la problemática de las pérdidas de agua en los sistemas de distribución; en su tesis de grado, Ojeda (2012) sostiene que:

Al perder menos agua en las redes de agua potable, las fuentes de abastecimiento podrían recuperar su capacidad y así la disponibilidad de agua para la población se verá notablemente aumentada, con lo que la sustentabilidad de las ciudades no estaría comprometida como lo está hoy en día. (p. 6)

Un importante componente de la gestión de presiones es el análisis de flujos mínimos nocturnos tratado ampliamente por Abarca (2012) en su Tesis "Técnicas de detección y localización de fugas de agua en redes de distribución", que en una de sus conclusiones manifiesta que para determinar qué porcentaje de pérdidas se presentan en un sistema de distribución de agua potable y diagnosticar la eficiencia general de la entidad encargada se debe utilizar el índice de agua no contabilizada (IANC), y concluye:

La principal desventaja del uso de este índice es que para su cálculo se necesita conocer el volumen que se inyecta al sistema y el volumen que se factura durante un período, pero en la realidad, muchas de las veces se usa agua sin medir (aseo de parques, limpieza de calles, etc.) y por ende estos consumos son estimados, razón por lo cual se deja una

gran incertidumbre al menos dentro del volumen facturado. (p. 96-97), (se encuentra en la Página 26 y 27).

BARTOLÍN AYALA, D. HUGO J. (2013), es el caso de Yazdani, A. y Jeffrey, P. (2011), que, a partir del análisis del nivel de conectividad en las redes, establecen la densidad de conexiones malladas entre tuberías, y de esta manera establecen la redundancia en la trayectoria que siguen los caudales hasta los puntos de alimentación del sistema. Para ello utilizan técnicas de análisis topológico para identificar los conjuntos de corte más críticos en caso de fallo o ataque en elementos sensibles del sistema de abastecimiento.

Por otra parte, Perelman, L. y Ostfeld, A. (ASCE, 2011) están empleando la teoría de grafos para configurar esquemas topológicos genéricos de las redes que faciliten la tarea de análisis de las mismas. La metodología se basa en clasificar los sistemas de distribución en grafos fuertemente conexos y grafos débilmente conexos en base a los algoritmos de búsqueda en profundidad (DFS) y en amplitud (BFS).

A pesar de los últimos avances en estas técnicas, es necesario destacar que se conocen muy pocos trabajos en relación al análisis de la red en base a su árbol de expansión de mínimo coste (MST). Esta es por tanto la aportación más innovadora de la tesis, es decir, la dedicada a la aplicación de la teoría de grafos para la modelación y toma de decisiones en los sistemas de distribución de agua potable. Todos los desarrollos y herramientas que se presentan en este sentido, están basados en el concepto de árbol de expansión (dirigido y no dirigido) de mínimo coste.

En materia de sectorización de redes, en 1980 la Asociación de Autoridades del Agua del Reino Unido (UK Water Authorities Association), publicó el informe titulado ‘Políticas y Prácticas del Control de Fugas’ (Leakage Control Policy & Practice – Report 26, UK), que se puede considerar como el origen del uso de la sectorización como técnica para el control de pérdidas de agua en las redes de abastecimiento urbano, y más concretamente para la detección de fugas. En la década de los 90, diversas instituciones internacionales del sector del agua publicaron documentación técnica para la implementación de sectores hidrométricos en las redes. Así en el año 1.999 el UK Water Industry Research Ltd lanzó una recopilación de buenas prácticas para el diseño de distritos hidrométricos en las redes (Manual of DMA Practice). En 2007, la International Water Association (IWA), publica una guía práctica para la sectorización de redes, (District Metered Areas; Guidance Notes; by the DMA Team of the Water Loss Task Force). En ella, se exponen por primera vez las mejores prácticas para la gestión óptima de sectores hidrométricos en las redes de distribución de agua. Todas estas prácticas y métodos de gestión se basaban en la experiencia en campo y en el diseño manual de los sectores hidrométricos, lo que requería un buen conocimiento de la red de abastecimiento), (se encuentra en la Página 26 y 27).

1.5. Justificación de la investigación

Las Razones y motivos que, me impulsaron a la realización del presente Proyecto de Investigación, es el deseo de conocer, cómo mejorar el problema de roturas, así como, los daños en la red de agua, dando solución efectiva al

problema de las tuberías, técnicas del servicio; con el fin, de demostrar, la importancia que, se tiene en el éxito o fracaso de poder controlar las fugas no visibles. Conociendo la eficiencia de la tecnología utilizada, para reducción de fugas no visibles, se requiere de una planificación, para organizar el control de fugas; por lo tanto, este estudio debe realizarse o determinarse a través de las variables predominantes que, deben tomarse en cuenta en la investigación, para implantar una estrategia de la percibida del proceso la reducción de las fugas de agua no visibles, frente a este gran problema.

De esta manera, la investigación pretende suplir, en determinada medida la deficiencia, tratando de realizar un aporte objetivo en este campo.

1.6. Limitaciones de la investigación

El desarrollo de las actividades realizados en campo, para la determinación de los índices de fugas y roturas en el área de estudio, se desarrollará en base a la disponibilidad de la información proporcionada, por el EQUIPO CONTROL Y REDUCCION DE FUGAS – SEDAPAL; así como, la programación de las actividades de detección de fugas, mediante el sondeo con las unidades móviles de SEDAPAL, se realizarán en función a su disponibilidad operativa, con el uso de equipo electrónicos.

La limitación económica, será para la zona con mayores problemas operacionales y de mantenimiento en el distrito.

Debido a la disponibilidad económica, el presente se realizó con financiamiento propio de la entidad, con participación del graduando en los trabajos en la programación mensual, realizado en el campo, las verificaciones, con el uso de equipos electrónicos para su ubicación y

detección de las fugas en las redes de agua potable, siendo en los medidores domiciliario o mas conocidos como micromedidores y, las conexiones domiciliarias y la red secundaria, es parte de sus actividades laborales en SEDAPAL dentro de su programación mensual, en base a la información disponible, equipos, software, instrumentos, herramientas y unidades con que cuenta SEDAPAL para el desarrollo de sus actividades en las áreas de planeamiento, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable.

1.7. Objetivos

- Objetivo General

Demostrar que, la reducción de fugas no visibles, en la red de agua potable del distrito de San Martin de Porres – Lima, influye en el Mantenimiento.

- Objetivos Específicas

- a. Realizar el diagnóstico situacional para identificar las fugas no visibles en los medidores domiciliarias, de la red de agua potable del distrito de San Martin de Porres – Lima
- b. Elaborar y/o construir un procedimiento técnico para evitar las fugas no visibles en las conexiones domiciliarias, de la red de agua potable del distrito de San Martin de Porres – Lima.
- c. Desarrollar un modelo de mantenimiento para evitar las fugas no visibles en las rupturas tuberías, de la red de agua potable del distrito de San Martin de Porres – Lima.

1.8. Hipótesis:

- Hipótesis General

El mantenimiento y la ejecución de la reducción de fugas no visibles, en la red Agua Potable en el distrito de San Martín de Porres – Lima, influye en la Gestión de Mantenimiento y Sistematización Electrónica.

- Hipótesis Específicas

- a.** Con un diagnóstico situacional para el control de las fugas no visibles en los medidores domiciliarias, de la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres - Lima
- b.** Con un procedimiento técnico para evitar las fugas no visibles en las conexiones domiciliarias, de la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres - Lima.
- c.** Con un modelo de mantenimiento evita las fugas no visibles en las rupturas tuberías, de la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres - Lima

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases Teóricas especializadas sobre la investigación - Internacional

- Proyectos

El Honduras en el 2013 se realizó el Proyecto: “Ampliación del Sistema de Suministro de Agua Potable en Cuatro Ciudades de la Zona Central República de Honduras”, el proyecto especifica que, el alcance de la cobertura del servicio de agua potable en Honduras en 2010, es el 95 % en la zona urbana y 79 % en la zona rural, con un promedio nacional del 87 % (OMS -JMP, 2012). A pesar de que la cobertura es alta, no se acaba de garantizar el caudal, ni calidad.

Además, el servicio de agua con horas limitadas es común, lo que representa un grave problema de falta de fuente de agua. Razón por la cual, el gobierno hondureño proporciona la construcción de instalaciones de agua potable como uno de los temas más importantes y, tiene establecida la meta de mejorar al 95 % la cobertura de dicho servicio en 2015.

La administración y operación de las instalaciones del servicio de agua potable en las ciudades regionales, corresponde tradicionalmente a la división regional del Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) y de acuerdo con la política de descentralización según la “Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento” en 2003, se están transfiriendo de SANAA a las ciudades. Como consecuencia de las inversiones públicas realizadas hasta la fecha en la construcción del servicio de agua potable principalmente en grandes

ciudades, en muchas ciudades regionales no avanza el mejoramiento ni la renovación de las instalaciones obsoletas.

Las 4 ciudades regionales (Comayagua, Siguatepeque, La Paz y Villa de San Antonio) objeto del presente Proyecto, están ubicadas sobre la ruta del Proyecto: “Corredor Logístico de Canal Seco (proyecto del canal interoceánico)” dirigido actualmente por el gobierno hondureño, por lo que forman una región con un futuro desarrollo esperanzador.

En los últimos años, en los que se está acelerando el incremento demográfico, el servicio de abastecimiento de agua no llega a los habitantes de manera suficiente, debido a las deficiencias del sistema de toma de agua, envejecimiento o rotura de las tuberías de conducción, falta de reservorios y escasez del agua a servir, por la operación ineficiente de la planta de tratamiento, así como también a las fugas de agua en las tuberías de impulsión y distribución, viejas y dañadas. En estas circunstancias, el gobierno de Honduras elaboró el Proyecto mencionado y, preparó la solicitud (borrador) correspondiente en 2012, a fin de implementar dicho plan mediante la Cooperación Financiera No Reembolsable de Japón, se encuentra en la Página 6.

El resumen del plan de desarrollo del proyecto, se ha podido establecer que hasta la fecha el gobierno de Honduras ha logrado la reforma de la principal estructura económica y el trazado del Documentos de estrategia de lucha contra la pobreza (PRSP) y en marzo de 2005 el consejo de FMI y en abril del mismo año el Consejo del Banco Mundial aprobaron que Honduras alcanzó el Punto de Culminación (PC) de la iniciativa para los Países Pobres Muy

Endeudados (PPME). PRSP está considerado como una medida central con respecto al desarrollo nacional de Honduras y concretamente se dan las siguientes metas a lograr en 2015:

1. Reducir la tasa de pobreza o extrema pobreza en el 24 %
2. Duplicar la educación preescolar de los niños de 5 años
3. Tasa de los alumnos que completan la educación básica (6 años): 95 %
4. Tasa de los alumnos que completa la educación secundaria (3 años): 70 %
5. El 50% de la nueva población laboral joven tiene completada la educación secundaria.
6. Reducir a la mitad la mortalidad de los niños menores de 5 años
7. Tasa de desnutrición de los niños menores de 5 años: menos del 20 %
8. Reducir a la mitad la mortalidad de las mujeres encintas (de 147 a 73/ 100 mil)
9. El 95 % de la población nacional tiene acceso al agua potable e instalaciones sanitarias.
10. Mejorar en el 20 % el índice de desarrollo humano de las mujeres.
11. Ejecución sostenible de una estrategia de desarrollo
12. Electrificación: más del 80 %
13. Cobertura del servicio telefónico en las comunidades con una población superior a 500 habitantes: 100 % se encuentra en la página 7.

Ahora teniendo en cuenta lo mencionado de los planes de desarrollo en el sector de agua potable y saneamiento en el Proyecto: “Ampliación del Sistema de Suministro de Agua Potable en Cuatro Ciudades de la Zona Central República de Honduras”, el Plan Plurianual de Ejecución de la ERP 2006 - 2009 (mayo de 2005) a través del Plan a mediano plazo dirigido a la realización de la estrategia para reducir la pobreza (2006 - 2009), se enfocó en elaboración del plan a mediano plazo que resume los emprendimientos para la reducción de la pobreza en cada sector. En este plan, el gobierno hondureño considera la construcción de infraestructura del sector de agua potable y saneamiento como uno de los temas importantes y tiene establecida la meta a largo plazo de aumentar la cobertura del servicio de agua potable al 95 % en 2015 se encuentra en la Página 70.

En el capítulo de los puntos referentes al plan y el proyecto propuesto, la relación entre el Proyecto y los problemas del servicio de agua potable, se considera como problemas a nivel nacional con que se enfrenta el servicio de abastecimiento agua potable en Honduras, se puede mencionar la diferencia de nivel de dicho servicio según las áreas. En el área metropolitana está aumentando enormemente la demanda de agua como consecuencia del rápido incremento de la población, sin embargo, no se ha podido asegurar una suficiente cantidad de fuentes de agua aprovechables, razón por la cual se está realizando un servicio limitado por horas.

Por otra parte, el huracán Mitch, del año 1998, causó un enorme daño a las infraestructuras principales, incluidos también los sistemas claves de agua potable y alcantarillado sanitario. Posteriormente, el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y otros donantes prestaron su apoyo en la rehabilitación y ampliación de dichos sistemas hasta finalizarse la reconstrucción. Hasta ahora, el apoyo de los países extranjeros se ha llevado a cabo principalmente en las grandes ciudades, estando muy atrasado el mejoramiento de los sistemas necesarios en las ciudades rurales.

En dichas ciudades se está transfiriendo el servicio de abastecimiento de agua potable del SANAA a las diferentes ciudades, y en las ciudades de Comayagua y Siguatepeque el PROMOSAS (Programa de Mejoramiento de Diferentes Instalaciones mediante el Apoyo del Banco Mundial) está realizando la rehabilitación de las instalaciones de toma de agua y otras relacionadas, así como el mejoramiento de las oficinas involucradas. A pesar de esto, la situación financiera del servicio de abastecimiento de agua potable es tan difícil que los ingresos de la tarifa de agua llegan para cubrir sólo los gastos de operación y mantenimiento de los sistemas existentes, por lo que la situación actual es que no se pueden destinar dichos ingresos a la mejora o rehabilitación radical de los sistemas se encuentra en la Página 80.

El proyecto: “Sistema de Indicadores para la Gestión de Redes de Agua Potable es un Proyecto Aqua Control (2007)”, es que la fuente de energía ocasionara una interrupción completa en el suministro de agua, donde la red de distribución no es tan solo el conjunto de tuberías cuyo

función es la de suministrar agua potable a los consumidores finales, sino que también está integrada por múltiples accesorios tales como válvulas de regulación, de control, reductoras o sostenedoras de presión, piezas de unión tales como codos, té, reducciones, tapones; tomas de caudal tales como hidrantes contra incendios o hidrantes para riego y limpieza de calles, contadores, estaciones de relevación, equipos para el control automático del sistema, se menciona que en muchas situaciones es aconsejable sectorizar la red de distribución de agua potable.

Esta técnica consiste básicamente en dividir la red en subredes que, abastecen a áreas más pequeñas o sectores y, la instalación de equipos de medición en los puntos de entrada y salida del agua al sector, como pueden ser caudalímetros, contadores, medidores de presión, etc., para obtener así los parámetros de funcionamiento que, caracterizan a cada sector. Esta es una de las técnicas más eficientes para llevar a cabo un control de fugas en las redes. Donde los sectores deben estar perfectamente definidos o delimitados, lo que garantizará enormes beneficios a la hora de analizar el funcionamiento del sector, de gestionar las presiones y, de incrementar la eficiencia en la detección de fugas se encuentra en la Página 20.

El Balance Hídrico de una red para el Proyecto: “Sistema de Indicadores para la Gestión de Redes de Agua Potable”, es correctamente establecido y resulta fundamental para evaluar las pérdidas de agua en el conjunto de un abastecimiento.

La mayor parte de las definiciones, terminología y e indicadores de gestión utilizados para evaluar las pérdidas de agua están basadas en las definiciones de la IWA (Asociación Agua Internacional); el cual, está basado en los consumos autorizados, ya sean medidos o estimados y, contempla todos los elementos de un abastecimiento típico, desde la toma de agua bruta hasta su consumo por parte de los abonados. Este balance ha sido adoptado por numerosos organismos, agencias internacionales y entes reguladores para el cálculo de pérdidas.

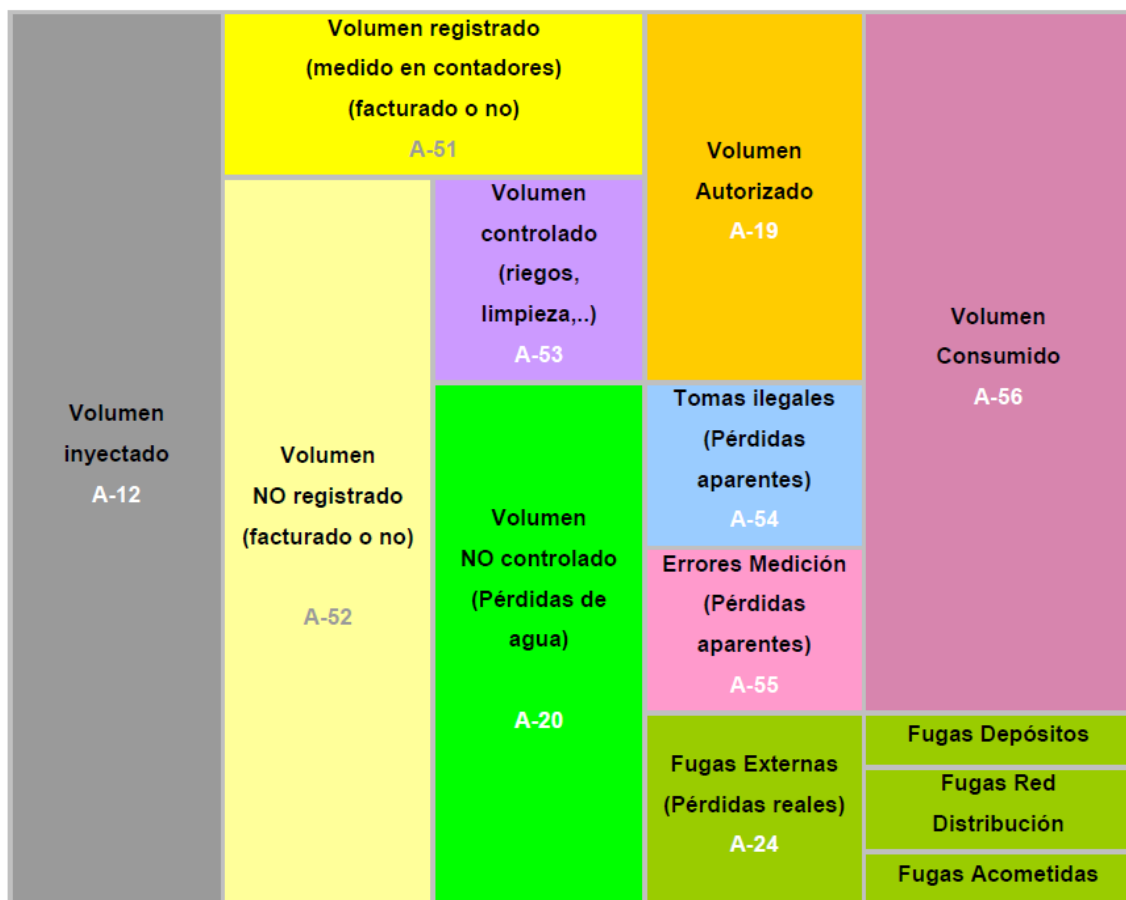
También se encuentran disponibles, numerosas aplicaciones que realizan el balance hídrico a partir de cierto número de datos, más sencillo puede ser definido conociendo tan solo los datos del volumen inyectado y del volumen registrado en los contadores de los clientes, lo cual permitiría conocer el porcentaje de agua registrada. Se cuenta con datos adicionales como los volúmenes controlados, utilizados en el riego de jardines o la limpieza de calles, o los volúmenes incontrolados debidos a tomas ilegales o a errores de medición, se puede llegar a definir un balance hídrico más completo que incluya todos los términos descritos anteriormente se encuentra en la Página 21. Ver la figura 2.1

Figura 2.1. Balance Hídrico para el sistema de producción. Del Proyecto de Sistema de Indicadores para la Gestión de Redes de Agua Potable



El balance hídrico propuesto para el sistema de distribución en función de los datos disponibles es el siguiente ver la figura 2.2:

Figura 2.2. Balance Hídrico para el sistema de distribución. Del Proyecto de Sistema de Indicadores para la Gestión de Redes de Agua Potable



En el Balance Hídrico de una red para el Proyecto: “Sistema de Indicadores para la Gestión de Redes de Agua Potable” se destaca que, el balance aquí mostrado para el sistema de distribución, difiere del propuesto por la IWA, por cuanto éste divide el volumen autorizado entre facturado y no facturado, por lo que no se tiene interés desde un punto de vista puramente hidráulico, si bien los componentes finales de las pérdidas son los mismos, se comenta el significado de los volúmenes reflejados en cada uno de los cuadros anteriores, se puede encontrar en la página 24, 25 y 26. Ver la tabla 2.1

Tabla 2.1 Significado de los volúmenes del Proyecto de Sistema de Indicadores para la Gestión de Redes de Agua Potable

Significado de los volúmenes reflejados en cada uno de los cuadros		
ÍTEM	Recuadros	Definiciones
1	A12	Volumen inyectado (A12): Volumen total de agua registrado y no registrado. Es el volumen de agua inyectado en el sistema de distribución y cuyos datos provienen de los caudalímetros.
2	A51	Volumen registrado (A51): Volumen de agua medida por los contadores de los abonados del sistema, independientemente de que se facture o no.
3	A52	Volumen no registrado (A52): volumen de agua no registrado, independientemente de que se estime o se facture.
4	A53	Volumen controlado (A53): Volumen total anual de agua no registrado, pero cuyo destino está controlado (por ejemplo, riego, limpieza calles, etc), y, por consiguiente, puede estimarse (junto con el volumen registrado, forma el volumen autorizado)
5	A20	Volumen no controlado (A20): Diferencia entre Volumen inyectado al sistema y el consumo autorizado. También se le conoce como volumen de pérdidas.
6	A19	Volumen autorizado (A19): Volumen total anual de agua registrado o no registrado, cuyo uso es conocido y admitido.
7	A54	Tomas ilegales (A54): Volumen total de agua no contabilizado que se considera es debido a tomas ilegales. Es difícil de detectar, pero puede inducirse a partir de datos censales, del catastro, inspecciones zonales, etc.

8	A55	Errores de medición (A55): Volumen total anual de agua no contabilizada imputable a imprecisiones en la medición. Puede estimarse a partir de un muestreo del parque de contadores.
9	A24	Fugas externas (A24): Volumen total de pérdidas físicas de agua en el sistema presurizado, desde el punto de inyección a la red hasta los contadores de los clientes. Incluye las fugas en la red de distribución, las fugas en los depósitos de zona y las fugas en las acometidas.
10	A23	Pérdidas Aparentes (A23): Suma del volumen de agua perdido debido a tomas ilegales y a errores de medición. Debe su nombre a que forma del volumen no controlado, pero en realidad con constituyen fugas del sistema al exterior.
11	A56	Volumen consumido (A56): Volumen de agua consumido por los usuarios, incluidas las pérdidas aparentes.

En la Gestión de Fugas del proyecto del Sistema de Indicadores para la Gestión de Redes de Agua Potable, se estableció que, el volumen no controlado se confunde muchas veces con las pérdidas de agua, pero como hemos dicho, éstas se componen de las pérdidas físicas reales y las pérdidas aparentes, a su vez, las pérdidas aparentes se componen del consumo no autorizado (robos y tomas ilegales) y de los errores de medición.

Los cálculos de estos volúmenes deben estar basados preferiblemente en muestreos, o estimados mediante algún procedimiento robusto. En lo que se refiere a los consumos ilegales o clandestinos, la forma más rápida para detectarlos es efectuando inspecciones periódicas en busca de este tipo de tomas o identificando los clientes con consumos inusualmente bajos. El contraste con el censo de población, con la información catastral o con el consumo de otros tipos de servicios son también alternativas posibles para localizar los consumos ilegales.

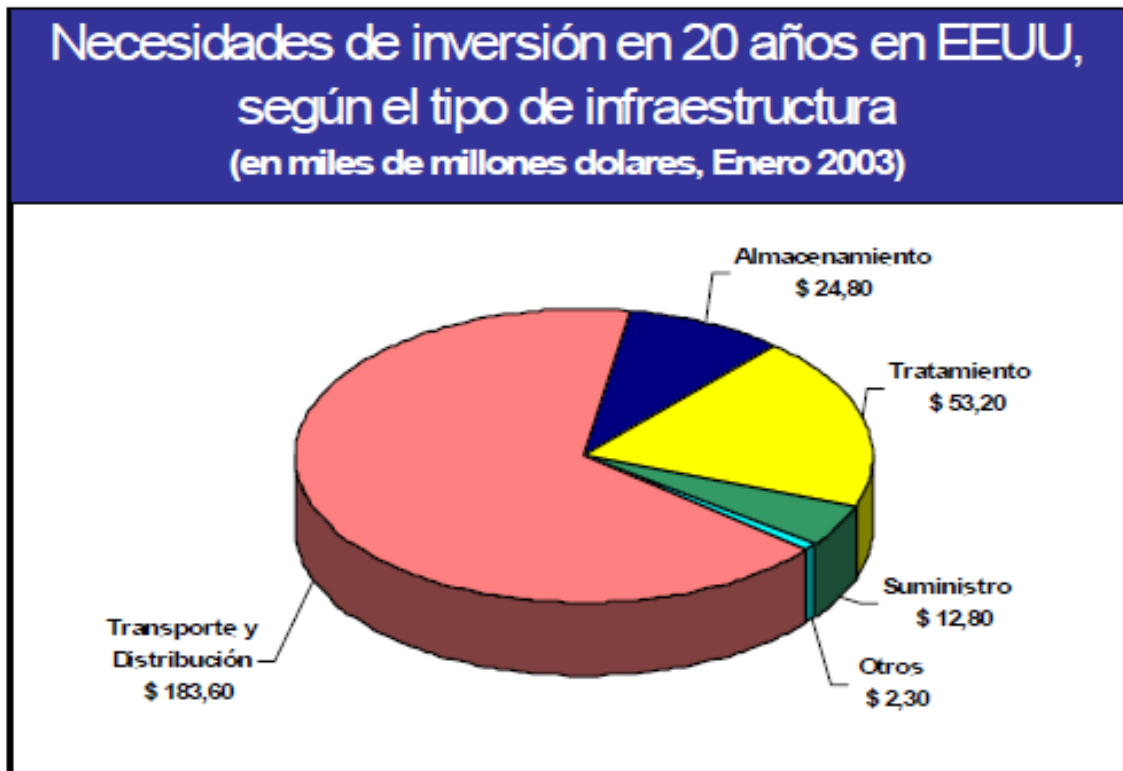
En cuanto a las pérdidas reales, son debidas al volumen de agua que se pierde a través de todo tipo de fugas y escapes en redes, depósitos y acometidas. La evaluación y gestión de las pérdidas reales depende de tantos factores, que es conveniente analizar primero el problema desde una perspectiva general, antes de entrar en el detalle de los aspectos más particulares, para un abastecimiento determinado. Cuando el sistema envejece, existe una tendencia a aumentar las fugas, marcada por el índice natural de aumento de las Pérdidas Reales por nuevos escapes y fugas, no detectables externamente, se encuentra en la página 26, 27 y 28.

En el proyecto antes mencionado, se enfocó en la determinada por una combinación de los cuatro componentes primarios que intervienen en la Gestión de Pérdidas Reales: la Gestión de la Infraestructura, la Gestión de la presión, la Velocidad y Calidad de las reparaciones y el Control activo de fugas para establecer en el proyecto, el número de nuevas fugas que surgen cada año, se encuentra influido principalmente por la Gestión de la Infraestructura. La gestión de la presión, puede influir además en la frecuencia de nuevas fugas, y en las tasas de caudal evacuados por dichas fugas. Esta duración media de las fugas, está limitada por la rapidez y la calidad de las reparaciones y, la estrategia del control activo de fugas, controla cuanto caudal se pierde por las fugas no comunicadas antes de ser localizadas. El nivel y rigor con que se lleven a la práctica estas cuatro actividades, determinará si el volumen de pérdidas reales aumenta, disminuye o permanece constante, se encuentra en la página 28.

En el Proyecto: “Sistema de Indicadores para la Gestión de Redes de Agua Potable en la Rehabilitación de Tuberías”, no menciona que, cada vez nos preocupa más a los gestores de redes de distribución es el mantenimiento, la rehabilitación y la renovación de las tuberías con muchos años de servicio, por cuanto muchas redes se instalaron durante la primera mitad del siglo pasado, habiendo cumplido muchas tuberías su tiempo de vida. Por otra parte, la determinación de cómo y cuándo deben ser rehabilitadas las redes, puede ser un factor importante a la hora de determinar las tarifas aplicables.

Por lo tanto, en los Estados Unidos, en 1997 la Oficina de Agua Potable de la Ambiental Agencia de Protección (EPA), llevó a cabo un primer estudio sobre las necesidades de renovación de las infraestructuras de los sistemas de distribución de agua del país para los próximos años. En el último informe, publicado en 2003 se hizo una valoración de las necesidades de inversión para renovar las redes de todo el país, en los próximos 20 años, se encuentra en la página 79. Ver figura 2.3

Figura 2.3. Necesidades de Inversión para cada etapa del sistema de distribución en Estados Unidos. (EPA, 2003)



Así como los fallos en las tuberías y acometidas, están relaciones con las fugas, estos están a su vez relacionados con las operaciones de rehabilitación llevadas a cabo, entendiéndose por tal la restauración y renovación de los elementos de la red, una vez transcurrido su tiempo de vida.

- **Artículos**

El autor David Ramírez Cardona (2014) del artículo: “Análisis de las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento”, nos establece que, la urbanización, junto con su inseparable desarrollo industrial, tiene profundos impactos sobre el ciclo hidrológico tanto cuantitativa como cualitativamente (Zapata, 2009); adicionalmente, se basa en las evidencia

del cambio climático el cual, se está produciendo a escala planetaria y que, en términos hidrológicos, significará una disminución del agua disponible que, se debe tener en cuenta el ciclo antrópico del agua, en el cual, se produce la intervención humana generando modificaciones al ciclo natural conocido, disminuyendo la calidad del agua apta para consumo.

Y, reduce, por ende, las fuentes de suministro, para lo cual, los recursos hidráulicos disponibles en las cercanías de las ciudades se están degradando a tal punto que, aumenta substancialmente el costo marginal de su abastecimiento. Estos aumentos surgen de la necesidad de explotar fuentes nuevas, en ocasiones remotas, así como de los mayores requisitos de tratamiento a raíz del deterioro de la calidad del agua, como ejemplo de lo mencionado en Colombia, 67m³/s de agua residual son descargados en fuentes hídricas y solo el 8% es tratado previo a su vertimiento (DNP, 2002 citado por Peña, 2003), así también en el caso de las empresas abastecedoras de agua, cada volumen del fluido que se extrae de las fuentes para ser potabilizada y transportada por la red de distribución urbana que, es entregada a un cliente, que se consume y no es registrado, es suministrado por la empresa de forma gratuita (IMTA, 2007).

En tales casos, no se recibe ninguna compensación económica por el servicio prestado, lo cual puede generar un impacto importante sobre el equilibrio económico de la compañía (Arregui et al., 2006) y en especial sobre el valor del Índice del Agua No Contabilizada (IANC); el cual, es calculado como la diferencia entre el volumen que capta el sistema de acueducto y el volumen de agua que se entrega y factura a los

usuarios (Gómez, 2003), así el Banco Mundial (2013) estimó que el 45% del agua producida en América Latina es agua no facturada, situación que no es ajena a la actualidad del sistema de acueducto de las Empresas Municipales de Cali EMCALI EICE ESP, el cual enfrenta nuevos retos en materia de reducción de pérdidas pues ha alcanzado niveles superiores al promedio determinado para América Latín, siendo esta una situación dramática para la empresa y con lo cual se estaría aportando negativamente al Objetivo del Desarrollo del Milenio que garantiza la sostenibilidad del medio ambiente y para lo cual se plantearon entre otras, las metas de integrar los principios del Desarrollo Sostenible en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de recursos del medio ambiente (PNUD, 2014), se encuentra en la página 4.

El autor Fuentes-Mariles O.A., Rodríguez-Vázquez K. y Palma-Nava A. del Artículo: “Estimación y Localización de Fugas en una Red de Tuberías de Agua Potable Usando Algoritmos Genéticos (2011)”, nos menciona la problemática de las fugas de agua potable en las redes de distribución que, producen desperdicio de agua, reducen la eficiencia de la red y, generan una pérdida económica a los organismos operadores del sistema de distribución de agua potable, es complicada, ya que en su mayoría no se encuentran visibles. Para reducirlas, es necesario contar con procedimientos e instrumentos especiales para localizarlas y eliminarlas.

En este artículo, se expone un método para detectar fugas a lo largo de las tuberías; con él, se determina el caudal de las mismas y la posición donde ocurren en las tuberías de una red cerrada; se considera que, la red

funciona en flujo permanente a presión y que sólo existe una fuga por cada tubería de la red.

El procedimiento propuesto, se basa en las mediciones de presión en la unión de las tuberías, el conocimiento de las características de la red y la estimación de las demandas de caudal. Se emplea la teoría de la computación evolutiva, en particular, un algoritmo genético simple, como mecanismo de búsqueda de la solución óptima. Este proceso es interactivo hasta disminuir el error entre las cargas medidas y las calculadas con este método. Se incluye un ejemplo a partir de las mediciones obtenidas en laboratorio para mostrar la bondad del método y la forma de aplicarlo, se encuentra en la página 1.

Nos explica el autor Fuentes-Mariles O.A., Rodríguez-Vázquez K. y Palma-Nava A. del artículo de Estimación y localización de fugas en una red de tuberías de agua potable usando algoritmos genéticos (2011) que, la fuga es una salida de agua no controlada en cualquiera de los componentes del sistema de distribución de agua potable; con mayor frecuencia ocurren en uniones de tuberías, codos, roturas de conductos y válvulas. También en los sistemas de conducción de agua a presión es común que se presenten fugas de este líquido.

Las fugas pueden deberse al agrietamiento transversal, aplastamiento o agrietamiento longitudinal de las tuberías, la corrosión, el mal junto de los tubos o la falla de las válvulas que pueden incrementar las fugas en una red.

En algunos países, las fugas de los sistemas de abastecimiento de agua llegan a ser del 50% de la cantidad requerida por los habitantes para satisfacer sus necesidades hídricas; esto implica pérdidas económicas de importancia y un mal aprovechamiento de los recursos naturales. Como en Malasia, el porcentaje de las fugas es del orden del 40%, en Brasil y Suecia del 25% y en México 39% (Arreguín, et al., 1997).

En las ciudades donde es escasa la disponibilidad de agua es imperioso disminuir las cantidades de agua que se pierden por este concepto, pero en la red de agua potable no se puede evitar que existan fugas; es necesario, llevar a cabo acciones permanentes encaminadas a disminuir el número de fugas y los caudales de las mismas.

Una de las complicaciones de la detección de fugas, es que la mayoría de éstas no se encuentran visibles, por tanto, para reducirlas es necesario contar con alguna herramienta que permita estimar su localización, así como sus caudales. Con respecto al gasto en una red de tuberías de agua potable son complicadas de realizar, mientras que las mediciones de presión, son menos difíciles y económicas; por lo que, el método propuesto se apoya en las mediciones de las cargas de presión, en los sitios donde se unen dos o más tuberías (nudos de cruce); además, de las características de la red (diámetro, longitud, material, etc.) y los gastos de demanda.

La solución óptima del sistema de ecuaciones que, se generan al establecer la representación matemática del funcionamiento hidráulico de la red, se obtiene mediante la aplicación de un algoritmo genético, los

cuales en los últimos años se han utilizado ampliamente en varios campos de la ciencia.

Se ha estimado la bondad del método propuesto para detectar fugas en la red de tuberías, se realizaron pruebas experimentales en el laboratorio de hidráulica del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); la cual, permite representar algunas condiciones de operación de la red de agua potable reales. En esta instalación se simula el funcionamiento hidráulico de las tuberías de una manera controlada de presiones y gastos facilitando sus mediciones. Con los datos experimentales se realizó la estimación de fugas, obteniendo buenos resultados, se encuentra en la página 2.

El artículo de Gestión de la demanda de agua en Zaragoza del Proyecto realizados basados en la gestión del agua en Zaragoza (2008), establece que, el objetivo principal de la demanda, como ciudad demo ha sido la base para realizar diversos proyectos de investigación realizados por estudiantes becados por el Proyecto dirigidos por responsables del Proyecto Switch. En concreto, los gestores Guillermo Penagos MSc, supervisado por Peter van der Steen (UNESCO-IHE), que desarrolló su tesis: “Systems Analysis of Zaragoza Urban Water System (Spain): A Preliminary Assessment of Environmental Sustainability - abril de 2007”, así también Alba Martín, MSc, supervisada por Chris Jefferies, profesor de UWTC at University of Abertay que, desarrolló su tesis: “An evaluation of two visualization tools for urban water management decision making SMURF and S-CITY VT. From a user’s point of view - junio de 2008”, así También María de la Paz de San Miquel, MSc,

supervisada por Chris Jefferies, profesor de UWTC at University of Abertay que, desarrolló su tesis: “Simulation of the total urban water cycle in a neighborhood of a Spanish city and establishment of urban water sustainable indicators - noviembre de 2007” y, Camilo Muñoz-Trochez, PhD, supervisado por Ian Smout y Sam Kayaga de la Universidad de Loughborough que, está realizando su tesis: “Incorporating energy use into the economic level of leakage Model”, estan ligadas a la gestión del agua, durante el desarrollo del Proyecto Switch, se han realizado otras actuaciones no documentadas en informes pero que, encajan dentro de los objetivos del Proyecto, como:

- Colocación de contadores en consumos no controlados como zonas verdes.
- Ensayos de equipos de detección de fugas en la red de distribución de agua potable.
- Para controlar de forma más exacta la distribución y consumo de agua, el Departamento de Infraestructuras, va a instalar un sistema informático que, recibirá información minuta a minuto de la red de abastecimiento y saneamiento de la ciudad.
- En la red de saneamiento, se quiere conocer la evolución del caudal en relación a la pluviometría, para lo que se instalarán medidores de caudal asociados y pluviómetros.
- Instalación de nuevos tanques de tormenta y adecuación de los tanques de tormenta existentes, para que envíen datos al Departamento de Infraestructuras de pluviometría, nivel del depósito

y sobre la posibilidad de bombear agua al sistema de saneamiento una vez que la tormenta haya cesado.

- En los últimos cuatro años en solo cinco ocasiones ha entrado agua en estos tanques de tormenta por lo que, la reutilización del agua de lluvia recogida en estos depósitos no es una cuestión tan prioritaria como la reducción de pérdidas.
- Para fomentar la cultura del agua de la ciudadanía, se ha construido un aula polivalente en el área de la planta de potabilización y saneamiento de agua. Esta aula se destinará tanto a excursiones educativas de grupos escolares, como al desarrollo de cursos y formación a nivel profesional.
- Dentro del Programa de Educación y Sostenibilidad Ambiental del Ayuntamiento de Zaragoza, el Gabinete de Educación Ambiental ha desarrollado muchas actuaciones de educación ambiental en ambientes escolares. Para ello se han utilizado folletos formativos genéricos sobre el agua y específicos sobre los sistemas de depuración, el uso y ahorro del agua en las viviendas, el proyecto SWITCH. También se han realizado actividades adecuadas a la edad de los escolares para ampliar sus conocimientos sobre el ciclo del agua, la importancia de este recurso, su control y gestión.

Otro campo de actuación son las asociaciones de vecinos y entidades culturales en las que también se quiere mejorar el conocimiento del agua para conseguir un uso más eficiente, se encuentra en la página 2 y 3.

El artículo de Gestión de la demanda de agua en Zaragoza (2008), de la Sectorización de la Red, no describe que la gestión de la red de distribución de agua de la ciudad, es una parte fundamental para alcanzar el objetivo general de reducir el volumen del agua potable consumido y, promover al mismo tiempo un uso más eficiente del agua, sin embargo el ámbito de la planificación y explotación de las redes de abastecimiento de agua incide directamente en la utilización prudente y racional del agua, e implica además de políticas de racionalización de consumos en destino (usuarios), políticas de control y reducción de pérdidas en las infraestructuras de captación y transporte.

Para esto el proyecto de sectorización realizado dentro del Proyecto Switch, se dirige hacia el desarrollo, aplicación y demostración de soluciones que contribuyan a conseguir proyectos de gestión del agua urbana sostenibles y eficientes en la "ciudad del futuro", se considera dentro del proyecto de demostración de la gestión de la demanda de agua en la ciudad de Zaragoza, se han diseñado y puesto en marcha cuatro sectores de medición de caudal y presión de agua potable en la red de distribución, se ha obtenido gran experiencia aprendida en estos cuatro primeros sectores, se han obtenido una serie de "buenas prácticas" que se están utilizando en la elaboración de un estudio de sistematización de la red de abastecimiento de agua de Zaragoza y que se relacionarán posteriormente. Ahora la sectorización persigue, entre otros, los siguientes objetivos para fomentar y garantizar la funcionalidad de la red, para dotar del adecuado servicio de abastecimiento de agua a la ciudad, así también optimizar el ahorro de agua, minimizando las pérdidas y

consumos no contabilizados, aumentando el control de la red y disminuir los costes de implantación y explotación del sistema, mejorando y manteniendo en todo caso la funcionalidad y flexibilidad del sistema.

El artículo nos menciona que, la sectorización consiste en crear zonas adaptadas a la estructura y funcionalidad de la red abastecidas desde un único punto de suministro situado en la red en alta, en el que se instalará un punto de control de caudal y presión y sistema electrónico de registro y comunicación de datos, se encuentra en la página 4.

El autor Boulevard Adolfo Ruiz Cortines del libro: “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (2014) de los Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado”, nos menciona que, la demanda actual es la suma de los consumos para cada tipo de usuario, más las pérdidas físicas se escapa por fugas en líneas de conducción, tanques, red de distribución, y tomas domiciliarias. Para su estimación, lo más recomendable es realizar un estudio de fugas, el cual debe incluir trabajos de campo, para esto el estudio de campo (Enríquez et al. 1993), se ha definido que “estas pérdidas se determinan a partir de muestreos de inspección y aforo (fugas en tomas domiciliarias); de medición en sectores controlados, llamados distritos hidrométricos (fugas en tuberías principales y secundarias y pérdidas en tomas clandestinas); y de verificación de un grupo de micromedidores domiciliarios (pérdidas por mala medición)”.

Las pérdidas de agua, dependen de factores tales como: la presión de trabajo en conductos, la calidad de la tubería y los accesorios, el proceso constructivo, el tipo de material, la antigüedad de los elementos

del sistema y el mantenimiento preventivo y correctivo que se les practique a los elementos del sistema. De acuerdo con experiencias nacionales e internacionales, se estima que en localidades donde se tenga implementado un programa de detección y control de fugas, se puede aspirar a reducir el porcentaje de fugas entre el 1 por ciento y el 2 por ciento anualmente; aunque las experiencias en México indican que en el mediano o largo plazo se puede aspirar a valores de eficiencia de entre 25 y 30 por ciento, con un ritmo de valores promedio de disminución de 1 por ciento anual.

Desarrollando un programa de detección y control de fugas, de manera eficaz y eficiente, las pérdidas pueden disminuirse a valores cercanos al 20 por ciento que, es el resultado obtenido en algunas ciudades europeas y nacionales. La cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual; sus unidades están dadas en l/hab al día, y la dotación media de una localidad se obtiene a partir de los consumos registrados por el organismo operador o de un estudio de demandas, dividiendo el consumo total, que incluye servicio doméstico, comercial, industrial y de servicios públicos, más las pérdidas físicas de agua, entre el número de habitantes de la localidad.

El proyecto, de incremento de oferta de agua no puede ser concebido si no existe un programa que permita la reducción de las pérdidas físicas, por lo que, en la proyección de la situación actual se debe de considerar su disminución gradual hasta índices del 30 o 25 por ciento, dependiendo de la localidad y nivel actual de pérdidas.

Ahora como valor de referencia, es poco viable que, en los primeros años del periodo, la disminución promedio anual de las pérdidas físicas llegue al 1 por ciento promedio anual, debido a la complejidad e inversiones que se requieren, sin embargo, deben realizarse estas acciones e inversiones, puesto que se trata de un programa a corto, mediano y largo plazo que permitirá alcanzar los niveles esperados de pérdidas físicas al término del periodo establecido.

Es importante señalar que, ha habido casos que la disminución de las pérdidas físicas, ha permitido desfasar la construcción de nuevas fuentes, ya que la simple recuperación de caudales permite cubrir el déficit actual o el crecimiento de la población por algunos años. Una vez considerados todos los parámetros anteriores se puede llegar a la proyección de la Tabla 2.2, de donde se puede observar que al final del periodo de análisis se llega a una demanda total de 3.96 m³/s, se encuentran en las paginas 24, 25, 26, 40 y 41

Tabla 2.2 Proyección de la demanda de agua potable sin proyecto

Año	Población CONAPO	Cobertura	Población cubierta	Tomas domésticas	Consumo doméstico	Consumo doméstico	Tomas comerciales	Consumo comercial	Demanda comercial
	(Hab)	(%)	(Hab)	(tomas)	m ³ /toma/mes	(m ³ /s)	(tomas)	m ³ /toma/mes	(m ³ /s)
2010	627 816	96%	602 703	158 606	16.39	1.00	11 058	27.42	0.12
2011	649 402	97%	629 920	165 768	16.39	1.05	11 422	27.42	0.12
2012	671 180	97%	651 045	171 328	16.39	1.08	11 786	27.42	0.12
2013	693 156	97%	672 361	176 938	16.39	1.12	12 352	27.42	0.13
2014	715 342	97%	693 882	182 601	16.39	1.15	12 655	27.42	0.13
2015	737 732	97%	715 600	188 317	16.39	1.19	13 052	27.42	0.14
2016	760 338	97%	737 528	194 087	16.39	1.23	13 451	27.42	0.14
2017	783 152	97%	759 657	199 911	16.39	1.26	13 855	27.42	0.15
2020	806 190	97%	782 004	205 792	16.39	1.30	14 263	27.42	0.15
2022	924 424	97%	896 691	235 972	16.39	1.49	16 354	27.42	0.17
2025	1 046 186	97%	1 014 800	267 054	16.39	1.69	18 509	27.42	0.20
2030	1 168 908	97%	1 133 841	298 381	16.39	1.89	20 680	27.42	0.22
2035	1 306 026	97%	1 266 845	333 382	16.39	2.11	23 105	27.42	0.24

Año	Tomas industriales	Consumo industrial	Demanda industrial	Tomas Gobierno	Consumo Gobierno	Demanda Gobierno	Consumo del sistema	Pérdidas del sistema	Demanda Total
	(tomas)	m ³ /toma/mes	(m ³ /s)	(tomas)	m ³ /toma/mes	(m ³ /s)	(m ³ /s)	%	(m ³ /s)
2010	1 700	250.2	0.16	460	205.32	0.04	1.320	38.00%	2.13
2011	1 740	250.2	0.17	482	205.32	0.04	1.375	38.00%	2.22
2012	1 780	250.2	0.17	504	205.32	0.04	1.420	38.00%	2.29
2013	1 820	250.2	0.18	526	205.32	0.04	1.467	38.00%	2.37
2014	1 912	250.2	0.18	535	205.32	0.04	1.516	37.30%	2.42
2015	1 972	250.2	0.19	552	205.32	0.04	1.563	36.60%	2.47
2016	2 033	250.2	0.20	569	205.32	0.05	1.611	35.90%	2.51
2017	2 094	250.2	0.20	586	205.32	0.05	1.659	35.20%	2.56
2020	2 155	250.2	0.21	603	205.32	0.05	1.708	34.50%	2.61
2022	2 471	250.2	0.24	692	205.32	0.05	1.958	31.00%	2.84
2025	2 797	250.2	0.27	783	205.32	0.06	2.216	27.50%	3.06
2030	3 125	250.2	0.30	874	205.32	0.07	2.476	25.00%	3.30
2035	3 491	250.2	0.34	977	205.32	0.08	2.767	25.00%	3.69

Nota: Datos 2010-2013 años base obtenidos de información de un organismo operador (Pág. 41).

En el artículo, nos menciona la herramienta eficaz para reducir las fugas de agua no contabilizada, con el tema Método efectivo para minimizar el agua no contabilizada, mejorar la eficiencia energética y reducir los costes operativos y de mantenimiento (2014), donde la gestión de la presión ha demostrado ser una herramienta eficaz para reducir las fugas de agua no contabilizada (NRW), mejorar la eficiencia energética y reducir los costes operativos y de mantenimiento.

En este artículo, se analizan las ventajas de abordar estos tres problemas mediante la gestión de la presión, especialmente ahora que los modelos de predicción de la frecuencia de los reventones son más precisos. El mayor beneficio que se espera de la gestión de la presión, es una mayor duración de los activos, según los resultados de las investigaciones más recientes. Para llegar a un desafío importante al que se enfrentan muchos municipios es cómo gestionar los altos niveles de NRW. A pesar de que no todo el NRW se debe a fugas, se sabe que una gestión ineficaz de la presión de los sistemas de distribución provoca que las fugas aumenten considerablemente, así como los reventones y otras consecuencias adversas, como la reducción de la vida útil de la infraestructura.

La escasez y la calidad del agua, se erigen como problemas clave de interés público y, lo que es más apremiante, como inhibidores del crecimiento de ciudades y países de todo el mundo. Además, la energía es el producto con mayor coste operativo, después de la mano de obra, para la mayoría de las empresas de aguas.

Ahora la consecuencia, se espera que el mercado del agua que trata y transporta el agua siga creciendo rápidamente, a medida que los integrantes del sector buscan soluciones, tecnologías y métodos nuevos y eficaces para mejorar la gestión de la distribución y los recursos acuíferos.

Sin embargo, muchas empresas de servicio de agua siguen luchando para crear un caso empresarial convincente para reemplazar y actualizar las antiguas e ineficientes redes de abastecimiento, al tiempo que muchas políticas reguladoras todavía no compensan los costosos esfuerzos de actualizar o mejorar la gestión de las redes, se encuentra en la [publicado por página web http://www.interempresas.net/Agua/Articulos/128358-Gestion-de-la-presion.html](http://www.interempresas.net/Agua/Articulos/128358-Gestion-de-la-presion.html).

- **Libros**

La eficiencia en el mantenimiento, puede ser aplicado por la empresa de agua, en el libro: “La Evaluación de Sistemas de Bombeo de Agua por BID (2011)”, nos especifica como se aplicaría el cálculo de Pérdidas de carga en las tuberías sea de succión y descarga, donde se generan pérdidas energéticas debidas a la fricción del fluido sobre las paredes de las mismas. Para el cálculo de estas pérdidas se recomienda los siguientes procedimientos: en primer lugar, se calcula el coeficiente de fricción, que se determina por medio de la ecuación de Colebrook-White, a partir de los valores del número de Reynolds y rugosidad relativa, definido como el cociente de rugosidad absoluta (ϵ) y el diámetro (D) en mm. (ecuación 1)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\epsilon/D + 2.51}{3.71 Re\sqrt{f}} \right] \dots\dots\dots \text{(ecuación 1)}$$

La fórmula anterior es de tipo implícita por lo que debe iterarse. Alternativamente, se puede utilizar la siguiente fórmula que es explícita (sin necesidad de iterar) y utiliza los mismos parámetros. (ecuación 2)

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon/D + 5.74}{3.7 Re^{0.9}} \right) \right]^2} \dots\dots\dots \text{(ecuación 2)}$$

Fuente: Guerrero O. (1995). Ecuación modificada de Colebrook-White. Revista Ingeniería hidráulica de México, Vol. X, pp. 43-48, enero-abril.

La rugosidad absoluta (ϵ) es una característica del material de tubería. Los valores para los diferentes materiales se ven en la figura 2.5.

El número de Reynolds se define como:

$$Re = v * D * \rho / \mu$$

Donde:

v = velocidad del fluido (m/s).

D = diámetro interior de la tubería (m).

μ = viscosidad dinámica del fluido (mPa·s), la que se determina de tablas como función de la temperatura, ver tabla 2.3

ρ = densidad del fluido (kg/m³).

Tabla 2.3 Viscosidad dinámica del agua
(Fuente: Autor)

Temperatura	Viscosidad (mPa·s)
10	1,308
20	1,002
30	0,7978
40	0,6531
50	0,5471
60	0,4668

Las pérdidas por fricción en una tubería se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$h_f = f * (L/D) * (v^2/2 * g)$$

Donde:

h_f = pérdida de carga por fricción (m).

f = coeficiente de fricción.

L = longitud de la tubería (m).

D = diámetro de la tubería (m).

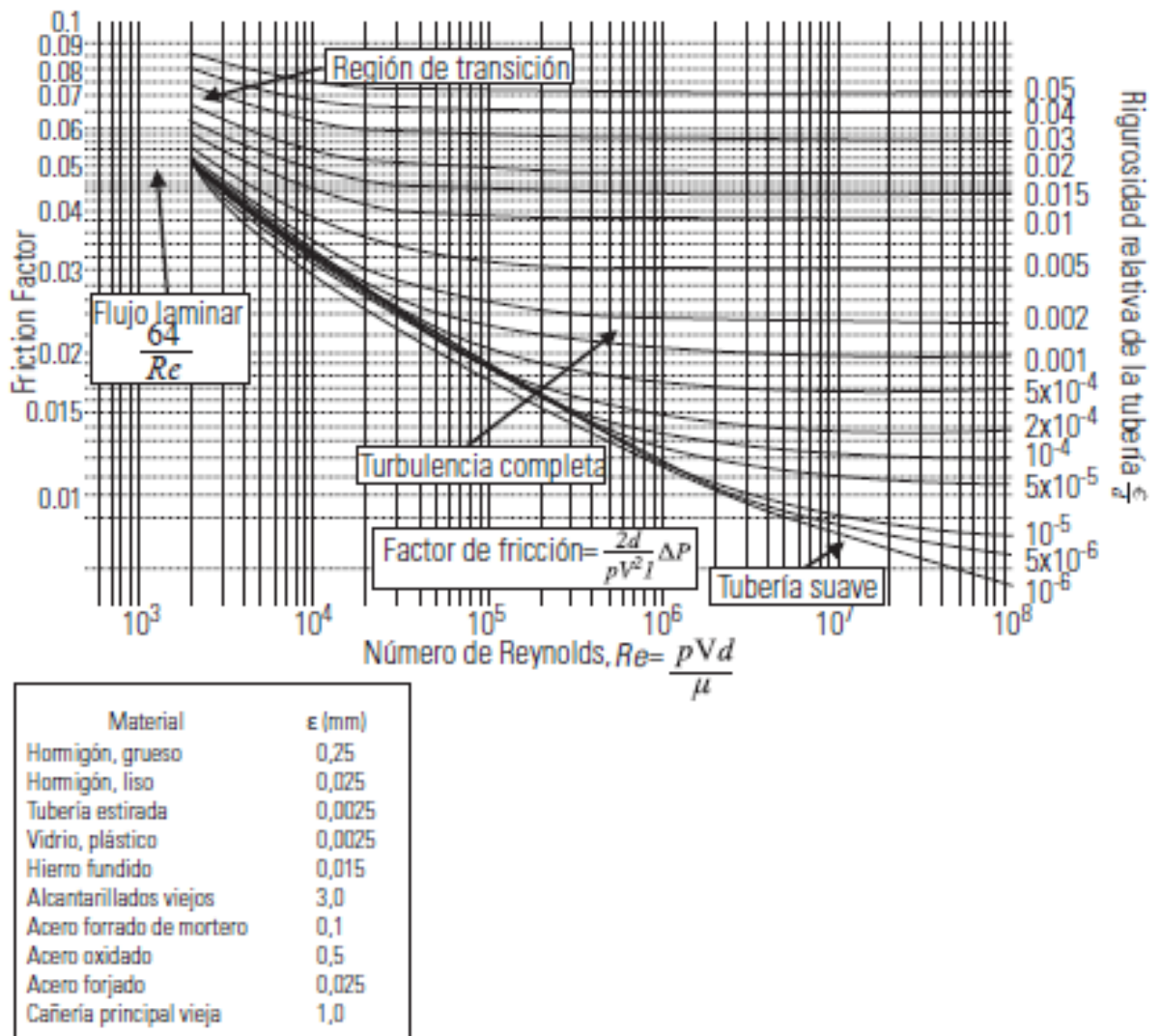
v = velocidad del fluido (m/s).

g = aceleración de la gravedad (m/s²).

- El factor de fricción o coeficiente de fricción, se obtiene del diagrama, iterando la fórmula de Colebrook utilizando el diagrama de Moody (véase la figura 2.4), en el cual se consigue representar la expresión de Colebrook en un ábaco de fácil manejo, que integra el valor de f para todos los tipos de flujos. En este diagrama se entra con el valor de la rugosidad relativa calculada en este recuadro y el valor del número de Reynolds, y para cada una de las tuberías de succión y descarga.

El valor obtenido en el diagrama deberá ser ingresado en el cuadro correspondiente, se encuentra en las páginas 45 y 46 del libro Evaluación para sistema de bombeo de agua del BID como Manual de eficiencia energética.

Figura 2.4 Diagrama de Moody



En el libro: “La Evaluación de Sistemas de Bombeo de Agua por BID (2011)”, de la Reducción de Fugas se implementó una campaña de detección y eliminación de fugas cuyo objetivo del control de fugas es reducir al mínimo el tiempo que transcurre entre el surgimiento de una fuga y su eliminación, a través de la revisión y el ajuste continuo de procedimientos y acciones, con el fin de aumentar la eficacia de la conservación y del mantenimiento de la red de distribución, así también

el control de fugas de agua es una actividad continua en tiempo y espacio, durante la cual se establecen los procesos para coordinar las acciones de localización y eliminación de fugas, sobre la base de un monitoreo continuo de la red, reportes de fugas detectadas por usuarios, programas de búsqueda sistemática de fugas ocultas, elaboración periódica de balances y muestreos de evaluación, donde se muestra la formulación del proyecto de control de fugas se realiza de la manera siguiente:

- 1) Con un muestreo de campo y datos estadísticos recientes, se elabora una evaluación de pérdidas y un balance del agua, con el fin de estimar los porcentajes de agua por reducir en cada rubro.
- 2) Se recopilan información y datos para la reducción de fugas (por ejemplo, personal, presupuesto, procedimientos, equipos, resultados e indicadores).
- 3) Se determinan las causas de la ocurrencia de pérdidas de agua, y se señalan los problemas principales, los equipos y recursos humanos necesarios, y las acciones requeridas a corto y mediano plazos.
- 4) Se establece un programa de control de fugas para definir las actividades generales, priorizadas y calendarizadas, con sus costos y beneficios, e indicando sus fuentes de financiamiento.
- 5) Se ejecutan las acciones a corto plazo, como puede ser la implantación de un departamento de control de fugas, módulos de atención al público para reporte de fugas, equipos urgentes, capacitación al personal, etc.

- 6) Después se inicia el proceso de eliminación de pérdidas y se implementa el proceso coordinado con las acciones de control.
- 7) Se ejecuta el control de estadísticas y el monitoreo de información.
- 8) Se elabora el balance del agua cada año y se evalúan periódicamente los siguientes indicadores:
 - a) Porcentaje de pérdidas potenciales = volumen de pérdidas / volumen producido.
 - b) Relación costo-beneficio de la reducción y control = costo de acciones / costo del agua recuperada, se encuentra en las páginas 75 y 76 del libro Evaluación para sistema de bombeo de agua del BID como Manual de eficiencia energética.

El autor GIZ y VAG del libro: Guía para la Reducción de las Pérdidas de Agua (2011)”, es un enfoque en la gestión de presión con la necesidad de reducir las pérdidas de agua es un recurso vital sin importar dónde vivamos en el mundo. El agua dulce no es solamente indispensable para la alimentación humana sino también un producto primario importante para la producción industrial y agrícola. Por lo tanto, la disponibilidad de agua dulce se relaciona directamente con el bienestar y la prosperidad de nuestra sociedad. Sin embargo, el agua dulce es un recurso limitado y a veces incluso escaso.

Los rápidos cambios mundiales, como el crecimiento demográfico, el desarrollo económico, la migración y la urbanización están poniendo nuevas presiones sobre los recursos de agua y sobre la infraestructura que, suministra agua potable a los ciudadanos, las empresas, las

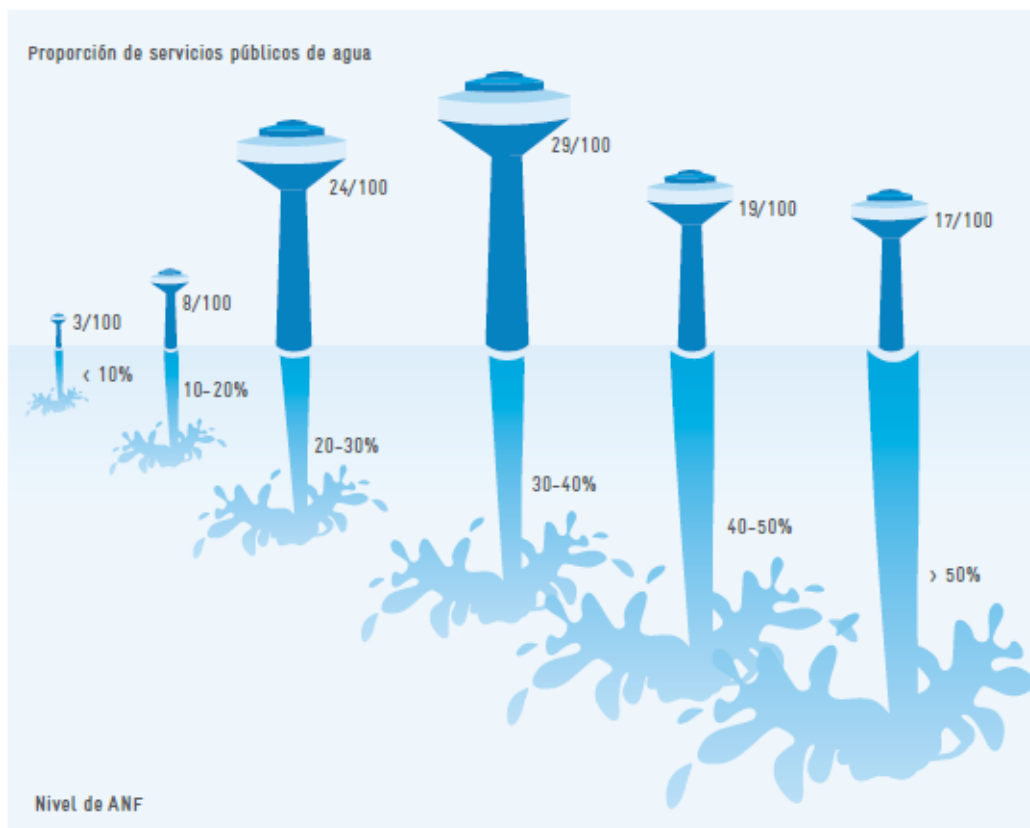
industrias y las instituciones. Sin embargo, las barreras políticas, financieras y/o técnicas pueden impedir una distribución igual del agua, incluso en regiones en donde la presencia física del agua es suficiente.

Este efecto, que se conoce como escasez económica afecta a un gran número de países, especialmente en el África Subsahariana, el Medio Oriente y el Sur de Asia, pero también América del Sur y Central. La enorme cantidad de agua perdida por fugas en las redes de distribución urbana de agua (pérdidas físicas o reales de agua) y los volúmenes de agua distribuidos sin facturación (pérdidas de agua aparentes) pueden ser los elementos que complican la situación de suministro de agua, especialmente en los países en desarrollo y en transición.

Las pérdidas de agua reales y aparentes, junto con el consumo autorizado no facturado (por ejemplo, para abastecer las troncales anti incendios), constituyen la cantidad de agua no facturada (ANF) en un sistema de suministro.

En base a un estudio que cubre 40 empresas de agua en el sudeste de Asia y a la base de datos IBNET sobre el desempeño de las empresas de agua que cubre más de 900 servicios públicos en el mundo, el Banco Mundial estima que la cifra actual para todos los niveles de ANF en el mundo en desarrollo está probablemente en el rango de 40 - 50 % del agua producida, se encuentra en las páginas 30 y 31. Ver la figura 2.5

Figura 2.5 Niveles de ANF en empresas de agua en el mundo en desarrollo, según la base de datos de IBNET

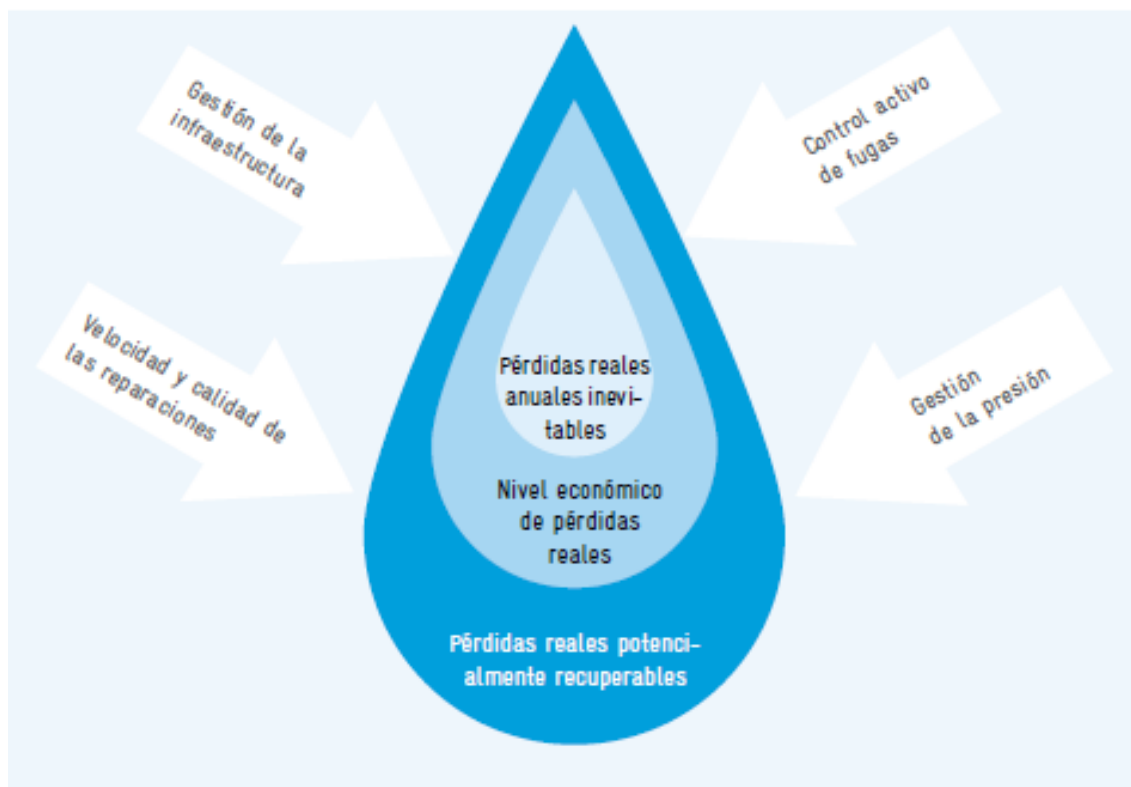


El autor GIZ y VAG del libro Guía para la reducción de las pérdidas de agua (2011), es un enfoque en la gestión de presión a través de cuatro métodos centrales de intervención para combatir las pérdidas reales de agua. A lo largo de las dos décadas pasadas, se ha desarrollado muchos métodos que hoy en día se reconocen como tecnologías de última generación para reducir las pérdidas de agua.

No obstante, muchas empresas de agua en todo el mundo todavía no han implementado estrategias sostenibles de gestión de pérdida de agua a pesar de los obvios beneficios. Esta guía resume la situación actual de las tecnologías de reducción de pérdidas de agua y deberá servir como incentivo y guía para aquellas empresas de agua que quieran

utilizar el enorme potencial oculto de la reducción de pérdidas de agua, se encuentra en las pagina 37. Ver la figura 2.6

Figura 2.6 Los cuatro métodos de intervención centrales para combatir las pérdidas reales de agua



El autor GIZ y VAG del libro Guía para la reducción de las pérdidas de agua (2011), es un enfoque en la gestión de presión se basará del Tamaño y tiempo de la fuga de la cual tenemos:

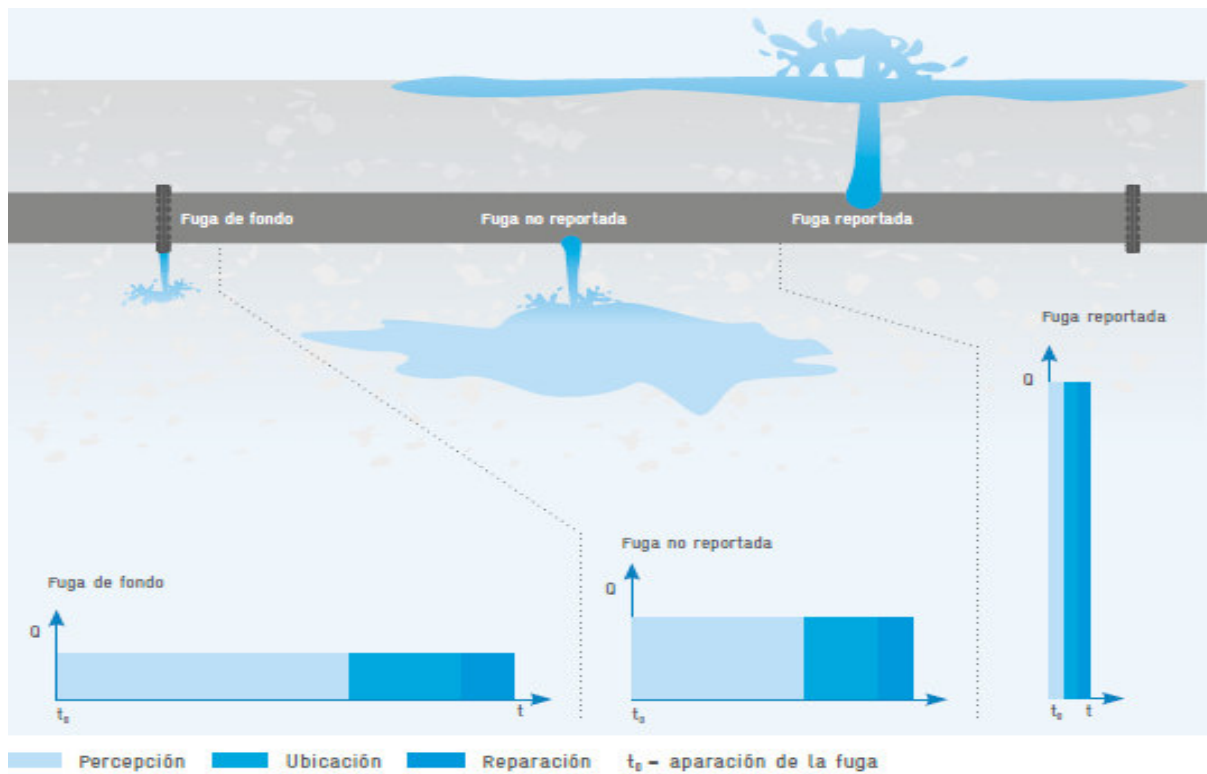
Las fugas reportadas o visibles, provienen principalmente de estallidos súbitos o rupturas de uniones en grandes troncales o tuberías de distribución. El agua que fuga aparecerá en la superficie rápidamente dependiendo de la presión del agua y el tamaño de la fuga, así como de las características del suelo y la superficie. No se requiere equipo especial para ubicar las fugas.

Fugas no reportadas u ocultas. Estas por definición tienen caudales mayores a 250 l/h a 50 m de presión, pero debido a las condiciones no favorables no aparecen en la superficie. La presencia de fugas ocultas se puede identificar analizando tendencias en el comportamiento del consumo de agua dentro de una zona definida de suministro de agua.

Fugas de fondo. Comprende pérdidas de agua con caudales menores a 250 l/h a 50 m de presión. Estas fugas muy pequeñas (filtración o goteo de uniones, válvulas o accesorios no herméticos) no se pueden detectar utilizando métodos de detección acústicos de fugas.

Por lo tanto, se asume que muchas fugas de fondo nunca se detectan ni reparan, sino que fugan hasta que se reemplaza eventualmente la parte defectuosa. Las fugas de fondo a menudo causan una buena parte de las pérdidas reales de agua debido a su gran número y el largo tiempo durante el que ocurren, se encuentra en las páginas 50 y 51. Ver la figura 2.7

Figura 2.7 Relación entre tasa de fuga (Q) y tiempo de fuga (t)



El autor GIZ y VAG del libro Guía para la reducción de las pérdidas de agua (2011), es un enfoque en la gestión de presión, donde se realizará acción contra las pérdidas reales de agua a través de la programación de intervenciones de las redes de distribución de agua, donde se deteriora constantemente sin suficientes medidas de mantenimiento y rehabilitación. En la misma medida, las pérdidas reales de agua se elevan constantemente sin estrategias de intervención adecuadas por parte de la empresa de agua.

Cuando se programa las intervenciones, las empresas de agua normalmente combaten las pérdidas reales de agua con uno de los siguientes enfoques:

(a) Mantenimiento impulsado por eventos: estrategia pasiva (control de fugas pasivo) donde se va a tomar acción sólo para combatir fallas que ya han ocurrido.

Los clientes generalmente reportan o el personal de la empresa de agua usualmente anota los estallidos de tubos o caídas visibles de la presión debido a una fuga importante. La estrategia pasiva se encuentra principalmente en empresas de agua que no tienen una gestión adecuada de las pérdidas de agua. Las pérdidas generales son usualmente altas porque no se hace esfuerzos para ubicar y reparar las fugas escondidas y para reducir las fugas de fondo. El mantenimiento impulsado por eventos impide un manejo sostenible de las pérdidas de agua.

(b) Mantenimiento orientado a intervalos: estrategia preventiva (control de fugas proactivo) donde se ejecuta inspecciones y mantenimientos en intervalos definidos. Se requieren cortos ciclos de inspección a altos niveles de fuga. Las tasas bajas de fallas y los bajos niveles de fuga permiten tiempos más largos. La estrategia preventiva es trabajosa porque se tiene que inspeccionar todas las partes de la red sin importar su condición real.

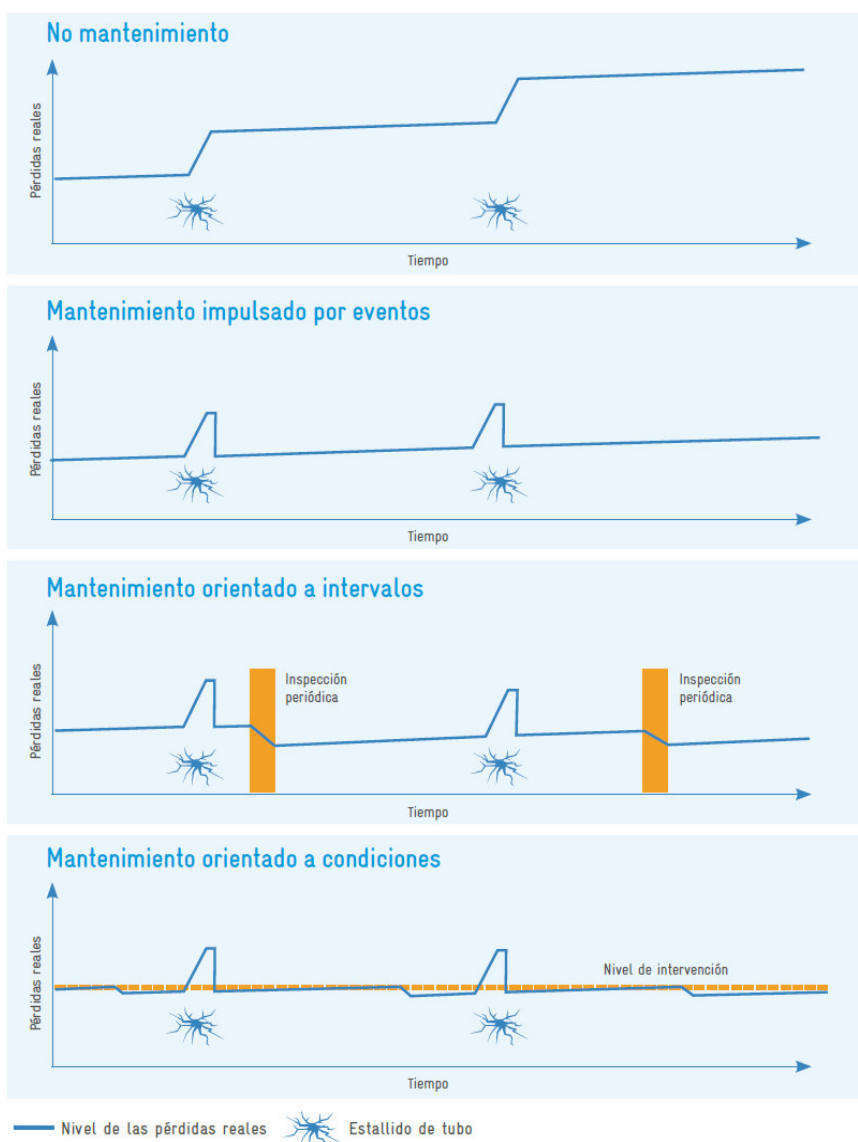
(c) Mantenimiento orientado a las condiciones: estrategia de inspección (control de fugas proactivo) donde la condición de la red y el nivel real de fuga se monitorean continuamente a través de inspecciones regulares y de mediciones permanentes del flujo. Se

toma acción tan pronto el nivel de fuga exceda un valor crítico definido o según una estrategia de intervención económica basada en el valor de las pérdidas reales acumuladas desde la intervención anterior.

Por lo tanto, las inspecciones regulares se pueden llevar a cabo a intervalos más largos. La estrategia de inspección es el método de intervención más orientado a metas y el más eficiente para reducir las pérdidas reales de agua, se encuentra en las páginas 145 y 146.

Ver la figura 2.8

Figura 2.8 La comparación entre distintas estrategias de intervención para combatir las pérdidas reales



En este libro: “Mejoramiento de la Eficiencia Física de los organismos Operadores de Agua (2012)” de la comisión estatal del agua de Guanajuato es un programa Nacional Hídrico (PNH) 2007-2012, donde incorpora los objetivos, estrategias y metas que se establecen en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) en relación con el manejo y preservación del agua, cuyo objetivos rectores del PNH, se encuentra “incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable”, que es con el que se relaciona el Programa y menciona la necesidad de intensificar las acciones encaminadas incrementar la eficiencia física en la distribución de agua, ya que persisten pérdidas importantes por fugas en las redes, las cuales oscilan entre el 30 y 50%, se encuentra en la página 12.

En este libro Mejoramiento de la Eficiencia Física de los organismos Operadores de Agua (2012) de la comisión estatal del agua de Guanajuato, se dio la necesidad de originar el Programa por la demanda de agua para los diferentes sectores usuarios ha superado la disponibilidad natural de agua superficial y subterránea en las diferentes regiones del Estado. Conforme a la información de la red de monitoreo de la CONAGUA y los estudios de la CEAG, los principales cuerpos de agua presentan un cierto grado de contaminación. Estas circunstancias afectan diferentes aspectos del desarrollo sustentable.

Por un lado, el déficit de agua limita el desarrollo económico y dificulta el acceso de la población más desfavorecida al recurso y por otro la sobreexplotación de los mantos acuíferos y la contaminación, traen consigo el desequilibrio de los ecosistemas y afectaciones a la

biodiversidad. Cuando se refiere que la demanda ha superado a la disponibilidad natural de agua, significa que no se está haciendo un uso sustentable del recurso.

En ese sentido lo importante es identificar las causas por las que los usuarios o sectores de usuarios no están haciendo un uso eficiente del agua que permita reestablecer el equilibrio natural de los sistemas hídricos.

De acuerdo con los datos del diagnóstico, los tres principales usos que en conjunto aprovechan el 98.6% del volumen de agua en Guanajuato, son el público urbano, el agrícola y el industrial. El 1.4% restante corresponde a otros usos consuntivos como el pecuario, generación de energía y servicios principalmente.

La problemática en general para los Organismos Operadores de agua en cuanto a su eficiencia física se puede traducir de la siguiente manera: del 100% de volumen producido, el 40% son de pérdidas físicas, un 14.4% de pérdidas comerciales, que se traduce en un total de 54.4% de agua no contabilizada principalmente a causa de fugas en las redes, pérdidas comerciales por tomas clandestinas, errores de micromedición, incidencias en la toma de lecturas.

La otra parte corresponde a causas que provocan que, del volumen facturado, el 25.8% no se cobre. Combinadas las eficiencias físicas (45.6%) y comercial (74.2%) se llega a que la eficiencia general promedio de los organismos operadores de Guanajuato sea del 33.8%, lo que significa que de cada 100 m³ producidos, se cobran 34 m³, con relación al agua no contabilizada, el mayor porcentaje se debe a las

pérdidas físicas. Como se comenta en supra líneas, se estima que en promedio se pierde el 40% del agua que se extrae de las fuentes de abastecimiento en las redes de distribución y las tomas domiciliarias.

Las causas de este porcentaje de fugas son variadas, y van desde la mala calidad de los materiales empleados en la instalación de tomas, procesos constructivos inadecuados y la antigüedad de las instalaciones hasta deficiencias en la operación que redundan en una mayor incidencia de fugas, se encuentra en las páginas 18 y 19. Ver la figura 2.9

Figura 2.9 Operación que redundan en una mayor incidencia de fugas



Fuente: CEAG

- Monografías

En esta monografía: “Reducción de Pérdidas en Sistemas de Agua Potable (1997)”, nos aclara con respecto a la explotación de los sistemas de agua potable en Chile, es realizada por empresas en las que el Estado

es el principal accionista y, por empresas privadas, todas las cuales operan con economías de escala y constituyen monopolios naturales.

Con el propósito de que los consumidores paguen un precio eficiente por el servicio recibido y no se generen costos sociales netos derivados de la acción monopólica, la Superintendencia de Servicios Sanitarios fija la tarifa máxima que cada empresa puede cobrar. Donde la ley establece que el cálculo de esta tarifa se realice simulando cada sistema con una empresa modelo que recién inicia su operación con costos marginales y medios de explotación eficientes, incluyendo un nivel máximo admisible de pérdidas.

Este nivel máximo es del 20% para sistemas de captación superficial, y del 15% para los de captación subterránea. Por lo tanto, no influye en la tarifa la situación real de pérdidas que presenta el sistema explotado por la empresa en su área de concesión.

Ahora los proyectos de reducción de pérdidas se ejecutan principalmente en (i) la red de distribución, para disminuir los volúmenes de fugas de agua (ya) potable en sus tuberías, y (ii) en el proceso de comercialización, para disminuir los errores de medición y los consumos clandestinos. Otros proyectos de reducción de pérdidas se relacionan con mejoramientos en la gestión de las actividades que las empresas habitualmente ejecutan para el control de otras pérdidas, se encuentra en la página 6.

En esta monografía Reducción de Pérdidas en Sistemas de Agua Potable (1997), se basa en el origen de las pérdidas que se producen en la red de distribución pueden clasificarse como (i) físicas y (ii)

operacionales, además de los consumos operacionales. La magnitud de estas pérdidas se calcula realizando balances de agua, utilizando información proveniente de medidores de caudal instalados en el sistema. Estas pérdidas físicas corresponden a los volúmenes de agua que se pierden como consecuencia de fallas en la infraestructura física instalada: fisuras, roturas y filtraciones.

Las causas de estas fallas pueden ser: (i) factores sobre los cuales se pueden ejercer acciones de control, tales como presiones máximas, calidad de los materiales, procesos constructivos y estado de conservación de los materiales y elementos estructurales, y (ii) factores externos no controlables, tales como características del agua y de los suelos, siniestros provocados por terceros, efectos de las raíces de los árboles sobre las tuberías y presiones externas, entre otras.

También las pérdidas operacionales corresponden a los volúmenes de agua que son desechados debido a la operación misma del sistema, y se manifiestan en rebalses en estanques y desagües en cualquiera de las instalaciones de la red de distribución. También existen los llamados consumos operacionales, que corresponden a los volúmenes de agua que son utilizados con el objetivo de cumplir un propósito operacional y, por lo tanto, constituyen una pérdida intrínseca para su funcionamiento, que puede ser excluida del volumen de pérdidas totales del sistema.

Los consumos operacionales más importantes ocurren en el lavado de filtros y estanques en las plantas de tratamiento, y en el lavado de los estanques de las redes de distribución. Las pérdidas y consumos

operacionales no serán abordados en este estudio, se encuentra en la página 7.

El autor Xitlali Virginia Delgado Galván en la tesis doctoral: “Aplicación del Método de Jerarquías Analíticas (AHP) a la Gestión de Pérdidas de Agua en Redes de Abastecimiento (2011)”, nos aclara la problemática existente con respecto a las pérdidas de agua en la red de abastecimiento, uno de los mayores problemas que, debe enfrentar una empresa de suministro, es tomar la decisión más adecuada y que sea más cercana a la realidad de la empresa de suministro, la red de abastecimiento, los usuarios y el entorno; es preciso, considerar la mayor cantidad de elementos que integran la problemática de las fugas y su gestión.

Las fugas, en los sistemas de distribución de agua están provocadas por todos aquellos fallos en las tuberías, accesorios o tanques de almacenamiento que, provocan una pérdida de agua.

En todos los sistemas de abastecimientos existen fugas; ya en el año 1892, Hope y Bircumshaw (según Puust, R. et al., 2010) consideraban que, no existe sistema de abastecimiento sin fugas de agua y que para todas estas empresas de abastecimiento, es recomendable invertir cierta cantidad de recursos para mitigar estas pérdidas.

La cantidad de agua que se pierde por fugas en las redes de distribución de agua potable representa para los gestores de las empresas de abastecimiento uno de los mayores desafíos a los que deben enfrentarse, no solamente por el costo del agua que se pierde, sino porque esa agua lleva implícita una serie de costes adicionales e, incluso

conlleva impactos en la sociedad y el medio ambiente, se encuentra en las páginas 20 y 33.

El autor Xitlali Virginia Delgado Galván en la tesis doctoral Aplicación del método de jerarquías analíticas (AHP) a la gestión de pérdidas de agua en redes de abastecimiento (2011), nos menciona que, las pérdidas de agua en los sistemas de distribución ocurren durante todo el proceso, desde la fuente de extracción, hasta el punto de medición y consumo. El punto de consumo es aquel punto de conexión en la tubería donde comúnmente se encuentra colocado el medidor de consumo. Este puede variar dependiendo del país o de la región de un país, ya que puede encontrarse dentro o fuera de la vivienda. En los casos de ausencia de medidor de consumo, el punto de consumo será el punto donde se conecta la tubería del usuario.

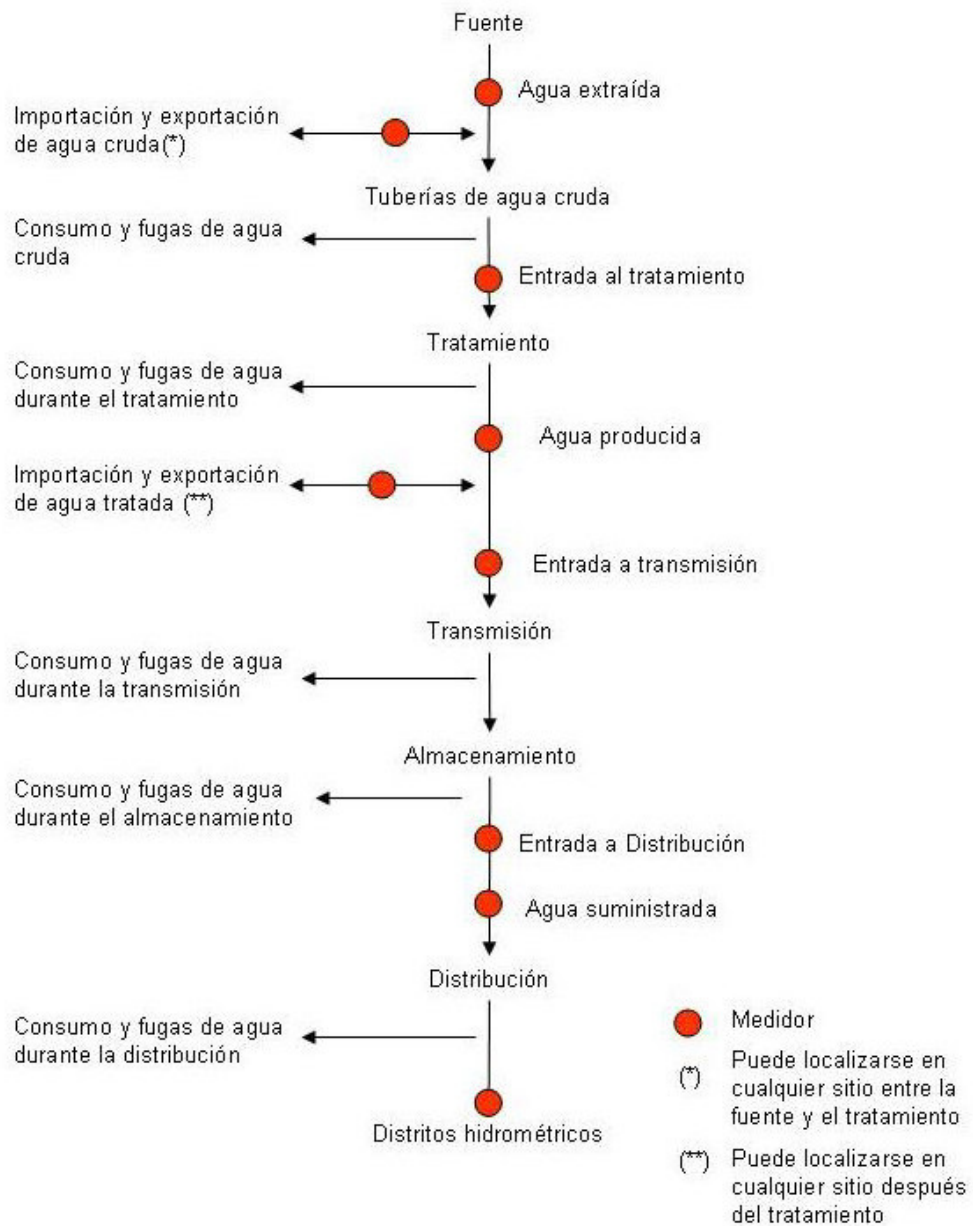
En el caso de hidrantes, el punto de consumo es el mismo hidrante. En virtud de estas diferencias sobre la ubicación del punto de consumo, se tienen también discrepancias sobre las pérdidas de agua que ocurren después del punto de consumo. Sin embargo, algo en lo que se coincide en la práctica internacional es en la consideración dada a estas pérdidas como parte del consumo, motivo por el cual quedan excluidas de los cálculos de pérdidas en los balances de agua. Han sido identificadas las principales causas de fugas, las cuales son:

- a) Materiales inadecuados, de mala calidad y defectuosos.
- b) Roturas de tuberías, ocasionadas por deficiencias en la mano de obra.

- c) Errores de operación, que se traducen en exceso de presión, cierre muy rápido de válvulas, entre otros.
- d) Corrosión interna debido a la agresividad del agua, o externa por la deficiente protección contra la agresividad del suelo o el agua.
- e) Daño premeditado o accidental.

Las tasas individuales de fugas dependen del tamaño del agujero, rotura, grieta y el sistema de presión. Cabe recordar que las pérdidas de agua también ocurren en los tanques de almacenamiento, debido a fugas o desbordamientos. Para calcular el volumen total de agua perdida en un año, no solo hace falta conocer la tasa de fugas, sino también la duración de las mismas, así como otros datos al respecto. De manera gráfica se puede observar lo que sucede en la cadena de entradas y salidas de la red de distribución de agua potable en la figura 2.10, se encuentra en las páginas 37 y 38.

Figura 2.10 Entradas y salidas de la red de distribución de agua (Información del Autor)



El autor Xitlali Virginia Delgado Galván en la tesis doctoral Aplicación del método de jerarquías analíticas (AHP) a la gestión de pérdidas de agua en redes de abastecimiento (2011), nos aclara los costes relacionados con las fugas, tomando como ejemplo los costes de instalación, se puede tener una idea cercana respecto a los costes de reparar, renovar o reemplazar segmentos de tubería.

Según Stephenson (1989) y Huges (2002), al analizar los costes de instalación de tuberías, la tubería por sí sola puede representar hasta un 50% del coste de inversión, lo cual puede reducirse en virtud de los nuevos materiales desarrollados. La excavación comprende un 20%; esto depende del terreno y de las técnicas de excavación empleadas. La instalación y ensamble equivalen a un aproximado 5%, que puede ser mayor si se requiere una mano de obra adicional. El ajuste implica otro 5%. El recubrimiento y protección representan un 2%. Las estructuras, cámaras de válvulas y anclajes comprenden otro 2%. Las protecciones contra el golpe de ariete un 1%. La adquisición de tierras para caminos de acceso, estructuras de seguridad o construcción de vallas, protección catódica representan un 1%. Los costes de investigación e ingeniería equivalen a un aproximado del 5%. Los costes administrativos un 1%. Y finalmente, los intereses durante la construcción comprenden un 3%. Con la creciente preocupación sobre calidad del agua, es de esperar que los costes de infraestructura de tratamiento de agua aumenten en un futuro, en lugar de disminuir (Burn et al., 2002).

El objetivo primordial de la realización de un análisis de costes es procurar que, la inversión que se lleve a cabo, sea la más conveniente técnica y económicamente para la empresa de abastecimiento y para sus usuarios.

Se pretende que el dinero invertido provoque los mayores beneficios posibles, y para ello debe analizarse las opciones de solución al problema y tomar la mejor decisión. Hughes (2002) recomienda realizar un análisis basado en el cálculo de los costes de reparación en un

segmento de la red bajo la consideración de servicio anticipado de vida. El coste es calculado a valor presente, considerando las reparaciones por el año en que han ocurrido y los costes proyectados en que se incurran.

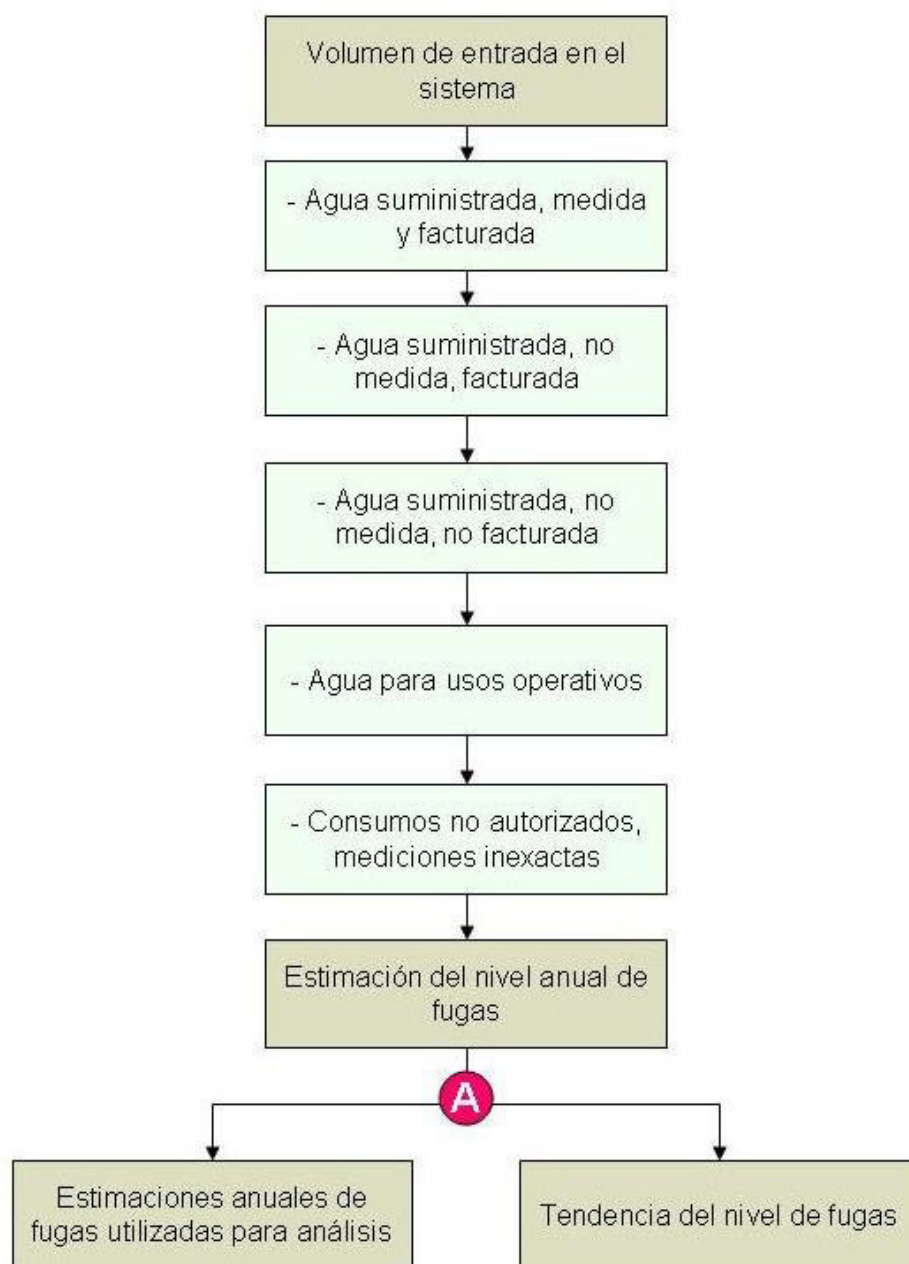
En otras palabras, los costes de reparación en los que se incurre son descontados al nivel de precios en que se realiza el análisis. Los costes de reparación proyectados sobre los costes anticipados restantes en el periodo de análisis son descontados al mismo nivel de precios. Una consideración que tiene un impacto importante en el coste, es la gran cantidad de pérdidas de agua que ocurren en redes de distribución viejas.

A medida que la red envejece, se deteriora y las fugas en las uniones, así como la corrosión, aumentan, hasta el punto en que los costes variables de energía eléctrica para bombear el agua y los tratamientos químicos aumentan de manera considerable, se encuentra en las páginas. 41, 42 y 43.

El autor Xitlali Virginia Delgado Galván en la tesis doctoral Aplicación del método de jerarquías analíticas (AHP) a la gestión de pérdidas de agua en redes de abastecimiento (2011), nos menciona el caso del método de estimación del nivel actual de fugas de arriba hacia abajo, a partir del volumen de agua que, se introduce en el sistema de distribución en el punto de producción, se deducen los volúmenes correspondientes al agua suministrada, medida y facturada; agua suministrada no medida y facturada; agua suministrada no medida y no facturada; agua para usos operativos; de la misma forma, se deducen los conceptos de mediciones inexactas, consumos no autorizados, entre otros, que no impliquen fugas de agua.

Finalmente se tiene como resultado una estimación del nivel actual de fugas de la red de suministro de agua potable. A decir verdad, lo que se plantea es la realización de un balance de agua, se encuentra en las páginas 58 y 59. Ver figura 2.11.

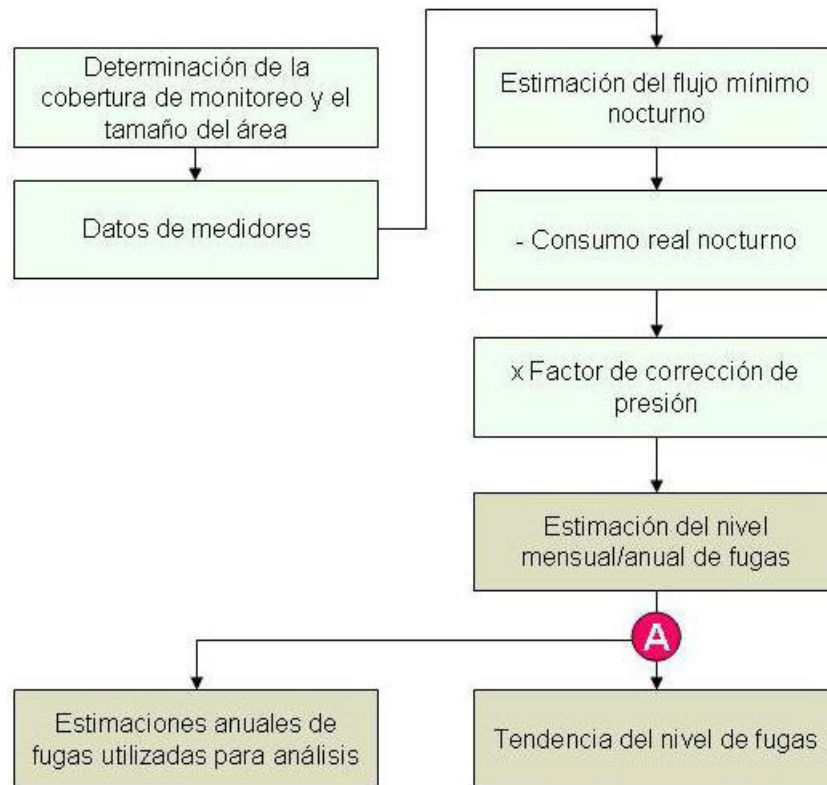
Figura 2.11. Diagrama de flujo del método de arriba hacia abajo para la determinación del nivel actual de fugas



El autor Xitlali Virginia Delgado Galván en la tesis doctoral *Aplicación del método de jerarquías analíticas (AHP) a la gestión de pérdidas de agua en redes de abastecimiento* (2011), nos menciona el método, el nivel actual de fugas se estima partiendo del flujo mínimo nocturno que, es la tasa de flujo en una red o en un distrito hidrométrico, durante el periodo de demanda mínima en una noche determinada. A este valor debe restarse el consumo real nocturno, el cual equivale a la parte del flujo mínimo nocturno que es efectivamente consumida por los usuarios.

En el caso de existencia de micromedidores, el valor es obtenido de la medición de los mismos, y en ausencia de éstos, el consumo debe ser estimado. La diferencia entre el flujo mínimo nocturno y el consumo real nocturno debe ser multiplicada por un FCP, que es el factor dependiente de hora/día que se utiliza para ajustar la presión media nocturna de una zona a la presión media diurna, se encuentra en las páginas 59 y 60. Ver figura 2.12.

Figura 2.12 Diagrama de flujo del método de abajo hacia arriba para la determinación del nivel actual de fugas



2.2. Bases Teóricas especializadas sobre la investigación – Nacionales

- Proyectos

La empresa SEDAPAL, se enfoca en el Proyecto: “Fortalecimiento de Capacidades en Gestión del Agua No Facturada del Servicio de Agua Potable (2015)”, establece el trasfondo del proyecto en el sistema de agua potable de la ciudad de Lima, se encuentra en un avanzado deterioro por su antigüedad y la optimización de la red de distribución de agua a través de la subdivisión del sistema en bloque no solo no ha avanzado, sino que tampoco se lleva a cabo un adecuado control de la presión hidráulica por medio de sub sectores de distribución.

Debido a causas como las frecuentes fugas y robos de agua, la baja tasa de instalación de medidores y la antigüedad de los mismos, la tasa de Agua No Facturada (ANF) en Lima Metropolitana a la fecha de diciembre de 2014 alcanza a cerca del 50% en las zonas más críticas y en Lima en general llega también a la alta tasa de 29,1%. Pero frente a esta situación, Japón viene brindando la cooperación financiera a través de préstamos en yenes con la finalidad de contribuir al mejoramiento del sistema de agua potable de Lima Metropolitana. Por medio de estos préstamos en yenes y la cooperación financiera de las otras entidades cooperantes, en parte del área de Lima Metropolitana se ha avanzado el acondicionamiento de la red de conducción y distribución de agua, sin embargo, en muchas zonas se requiere un tratamiento sintomático del ANF e incluso en las zonas donde ya se han acondicionado las redes de distribución de agua, se necesita tomar medidas preventivas ante la “reaparición de las fugas” que se generarán en el futuro.

El sistema de ejecución del Proyecto fue organizado en 2 Equipos de Acción para la implementación de proyectos piloto por los miembros de 2 Centros de Servicios, Centro y Sur, donde existen áreas piloto, y los miembros del Equipo de Control y Reducción de Fugas, perteneciente a la Gerencia de Distribución Primara. En el presente Proyecto se llevaron a cabo actividades para desarrollar la capacidad del Equipo de Gestión y de estos 2 Equipos de Acción en forma directa, pero mediante la capacitación de tipo OJT, por lo que se involucraron muchas otras personas durante la ejecución del Proyecto, se encuentra en las páginas 16, 20.

La empresa SEDAPAL se enfoca en el Proyecto de Fortalecimiento de capacidades en Gestión del Agua No Facturada del Servicio de Agua Potable (2015), el autor nos indica, equipos portátiles y materiales donados a SEDAPAL para ser utilizados en las actividades del Proyecto, es tal como se muestra en la tabla de abajo. El mantenimiento de todos estos equipos es realizado por el Equipo de Control y Reducción de Fugas, se encuentra en las páginas 37 y 38. Ver la tabla 2.4

Tabla 2.4 Equipo de detección de fugas

No.	Nombre
1	Correlador de multipuntos tipo registrador
2	Detector de fugas de agua tipo acústico
3	Detector de tubos no metálicos
4	Barra de escucha electrónica
5	Barra de escucha
6	Medidor de distancia (metro analógico)
6	Martillo perforador
7	Broca de perforador
8	Barra de perforación
9	Generador eléctrico
10	Sensor hidrófono

La empresa SEDAPAL se enfoca en el Proyecto de Fortalecimiento de capacidades en Gestión del Agua No Facturada del Servicio de Agua Potable (2015), el autor identifica los problemas sobre las medidas actuales para la reducción del ANF (Agua No Facturada), con el objeto de conocer la situación actual sobre las medidas de reducción del ANF que, realiza cada unidad de trabajo de SEDAPAL, se hizo la entrevista en la oficina matriz de SEDAPAL y en las diferentes gerencias, así como un

estudio de campo en las áreas candidatas del proyecto piloto y en los sitios donde se realizan obras de reparación de fugas de agua y se creó el Método de detección de fugas de agua, de manera el 20 hasta el 27 de 2013 se hizo la confirmación hidráulica del sector 18 utilizando el detector de fugas.

SEDAPAL confirmaba hasta ahora la separación completa del sector por el drenaje completo del agua de las tuberías de abastecimiento, sin embargo, este método provocaba el problema de desabastecimiento de agua a los habitantes y, además de producir un aumento del ANF. Se probó el presente método mejorado para detectar los puntos no separados por completo mediante el equipo de detección de fugas.

Como resultado de esta prueba en las tuberías de distribución y válvulas de comunicación emergentes ubicadas en los límites con los sectores colindantes, no se identificaron puntos sospechosos de separación incompleta. Durante la investigación, se detectaron fugas en 9 lugares, cuyas reparaciones se realizaron en noviembre de 2013, ya que se decidió llevarlas a cabo después del establecimiento de la línea de base, se encuentra en la página 88. Ver tabla 2.5.

Tabla 2.5 Componentes del programa de capacitación (tentativos)

Clasificación	Componentes del programa
Plan de reducción del ANF	<ul style="list-style-type: none"> • Definición del agua no facturada (ANF), Medidas contra pérdidas físicas, Medidas contra pérdidas comerciales, Medidas básicas
Técnica de detección de fugas y uso de equipos para detección	<ul style="list-style-type: none"> • Asesoramiento de elaborar el plan de trabajo para la detección de fugas (trabajo de selección y detección, e inspección de campo) • Tipos del equipo de detección de fugas y método de su manejo • Aplicación del método de medición de caudal mínimo nocturno • Métodos de trabajo para la detección del lugar de fuga (método de detección acústica, método de correlación en 2 puntos y multipuntos) • Método de trabajo para la detección del lugar de tubería enterrada • Método de trabajo para la detección del lugar de tubería enterrada
Fabricación de equipos de detección de fugas	<ul style="list-style-type: none"> • Enseñanzas para la manufactura del equipo portátil de medición de caudal electromagnético • Enseñanzas para la manufactura del equipo de detección de fugas (barra acústica)
Medición del caudal y presión	<ul style="list-style-type: none"> • Medición con caudalímetro electromagnético y ultrasónico • Método de medición con datalogger • Medición de distribución de presiones dentro del sector

El autor EPS (Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento) del Proyecto de Reducción de Pérdidas de Agua en Tacna, Perú, Programa de Reducción de Pérdidas de Agua en Ciudades de Provincias (2016), se enfoca en los lineamientos del proyecto del servicio: “Actualización del sistema de información georreferenciado de la EPS TACNA S.A.” se formula teniendo en consideración los siguientes lineamientos básicos: en la implementación de un sistema de información geográfico donde se integre y gestione los datos proveniente de: catastro técnico, catastro de clientes, modelo de simulación hidráulico de la red de distribución de agua potable y los datos provenientes del futuro sistema SCADA de la EPS TACNA S.A.

Los datos de búsqueda y reparación de fugas y roturas en la red, así como la información de las principales actividades operacionales y que se constituya como una herramienta de análisis y facilite la toma de decisiones a nivel operativo y gerencial. En el diseñar el modelo de datos

y arquitectura de sistema de información geográfica. Es integrar la información proveniente del servicio de catastro técnico, catastro comercial, modelación hidráulica, SCADA, histórico de búsqueda y reparación de fugas y roturas en la red, y las principales actividades operacionales de la EPS TACNA S.A.

En la implementación de los módulos de consulta espacial y en base de datos dentro de la plataforma SIG a desarrollar. En promover mejores prácticas en la gestión de datos, generación de reportes para la evaluación de la eficiencia en los diferentes procesos de la EPS TACNA S.A. En la implementación del uso de herramientas tecnológicas como terminales electrónicos portátiles, GPS en los portátiles, y software de manejo de bases de datos en las actividades de captura de información en campo y análisis de datos. En contribuir al mejoramiento y optimización de los flujos de trabajo y la comunicación entre las diferentes dependencias de EPS TACNA S.A. En promover y facilitar la implementación de las tecnologías más adecuadas para la gestión de bases de datos y de información geográfica en las áreas comerciales y técnicas de la EPS.

Los objetivos del proyecto es la contratación de una empresa especializada en el tema para la implementación de una solución de información geográfica a partir de las bases de datos existentes (catastro técnico de redes de agua, catastro de clientes, modelamiento hidráulico, SCADA) que cubra las funcionalidades detalladas en el presente documento, de tal forma que permita mejorar la eficiencia de los procesos actuales de la gestión comercial y operativa de la empresa en la

prestación de los servicios a sus clientes. Poder diseñar e implementar el sistema de información geográfica (SIG) para la EPS TACNA S.A., para la edición, consulta, análisis, generación de reportes y mapas temáticos de la información del catastro técnico, de clientes, modelación hidráulica y SCADA, detección de fugas y actividades operacionales de la EPS.

El SIG a desarrollar se perfila como el sistema de referencia único para la información de la infraestructura de la EPS TACNA S.A., de tal forma que se podrá disponer de la información de tipo geográfica de modo amigable, oportuno, consistente y actualizado.

Adicionalmente la ejecución del contrato debe permitir el logro de los siguientes objetivos específicos: Estandarización de datos y desarrollo de aplicativos a nivel desktop (escritorio) y web que permitan automatizar la creación y mantenimiento de la información cartografía, el catastro técnico de redes, el catastro de usuarios, el modelo hidráulico de la red de agua potable, garantizando una mejor gestión de los metadatos que contribuyan con la administración de base de datos, estándares de intercambio, interoperabilidad e integración de datos básicos y temáticos. Reducir tiempo, costos y esfuerzos en la gestión operativa y comercial; acelerando y haciendo más eficiente la toma de decisiones y la atención a los clientes, para incrementar el acceso a los servicios actuales de agua potable de la ciudad. Diseñar el modelo de datos y la arquitectura del sistema de información geográfico que integre la información de: catastro técnico, catastro de usuarios, modelo hidráulico de la red de agua potable y estaciones remotas del futuro sistema SCADA, el inventario de

reparación de fugas y roturas, así como las principales actividades operacionales de la EPS TACNA S.A.

Desarrollar e implementar aplicaciones de consulta del SIG vía Web que contribuyan a mejorar la comunicación entre las diferentes áreas de la empresa para la toma de decisiones en beneficio de la población a fin elevar la calidad de los servicios y modernizar la gestión, cumpliendo satisfactoriamente con las exigencias de los organismos reguladores.

El contratista usará el software licenciado GIS con el que cuenta la EPS TACNA S.A., el demás software necesarios para la implementación del sistema de información geográfica serán propuestos y proveídos por el contratista y además deberán asegurar la integración de los sistemas mencionados, que sea escalable para poder ampliar e integrar a futuro otros sistemas de la EPS.

Garantizar la integración de la cartografía base, el catastro técnico, el catastro comercial, las actividades operativas, permitiendo de esta manera soportar y gestionar el incremento de nuevas redes, conexiones de agua potable. Definir los niveles de acceso de usuarios según perfiles predeterminados: usuarios de consultas básicas, usuarios de aplicación, usuarios de consulta avanzada, usuarios de actualización/edición, usuario administrador. Visualización de la totalidad de los clientes conectados, clientes potenciales, clientes con servicio cortado, predios sin servicio, y clientes conectados de manera irregular al sistema de abastecimiento de agua y reportarlos a la EPS TACNA S.A.

Visualización de la red primaria y secundaria a nivel de capas.
Visualización de los elementos hidráulicos de la red: planta de tratamiento, pozos, reservorios, líneas de impulsión, de aducción, de conducción, etc. y sus respectivos atributos, se encuentra en las paginas 23, 24 y 25.

- **Artículos**

El autor establece a través del Plan: “Ecoeficiencia en el uso del Agua Potable y Análisis de su Calidad en las Áreas Académicas y Administrativas de la Universidad Nacional Agraria la Molina (2014)”, se enfoca que, el Perú también promueve la ecoeficiencia. Así como parte de las estrategias a aplicarse en el sector público, se promulgó la Ley N° 29289 “Ley de Presupuesto del sector público para el año fiscal 2009”, donde se determinó que todas las entidades del estado debían adoptar medidas de ecoeficiencia en: energía, agua y papel (Diario Oficial El Peruano, 2008). Asimismo, en el 2009 mediante el Decreto Supremo N° 009-2009 el MINAM estableció las Medidas de Ecoeficiencia para el Sector Público, considerando estas medidas como una mejora continua del servicio público, usando menos recursos y generando menos impactos al ambiente, lo cual se traducirá en un ahorro económico para el Estado. Ahora Según el Decreto Supremo N° 009-2009-MINAM, Medidas de Ecoeficiencia para el Sector Público, en sus Artículos 3° y 4° indican que se debe realizar un control de fugas, disponer de avisos sobre el buen uso de los servicios, observar las averías sanitarias, criterios para el riego de los jardines y la implementación progresiva de dispositivos ahorradores de agua en los servicios

higiénicos. (Diario El Peruano, 2009). Donde se involucrar a las autoridades, de manera que puedan tomarse decisiones y se disponga de los recursos necesarios a fin de implementar un plan para lograr el uso ecoeficiente del agua. Es debido a que, en los análisis fisicoquímicos realizados al agua de la UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina), reflejan su alta dureza, se deben realizar tratamientos al agua que permitan la mejor conservación de las instalaciones, de esa manera se evitará su rápido deterioro y en consecuencia se podrán evitar fugas de agua, se encuentra en la página 2.

La SUNASS como autor de: “Guía del Usuario para el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (2018)”, nos dice que, es frecuente que dejemos el caño abierto mientras realizamos diversas actividades en el hogar, centro de trabajo y/o estudios, o no detectar a tiempo las instalaciones sanitarias con fugas de agua o en mal estado perdiendo, sin darnos cuenta, una gran cantidad de agua.

Ahora las etapas del procedimiento del reclamo en las EPS (Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento), es la etapa en la cual se dispondrá la realización de pruebas según el tipo de reclamo. Así, por ejemplo, en el caso de reclamos por consumo elevado, se requiere de una inspección interna y externa, para determinar si existen fugas dentro del predio o en la caja del medidor, y de la contrastación del medidor, para determinar si el medidor de consumo está operando en condiciones normales.

En el caso de reclamos por tipo de unidades de uso se requiere de la inspección interna, para determinar la actividad que se desarrolla en el predio. El día y la hora donde se realizará la inspección, debe ser comunicado por la EPS al reclamante con una anticipación de al menos dos días hábiles y su realización no debe durar más de dos horas.

Los resultados se registrarán en un acta cuya copia se entregará al usuario o la persona que se encuentre presente durante la constatación, se encuentra en la página 10.

El ministerio de vivienda construcción y saneamiento estable la Propuesta de Bases para una Política Nacional de Saneamiento: Logros, experiencias compartidas y diálogo de política (2016), donde nos establece que, el modelo de gestión municipal urbano a colapsado en la infraestructura de las redes de agua se encuentra en malas condiciones.

La densidad promedio de rotura de redes de agua potable Definido como el número de roturas de redes de agua potable / longitud promedio de redes de agua potable es de 0.66 roturas por kilómetro de red, registrando valores entre 0.1 y 6.8 roturas/km. Esto se produce por la falta de un mantenimiento periódico a las redes, que se traduce en un servicio de baja calidad a los usuarios y en pérdida de agua.

Por ejemplo, en Lima se registra hasta el 50% de pérdidas del agua alimentada en la red debido a fugas en las tuberías e insuficiente mantenimiento (GIZ, 2011). En consecuencia, se genera una mayor demanda de recursos para la conservación de las redes, que de no ser atendida puede llegar hasta la reposición de las mismas, incurriéndose en un costo mayor.

La tarifa promedio de agua potable es de S/ 2.24 por m³, con tarifas que van desde S/0.15 hasta S/ 3.09, mostrando un alto nivel de heterogeneidad que se puede explicar por los elevados costos de atender a la población dispersa, ineficiencias en la misma gestión, altos costos de mantenimiento, desaprovechamiento de economías escala, entre otros. El volumen de agua no facturada asciende a 36% del volumen producido, cabe resaltar que se encontraron EPS con altos porcentajes de agua no facturada a pesar de tener bajas tarifas.

Por último, se registra un nivel de morosidad promedio de 1.9 meses, pero aún existen cinco que superan los 3 meses llegando incluso a los 14 meses¹⁵, lo que muestra cierto nivel de incapacidad para el cobro del servicio a los clientes, se encuentra en las páginas 39 y 40.

En el artículo de gestión económica, nos informa que SEDAPAL redujo a 27.83% nivel de agua no facturado (2014), donde nos menciona que la empresa instaló 52,285 medidores en los primeros seis meses del año, además clausuró alrededor de 140 conexiones clandestinas de agua en diversos distritos de la capital. Así Sedapal redujo a 27.83% el nivel de Agua No Facturada (ANF) a junio del 2014, lográndose ubicar en el promedio de sus similares en Latinoamérica como Aguas Andinas, de Chile; Acueducto, de Colombia; o Sabesp Sao Paulo, de Brasil.

Según el cuadro comparativo de indicadores del 2013, SEDAPAL se ubicó con 28.99% en ANF, en mejor ubicación que la empresa Acueducto, de Colombia que obtuvo 34.61%, mientras que Aguas Andinas de Chile mantuvo un promedio de 27.22%. Un año antes, a fines del 2012, la empresa obtuvo 30.78% en ANF, mientras que Acueducto de

Colombia registró 35.16%, Aguas Andinas 28,79%; y Sabesp Sao Paulo, de Brasil, 31.55%.

Hay que destacar que "Agua No Facturada", no es equivalente a "fugas y pérdidas de agua en las redes", como se suele relacionar. En este indicador se considera el agua que no se factura, es decir, el que se utiliza para pruebas de obras, incendios; las conexiones clandestinas, medidores con subregistro, pérdidas físicas, entre otros.

La empresa ha realizado diversas acciones para reducir el nivel de Agua No Facturada. De esta forma, en los 6 primeros meses de este año SEDAPAL instaló 52,285 medidores, con lo cual se puede recuperar un volumen de 227,142 metros cúbicos de agua, aproximadamente, que equivale al abastecimiento de 630 familias anualmente. En los últimos seis meses, SEDAPAL clausuró alrededor de 140 conexiones clandestinas de agua en diversos distritos de la capital. El mayor número de ellas se registró en distritos como Ate, Chorrillos, Puente Piedra, Comas y San Juan de Miraflores.

El volumen de agua potable recuperado a través de la clausura de las conexiones clandestinas asciende a más de 18,000 metros cúbicos, cantidad de agua que permitiría abastecer mensualmente a más de 300 familias que aún no cuentan con el servicio, informó un representante de la empresa.

Para fines de año, SEDAPAL tiene proyectado recuperar con la clausura de conexiones clandestinas, más de 40,200 metros cúbicos de agua potable, por lo que intensificará las acciones para clausurar las conexiones clandestinas en Lima y Callao. SEDAPAL invocó a la

población a denunciar a quienes hurtan agua a través de conexiones clandestinas, debido a con esta acción afectan el normal abastecimiento de agua potable, principalmente en las horas de mayor consumo. Además, se exponen a ser denunciados por la empresa debido a que el uso de conexiones clandestinas es considerado delito contra el patrimonio en la modalidad de hurto se encuentra en la dirección <https://gestion.pe/economia/sedapal-redujo-27-83-nivel-agua-facturada-67908>.

- **Libros**

En este libro a través del Ministerio de Ambiente, Universidad del Pacífico y UNEP establecieron: “La Evaluación de Necesidades Tecnológicas ante el Cambio Climático (2012)”, donde nos indica las tecnologías prioritarias para la adaptación al cambio climático: como los Recursos Hídricos que van ser identificación y clasificación de lista larga de tecnologías que es la adaptación en el sector de recursos hídricos ofrece muchas oportunidades para lo que se conoce como “acciones de las cuales no hay que lamentarse”, debido a que éstas generarían beneficios sociales y económicos netos independientemente de si se produce o no el impacto del cambio climático (ANA, 2010) (Elliot, et.al., 2011). Es decir, este tipo de acciones genera impactos positivos de cualquier modo, como, por ejemplo, en la mejora de la salud de la población, en la reducción de la contaminación o eventualmente en la mejora de la eficiencia productiva que reduce costos, se encuentra en las páginas 171 y 172. Ver tabla 2.6.

Tabla 2.6 Tipologías de medidas de adaptación relacionada a recursos hídricos

Fuente: Elliot, et.al. (2001)

Tipologías	Tecnologías
Conservación de agua	- Artefactos para un uso eficiente del agua - Detección y reparación de tuberías de aguas (fugas)
Control y captura de agua de lluvias intensas	- Recolección de agua de lluvias (micro y pequeños reservorios) - Recolección de agua de techos

En este libro a través del Ministerio de Ambiente, Universidad del Pacífico y UNEP establecieron La Evaluación de Necesidades Tecnológicas ante el Cambio Climático (2012), donde la recolección de las canaletas que recolectan el agua se adosa fuertemente a los bordes más bajos de los techos y evitando las pérdidas de agua. Se recomienda un ancho mínimo de canaleta de 75 mm y máximo de 150 mm y la velocidad de agua en ellas no debe superar los 1 m/s.

El material de las canaletas debe ser liviano y resistente, y que se acople entre sí con facilidad para reducir fugas. Se puede utilizar PVC, metálicas galvanizadas, bambú o cualquier otro material que no altere la calidad físico-química del agua recolectada, se encuentra en la página 206.

- **Monografías**

En la monografía desarrollada por defensora del pueblo a través del informe deferencial N°94 indica los Ciudadanos sin Agua: “Análisis de un Derecho Vulnerado (2005)”, establece que, la transparencia en la medición y facturación del consumo va ser gran parte de los reclamos presentados a la Defensoría del Pueblo por los usuarios están asociados, a la medición y facturación del servicio público de saneamiento.

Las quejas se relacionan principalmente con la instalación de medidores y el cambio en los sistemas de facturación. De acuerdo con SUNASS, los reclamos por consumo elevado representan el 80% del total de reclamos recibidos por dicho regulador.

La instalación masiva de medidores en las conexiones domiciliarias de agua potable tiene por objeto estimular una utilización racional del servicio y a permitir una facturación más justa y equitativa.

A este respecto, cabe destacar que la utilización racional del agua compromete tanto a los usuarios como a las empresas prestadoras, lo cual supone la necesidad de reducir las fugas no sólo en las instalaciones domiciliarias sino también a lo largo de las redes de las empresas. De allí la importancia que SUNASS estimule y supervise los esfuerzos de la empresa en esta dirección, ya que una mayor eficiencia en los sistemas de distribución deberá tener un efecto beneficioso para los usuarios.

En este sentido, así como se espera que los usuarios autorregulen su consumo y reparen las instalaciones internas para evitar fugas, se espera también transparencia en los procesos de contratación de los medidores. En sus comentarios a la versión preliminar de este informe SUNASS ha señalado lo siguiente: “si el local comercial no cuenta con un punto de agua, entonces no califica como una “unidad de uso” y, por lo tanto, no procede la facturación.

Si, por el contrario, el local comercial cuenta con un punto de agua, entonces constituye una “unidad de uso” y consecuentemente, procede la facturación, según el procedimiento señalado en el artículo 7.3 de la Resolución. Por lo tanto, es necesario que exista un punto de agua en el

local comercial que funcione dentro de un predio, a fin de que se aplique la tarifa de categoría comercial, no bastando con que el predio tenga conexión domiciliaria de agua potable.”, se encuentra en las páginas 56 y 57.

El autor Omar Eduardo Olivos Lara de la tesis: “Modelo Técnico Económico para la Toma de Decisiones de Renovación de Redes Secundarias de Agua Potable en la Zona Norte de Lima (2014)”, nos indica que existe una limitada calidad de servicio de agua potable, debido a restricciones en el control operacional al no contar con una sectorización implantada en el ámbito de la Gerencia de Servicios Norte de la EPS SEDAPAL, por las restricciones en cobertura y por el importante nivel de pérdidas, debido a un sistema de distribución secundaria de agua potable desde el punto de vista hidráulico deteriorado por la antigüedad y nivel mínimo de mantenimiento, por ende deficiente, lo que incide en la discontinuidad del servicio.

Asimismo, el deterioro de calidad de servicio, por limitaciones en gestión de mantenimiento, siendo el mismo solo. para realizar trabajos en mayor proporción del tipo correctivo, debido a las alta incidencias de roturas y fugas en las redes secundarias y conexiones domiciliarias de agua potable.

Ahora los sistemas de distribución de redes secundarias en la zona norte de Lima, presenta en la actualidad una suma de problemas como son: gran porcentaje de las tuberías han sobrepasado su periodo de vida útil, elevados niveles de pérdidas en las redes de agua potable,

funcionamiento hidráulico insuficiente, gran parte de las redes fueron instaladas sin supervisión técnica.

Esta investigación; buscará demostrar que aquellas tuberías de las redes secundarias de agua potable en la zona norte de Lima que no han cumplido 25 años de instaladas 1 deban ser en cualquier caso sustituidas aplicando para esta toma de decisiones de renovación un modelo técnico económico que incluya los costos de renovación de h:is redes, costos de reparación de roturas y fugas en redes y conexiones de agua potable, los costos asociados a los pérdidas de agua y consumo de energía, costos asociados a los problemas sociales y ambientales.

Las pérdidas reales (o pérdidas técnicas) comprenden las fugas ocurridas por daños en la hermeticidad de los tanques de almacenamiento y en los componentes del sistema de distribución como tuberías, conexiones prediales, accesorios de unión y de control de la red; sean estos escapes visibles y no visibles (FARLEY & TROW, 2003).

El volumen de pérdidas de agua potable asociado a las pérdidas reales depende de las políticas de reparaciones de la empresa y de las características de la red de distribución. Características tales como: la presión de servicio de la red de distribución, la frecuencia y los caudales promedios de las fugas y roturas, la cantidad de fugas visibles nuevas reportadas el tiempo transcurrido entre la notificación, localización y reparación de las fugas visibles y el nivel de fugas de fondo existente en la red de distribución.

Es debido a la diversidad de términos utilizados en un balance hidráulico para calcular las pérdidas de agua potable en un sistema de distribución, la IWA -Sociedad Internacional de Agua definió la terminología mostrada en la tabla 2.7, se encuentra en las paginas 34, 37, 40 y 41.

Tabla 2.7 Terminología propuesta por la IWA para ser utilizada en un Balance Hidráulico

Volumen suministrado al sistema de distribución	Consumo autorizado	Consumo autorizado facturado	Consumo medido facturado	Agua Contabilizada	
			Consumo no medido facturado		
		Consumo autorizado no facturado	Consumo medido no facturado	Agua No Contabilizada	
			Consumo no medido no facturado		
	Pérdidas de agua potable	Pérdidas aparentes	Consumo no autorizado		
			Errores de medición		
		Pérdidas reales	Fugas en la red de distribución		
			Fugas y reboses en tanques de almacenamiento (reservorios)		
	Fugas en acometidas				

2.3. Investigaciones internacionales de teorías pertinentes

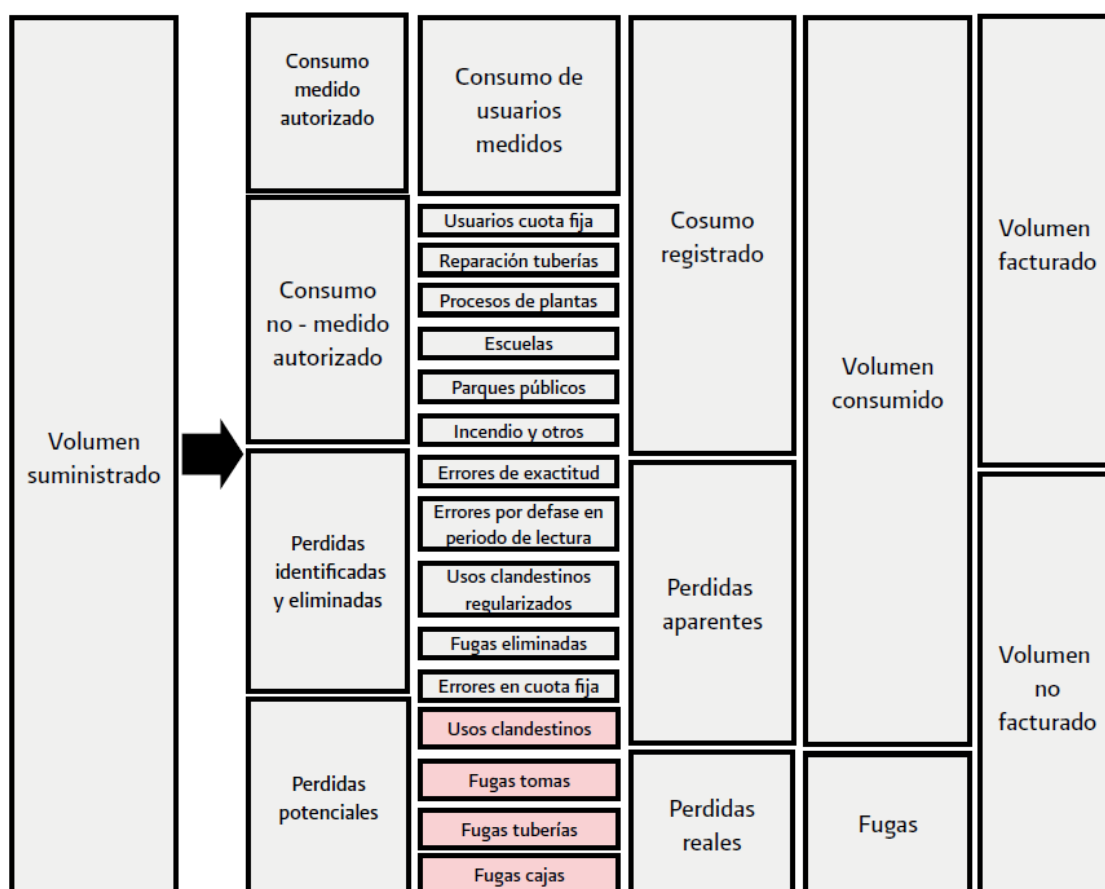
El gobierno federal de México a través SEMARNAT crean: “El Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable (2012)”, nos aclara la evaluación de ocurrencia de fugas que realiza mediante un método estadístico (Arreguin y Ochoa, 1997), con el cual se pueden estimar con suficiente aproximación y confiabilidad, la cantidad de agua perdida debido a fugas existentes en el sistema de distribución, discriminadas en tomas domiciliarias, tuberías y cajas de válvulas, así como también las variables físicas y de operación asociadas a dichas fugas, con lo cual se determinan los efectos y causas del problema.

El trabajo de campo consiste en aforar las fugas que se presentan en las tomas domiciliarias inspeccionadas en el primer muestreo. El aforo de fugas se realiza colocando un recipiente calibrado a un volumen establecido y midiendo el tiempo en que se llena. La eficiencia física determinada en buena medida la capacidad que tiene un sistema de abastecimiento para entregar el agua inyectada a la red hasta los usuarios y la magnitud del volumen de las fugas existentes.

Sin embargo, el valor de la eficiencia física no manifiesta de manera exacta el nivel de deterioro de las tuberías, tomas domiciliarias y otros elementos del sistema. Por esta razón, recientemente se promueve la aplicación de indicadores relativos, que dependen de la longitud, la presión media, el tiempo de servicio y el número de tomas domiciliarias que tiene la red de distribución.

El diagnóstico de la eficiencia física de un sistema de agua potable se elabora con base en el Balance de Agua, que es una técnica para auditar detalladamente la forma de administrar el suministro y el consumo de agua de un sistema de agua potable y discriminar las pérdidas reales de las aparentes, se encuentra en las páginas 29,30,49 y 50. Ver la figura 2.13

En la figura 2.13 Se presenta la estructura del balance de agua



El autor SEMARNAT, CONAGUA Y Gobierno de la Republica de México crean: “El Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Mejora de Eficiencia Comercia Libro 53 (2014)”, a través del desempeño Lambert (2002) indico que, cualquier discusión relativa a pérdidas de agua, debe ser precedida por una clara definición de los componentes del balance de agua, pues debido a la amplia diversidad de formatos y definiciones, surgida en años recientes, se había identificado la urgente necesidad de una terminología común internacional.

Explico que una de las razones por las que se continuaban presentando altos niveles de perdidas era la falta de un método estandarizado significativo para reportar y comparar el desempeño de las empresas de agua.

En ese sentido la International Water Association (IWA) se dio a la tarea de elaborar un método estándar internacional para la definición y cálculo de los componentes del balance, ver tabla 2.8, se encuentra en las páginas 36 y 37.

Tabla 2.8 Formato y terminología estándar internacional para el balance de agua (IWA, 2006)

Volumen que ingresa al sistema [m ³ /año]	Consumo autorizado [m ³ /año]	Consumo autorizado cobrado [m ³ /año]	Consumo medido cobrado (incluyendo agua exportada) [m ³ /año]	Agua rentable [m ³ /año]
			Consumo no medido cobrado [m ³ /año]	
		<i>Consumo autorizado no cobrado</i> [m ³ /año]	Consumo medido no cobrado [m ³ /año]	Agua no rentable (ANR) [m ³ /año]
			Consumo no medido no cobrado [m ³ /año]	
	Pérdidas de agua [m ³ /año]	Pérdidas aparentes [m ³ /año]	Consumo no autorizado [m ³ /año]	
			Inexactitudes de medición [m ³ /año]	
		Pérdidas reales [m ³ /año]	Fugas y derrames en tuberías de agua cruda y en procesos de potabilización (si aplica) [m ³ /año]	
			Fugas en tuberías de conducción y distribución [m ³ /año]	
	Fugas y derrames en tanques de almacenamiento de conducción y/o distribución [m ³ /año]			
		Fugas en conexiones domiciliarias aguas arriba del medidor [m ³ /año]		

El autor SEMARNAT, CONAGUA Y Gobierno de la Republica de México crean el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento,

Mejora de Eficiencia Comercia Libro 53 (2014), a través del desempeño del acuerdo con Lambert (2002), el balance de agua, es el método más básico y ampliamente utilizado para estimar el volumen de pérdidas reales, pero que esta siempre sujeto a algunos errores de cálculo debido a errores en los componentes individuales.

Establece que, las desventajas de estimar las pérdidas reales a través del balance solamente son:

- a) Este no indica los valores de sus componentes, o como estos son influenciados por las políticas de operación
- b) Cubre normalmente un periodo retrospectivo de 12 meses, por lo que tiene un valor limitado como sistema de alerta para la ocurrencia de nuevas fugas y roturas no reportadas.

Por lo anterior se recomienda que las pérdidas reales (físicas) sean además estimadas por los métodos adicionales de análisis de componentes, y análisis de flujos nocturnos, se encuentra en las páginas 36 y 37.

El autor giz, VAG y Ministerio Federal de Cooperación Económica y desarrollo crearon la Guía para la reducción de las pérdidas de agua (2011), donde los tubos y los accesorios de distintas dimensiones, material y edad se instalan bajo tierra donde están sujetos a una multiplicidad de factores que no se pueden registrar y controlar regularmente. Adicionalmente, Lambert y McKenzie puntualizan cuatro factores específicos al sistema que son clave para las pérdidas reales de agua, es decir, la longitud de las troncales, el número de conexiones de servicio, la ubicación del medidor del cliente y la presión operativa promedio en el sistema (cuando el sistema está presurizado). Estos factores varían de un sistema a otro. La multitud de

interacciones activas y pasivas entre los tubos y su entorno lleva frecuentemente a daños y fugas.

En términos simples, los activos de las redes de distribución de agua comprenden (a) tuberías y uniones, (b) válvulas y accesorios, y (c) tanques de almacenamiento y bombas. Las causas y factores que influyen las pérdidas de agua por lo tanto se pueden clasificar de acuerdo al tipo de activo. En el Diseño e instalación de la calidad de la mano de obra nos indica que los errores durante la fase de planeamiento pueden influenciar las fugas de los tubos como son los casos de mala elección de materiales, dimensionamiento insuficiente para la presión real, medidas de protección inadecuadas contra la corrosión o alineamiento incorrecto (por ejemplo, a lo largo de laderas tendientes a los deslizamientos de tierra o adyacentes a raíces de árboles).

El almacenamiento inadecuado puede dañar las tuberías incluso antes de su instalación. Las raíces del pasto pueden penetrar el revestimiento bituminoso de los tubos de acero.

La Causa frecuente de daño: si el material del lecho es áspero o rocoso puede malograr los revestimientos externos de tubos de acero o fierro forjado y causar corrosión.

Al Unir las tuberías deficientemente es una razón más para las fugas. Los tubos de acero soldados a menudo carecen de protección apropiada contra la corrosión interna y externa a lo largo de la costura de soldadura.

La presión creciente resultará en un caudal de fuga más alta proveniente de las fugas existentes y de una ocurrencia aumentada de nuevos estallidos de tubos y fugas a medida que sube la presión, las tasas de fuga se elevan a un nivel mucho más grande que lo que habría predicho la relación teórica de raíz

cuadrada entre las tasas de presión y de fuga. La presión baja puede complicar los esfuerzos de detección de fugas porque el agua tiene menos probabilidad de alcanzar la superficie. Además, los menores niveles de ruido provenientes de la fuga impiden que los métodos acústicos de ubicación de fugas funcionen y pueden causar tiempos de fuga más largos.

Las marcadas variaciones de presión dentro del sistema pueden llevar a la fatiga de materiales y así a la fuga, principalmente en tuberías de plástico. Los aumentos repentinos de la presión (martillo de agua) surgen principalmente de mecanismos de control inapropiados y pueden causar fracturas de tuberías, uniones desconectadas y daño en las válvulas y accesorios, lo cual lleva a las fugas.

La Tabla 2.9 proporciona ideas sobre la influencia de la presión en el caudal de las fugas. Los factores en la Tabla 2.10 sirven para la conversión de estas tasas de flujo a presiones del sistema diferentes a 50 m. Los valores presentados en la Tabla 2.9, que se han determinado en experimentos, ilustran impresionantemente la capacidad y alto potencial de la gestión de la presión para reducir el caudal de las fugas en las redes de distribución de agua por medio de la reducción de la presión. Es igualmente importante comprender que las fugas pequeñas con caudales relativamente pequeños pueden causar la mayor parte de pérdidas de agua debido a sus largos e incluso ilimitados tiempos. Por lo tanto, es esencial manejar y minimizar la duración de todas las fugas y estallidos, incluso los más pequeños, se encuentra en las páginas 54, 55, 56 y 57.

Tabla 2.9 Caudal de fugas para orificios circulares a una presión de 50 m

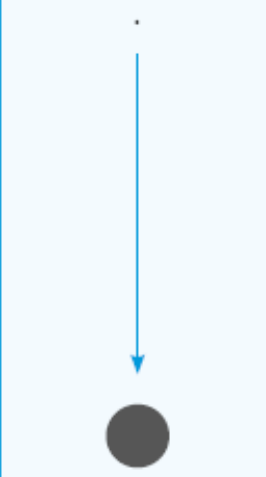
	Orificio		Caudal de la fuga		
	[mm]	[l/min]	[l/hora]	[m ³ /día]	[m ³ /mes]
	0,5	0,33	20,00	0,48	14,40
	1,0	0,97	58,00	1,39	41,60
	1,5	1,82	110,00	2,64	79,00
	2,0	3,16	190,00	4,56	136,00
	3,0	8,15	490,00	11,75	351,00
	4,0	14,80	890,00	21,40	640,00
	5,0	22,30	1.340,00	32,00	690,00
	6,0	30,00	1.800,00	43,20	1.300,00
	7,0	39,30	2.360,00	56,80	1.700,00

Tabla 2.10 Factores de conversión

Presión	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Factor de conversión	0,45	0,63	0,77	0,89	1,00	1,10	1,18	1,27	1,34	1,41

El autor giz, VAG y Ministerio Federal de Cooperación Económica y desarrollo crearon la Guía para la reducción de las pérdidas de agua (2011), las fugas desde válvulas y accesorios incluyen ruptura, deformaciones o fallas materiales en el cuerpo de la válvula, así como empaquetaduras que fugan en las uniones, sombreretes o boquillas.

Una manipulación poco cuidadosa o una ausencia de mantenimiento a menudo causan estas fugas. Las válvulas y accesorios defectuosos pueden contribuir significativamente a las pérdidas reales de agua a pesar de tener tasas de fuga relativamente bajas. Estos daños a menudo siguen sin descubrirse por un largo tiempo sin un programa de servicio regular. También pueden ocurrir pérdidas considerables de agua por los grifos contra incendios y las tuberías de las fuentes públicas.

Las pérdidas de agua de los tanques de almacenamiento están causadas tanto por daño estructural como por fallas operativas, como controles de sistemas defectuosos o inexistentes que pueden resultar en el rebose.

El daño estructural involucra rajaduras, huecos o peladuras en las paredes o pisos de los tanques, fugas debido a una calidad inferior del concreto, así como sellos y penetraciones de tubos que no son a prueba de agua. A menudo se subestiman las pérdidas de agua de los tanques y, aunque son fáciles de detectar, las reparaciones a menudo son complicadas y caras.

Las pérdidas de agua de las bombas generalmente son causadas por sellos defectuosos del eje de la bomba. La cantidad de fugas en la mayor parte de casos es insignificante, pero las inundaciones de las cámaras de bombas y del equipo eléctrico son un fastidio y se deben evitar realizando el mantenimiento apropiado, se encuentra en la página 59.

2.4. Investigaciones nacionales de teorías pertinentes

El autor Omar Eduardo Olivos Lara en la tesis: “Modelo Técnico Económico para la Toma de decisiones de Renovación de Redes Secundarias de agua potable en la Zona Norte de Lima (2014)”, nos menciona las pérdidas aparentes (o pérdidas comerciales), representan la eficiencia del sistema de medición y se relacionan con aspectos de evaluación de cantidades de agua y no con pérdidas propiamente dichas, reflejándose en pérdidas de ingresos.

Estas pérdidas se asocian a los consumos no registrados y no facturados debido a: errores de medición, consumos clandestinos y fraudulentos (masivos o dispersos), consumos no facturados por errores en la subestimación de consumo, fraude de usuarios legales, y errores en las

estimaciones de consumos no registrados que se producen en la red de abastecimiento.

Para propósitos de comprensión del origen de las pérdidas comerciales, a continuación, se hace referencia a las causas que constituyen cada uno de sus componentes (JIMENEZ, 2003):

Volumen por error de medición: es la parte del volumen consumido por los usuarios que no es facturado a causa de la imprecisión originada en la sensibilidad (arranque a bajo caudal) y/o deterioro de exactitud con el tiempo del aparato de medición.

Volumen de consumo clandestino: es la parte del volumen consumido por los usuarios que no es facturado debido al uso de conexiones ilegales, sean estas dispersas o localizadas en asentamientos masivos. También incluyen consumos no autorizados a través de hidrantes.

Volumen de consumo fraudulento: es la parte del volumen consumido por los usuarios legales que no es facturado a causa del uso de conexiones paralelas a la acometida oficial o por adulteraciones del medidor.

Volumen no facturado por subestimación de consumo: es el volumen consumido por encima del facturado para usuarios que carecen de medidor y que reciben facturación estimada promedio.

Generalmente en los sistemas de distribución sin medición, el componente predominante de las pérdidas de agua potable son las fugas o pérdidas reales; mientras que, en los sistemas de distribución con medición, las pérdidas aparentes pueden constituir un factor significativo. Sin embargo, en 1992, una comisión de observación de la determinó que en los países desarrollados las fugas son usualmente el mayor componente de las pérdidas

de agua potable; sin embargo, en los países parcialmente desarrollados o en desarrollo son más trascendentes las conexiones ilegales, los errores de medición y errores de estimación (CABRERA MARCEL, 2006), se encuentra en las páginas 42 y 43.

El autor Omar Eduardo Olivos Lara en la tesis Modelo Técnico Económico para la toma de decisiones de Renovación de Redes Secundarias de agua potable en la Zona Norte de Lima (2014), nos menciona lo fundamental para evaluar los componentes de las fugas reales, consisten en clasificar la fuga.

La metodología "burst and background estimate" (BABE) tiene por objetivo evaluar los componentes individuales de las fugas en una zona del abastecimiento, en contraste con la metodología habitual que englobaba todos los términos de fugas bajo el concepto de consumo no facturado. Asimismo, también permite comparar el valor estimado con el nivel de fugas obtenido a partir de un balance de agua anual o el análisis del flujo nocturno.

Para ello; disgrega el amplio concepto de fugas según sus características fundamentales (Lambert, 1994): Fugas latentes se componen de numerosas fugas individualmente pequeñas y que se encuentran activas durante un largo periodo de tiempo. Fundamentalmente son aquellas que aparecen en juntas y uniones de tuberías, codos, válvulas, etc.

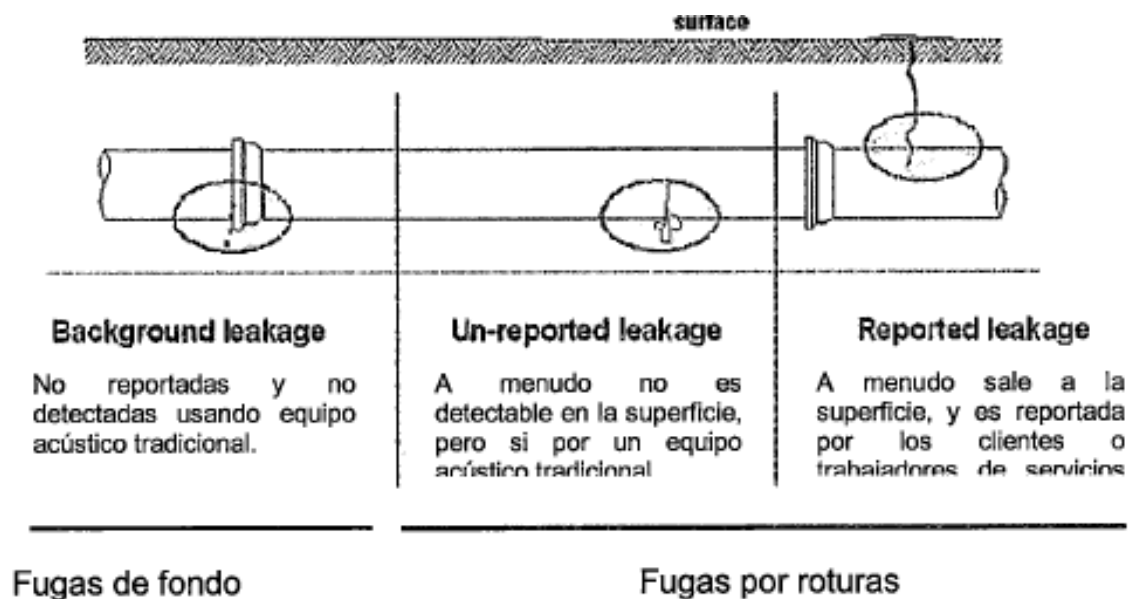
En sistemas bien gestionados, en los que las fugas son rápidamente controladas, las fugas latentes representan casi la totalidad de las fugas existentes. El tipo de material es un factor que influye en el nivel de fugas latentes. Los materiales que permiten uniones soldadas (polietileno), estarán

menos predispuestos a las fugas latentes que otros con mayor número de acoples mecánicos.

Roturas comunicadas son las conocidas por el gestor de la red sin necesidad de una búsqueda específica. Suelen ser aquellas que resultan visibles para el viandante y aunque tienen una magnitud superior a las fugas latentes, se reparan relativamente pronto y generalmente el volumen fugado es inferior a las primeras. Si la compañía encargada del abastecimiento no practica un control activo de fugas y únicamente repara las roturas comunicadas, sigue una estrategia frente a las fugas pasiva o reactiva. Ésta es inadmisibles desde la óptica técnica que nos atañe, aunque es frecuente en abastecimientos en los que el costo del agua es bajo y en ausencia de un organismo regulador (que asegure las inversiones para mejorar la eficiencia y en general vele por la realización de buenas prácticas).

Roturas no comunicadas representan una situación intermedia entre los dos anteriores, son roturas que se manifiestan tras un control activo de fugas, por lo que su tiempo de actividad depende de la frecuencia con la que se inspeccione la red, se encuentra en las páginas 256 y 257. Ver la figura 2.14.

Figura 2.14 Concepto BABE (Presupuesto y Estimación de Antecedentes)



El autor grupo Permanente de Estudio sobre Riego escribieron Gestión del agua y crisis institucional, un análisis multidisciplinario del riego en el Perú, grupo permanente de Estudio sobre Riego (1993), donde nos indica que, la intervención del Estado en el manejo del riego ha tenido impactos diferenciados en las comunidades, dependiendo de su grado organizativo y del piso ecológico en donde están ubicadas.

Las comunidades organizativamente débiles no toleraron un injerto organizacional paralelo representado por las Juntas de Usuarios, las Comisiones y los Comités de Regantes. Es el caso de las comunidades de Puquio en Ayacucho estudiadas por Rodrigo Montoya: "En cuanto al control del agua se refiere, la dación de la actual ley de aguas, en 1969, decreto ley 17752 viene a culminar el proceso en el cual la estructura comunal en Puquio pierde otra parte de la justificación de su existencia como tal.

El agua pasa a ser controlada por una Junta de Usuarios elegida no por los comuneros, sino por los propietarios de tierras, de cultivos de riego...". En cambio, en las comunidades de mayor consistencia organizativa y que se encontraban fuera del sistema de la hacienda, de las cooperativas y de las ciudades, el impacto fue menor.

Las comunidades en unos casos cambiaron de nombres, manteniendo en lo fundamental sus antiguos sistemas organizativos del riego y en otros ni siquiera modificaron sus nombres.

Todo ello hizo que muchas de sus decisiones que legalmente debían ser resueltas por la asamblea de regantes se resolvieran en la asamblea comunal. Hoy, San Pedro de Casta tiene seriamente resquebrajada su organización comunal.

Masson señaló en 1986 algo que él, conocedor de la zona, considera aplicable actualmente a esta comunidad: "Otro aspecto relacionado con la aparente falta de agua de la sierra, es el abandono y deterioro en que se encuentra la infraestructura hidráulica de captación, conducción y distribución de las aguas.

Sobre este particular, es frecuente observar por los caminos de la vertiente occidental andina la más árida de la sierra- las fugas de agua desde canales mal trazados, o deteriorados y que luego escurren libremente por la carretera", se encuentra en las páginas 130 y 131

El autor Eduardo Paolo Parodi Gonzales Prada a raves su tesis: "Recarga del Acuífero de Lima Mediante el Uso de Aguas Residuales Tratadas (2016)", nos menciona el sistema de suministro de agua de la ciudad pierde un estimado de 5.0 m³/s, la cifra de pérdidas por fugas, es estimada

como el 70% del agua no facturada que, es de 30% de 23.63 m³/s para el 2015 (SEDAPAL 2014), la mayor parte por filtraciones de la antigua red de conducción de agua potable.

El estimado de SEDAPAL para las pérdidas diarias en el 2010 fue de aproximadamente 43% (774,000 m³/día).

El objetivo señalado en el Plan Maestro 2014 es de reducción de pérdidas al 29% para el 2015, lo que implica que para el 2015 (después del tratamiento de potabilización) se perderían 197.10 MMC que, es el equivalente a 2.5 veces la capacidad de almacenamiento de la laguna regulada de Huascacocha, estimada en 78 MMC.

El equilibrio entre la oferta y la creciente demanda de agua para la ciudad de Lima se da a costa del sacrificio de las condiciones ambientales de la ciudad y de los ciudadanos sin acceso a la red de agua potable. Es así que los déficits actuales tendrán necesariamente que ser cubiertos por la sobreexplotación del acuífero de Lima, por la extracción parcial o total del caudal ecológico de 2 m³/s del río Rímac y por el limitado suministro de 30 l/día por cada limeño sin acceso a la red.

Salvo que se opte por reducir las pérdidas en el suministro de agua para la ciudad o viabilizar el acceso a nuevas fuentes de agua (como el reúso de las aguas residuales), la brecha hídrica futura de la ciudad de Lima tendrá que ser previsiblemente cubierta por nuevos y costosos trasvases de la cuenca del río Mantaro alterando el equilibrio hídrico de la cuenca vecina. (SEDAPAL 2014), se encuentra en la página 25.

El autor Enrique Campbell Gonzales a través de la tesis: “Propuesta Para una Metodología de Sectorización de Redes de Abastecimiento de Agua Potable (2013)”, nos menciona desde un punto de vista técnico y, dando por supuesto que se hace una apropiada gestión administrativa, los problemas de las RDAP pueden resumirse en cuatro aspectos generales: fugas y agua no contabilizada; integridad física de la red; calidad de agua a distribuir; fiabilidad y calidad de la base de datos de los sistemas de distribución de agua.

Con relación al primero de ellos, el control de las pérdidas de agua ha sido una actividad asociada a los sistemas de distribución de agua desde que se construyeron las primeras RDAP. Incluso, en la antigua Roma ya existía conciencia de que una buena parte del agua que era inyectada a los sistemas de distribución no llegaba a los usuarios (Pilcher et al., 2007).

Las redes sin ningún tipo de pérdidas se consideran una utopía, tanto por las implicaciones técnicas como económicas que esto representa; no obstante, ha habido un gran avance en el conocimiento y desarrollo de equipos y técnicas, que permiten hacer un seguimiento más exhaustivo de las fugas en ellas.

A continuación, se hace mención de las más importantes (Pilcher et al., 2007). Tal y como se estableció al principio de esta sección, el componente de optimización económica cobra vital importancia al momento de establecer el tamaño de los sectores.

El coste por sector en una RDAP (Red de abastecimiento de agua potable) es más alto en la medida en que su tamaño sea menor y así puedan representar un mayor número total. Esto se debe a que, para su conformación,

se debe instalar un mayor número de válvulas o cortar un mayor número de líneas.

Como se puede intuir, lo contrario pasa con sectores de mayor extensión; no obstante, los sectores de menor tamaño presentan varias ventajas, tales como: mayor agilidad para detección temprana de nuevas fugas, mayor capacidad para distinguir entre pequeñas fugas, caudal mínimo nocturno y fugas de fondo y luego una localización más rápida de las mismas.

En este sentido, se ha establecido que existen tres aspectos claves que definen la cantidad de agua que se pierde por una fuga individual: tiempo de conocimiento, tiempo de detección y tiempo de reparación (Pilcher et al., 2007), se encuentra en las páginas 14 y 35.

2.5. Marco conceptual

- Definición conceptual

Variable Independiente: La Gestión del Mantenimiento

El autor Omar Eduardo Olivos Lara con la tesis: Modelo Técnico Económico para la Toma de Decisiones de Renovación de Redes Secundarias de Agua Potable en la Zona Norte de Lima (2014)”, nos menciona que, la Gestión del Mantenimiento, es para realizar trabajos en mayor proporción del tipo correctivo, debido a las altas incidencias de roturas y fugas en las redes secundarias y conexiones domiciliarias de agua potable; sin embargo, el mismo no es continuo, debido en gran medida a las pérdidas técnicas y comerciales que presenta el sistema que, son del orden de 40% y 10%, respectivamente, tanto en las redes de distribución como en las conexiones domiciliarias de agua potable.

Variable Dependiente: Reducción fugas no Visibles

El autor giz, VAG y el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo a través del libro: “Guía para la Reducción de las Pérdidas de Agua (2011)”, nos aclara que, la reducción de las pérdidas de agua, debe ser el objetivo de cualquier empresa de agua ya que, lleva a una mayor eficiencia económica, ecológica y un mejor servicio para los clientes.

Pero, por la estrategia de reducción de pérdidas de agua, quienes toman las decisiones deben ser conscientes de por qué, tiene sentido proveer recursos financieros y personales para reducir las pérdidas de agua.

Desde la perspectiva de una empresa de agua, existen al menos diez razones que pueden justificar un mayor gasto en el manejo:

Un sistema de distribución de agua bien mantenido requerirá menos reparaciones, costos de producción más bajos y prevendrá los pagos por compensaciones.

Una falta de mantenimiento y la operación intermitente incrementarán el desgaste en los tubos, válvulas y medidores.

Un mejor suministro extenderá la vida de servicio de los componentes del sistema y llevará a menores costos fijos para la empresa de agua en el largo plazo.

Menos fugas y una mejor situación de abastecimiento pueden también tener efectos positivos en las pérdidas de agua aparentes porque el aire dentro del sistema de distribución puede causar errores de medición. El agua residual y otros contaminantes pueden infiltrar el sistema de tubos a través de fugas y desencadenar enfermedades provenientes del agua en sistemas de baja presión o en el caso de operación intermitente.

Un sistema bien mantenido con menos fugas y estallidos incrementará la garantía de abastecimiento.

Las fugas pueden crear vacíos debajo de la tierra que pueden llevar al colapso de las vías y los edificios. La infiltración de agua que se pierde en el sistema de alcantarillado pone una carga adicional en los tubos de canalización y en las plantas de tratamiento de aguas servidas. Además de la mala calidad del agua, de la cantidad inadecuada y de los riesgos de salud, las fugas también reducen la presión en los aparatos de los clientes.

El mejorar el servicio de suministro mejorará la satisfacción del cliente y su voluntad de pago. Los menores estallidos, la mayor seguridad de suministro y condiciones higiénicas mejorarán la percepción que el público tiene de la empresa de agua. Esto también puede afectar positivamente la voluntad que tengan los clientes de pagar.

Finalmente, el desarrollo de una estrategia de reducción de las pérdidas de agua tiene sentido desde un punto de vista ecológico. En caso de escasez o sobre explotación de los recursos de agua, las pérdidas de agua deben reducirse para disminuir la presión sobre esos recursos, se encuentra en las páginas 69 y 70.

- **Definición operacional**

Variable Independiente: La Gestión del Mantenimiento

El autor J.A. Durán Molina y J. Moral Fernández a través de su artículo: “Gestión de las Redes de Abastecimiento, Control del Agua No Registrada (ANR) (2015)”, nos menciona que, el Sistema de Información Geográfica (SIG) está llamado a ser en un futuro cercano, los sistemas de gestión de toda la información relacionada con la operación de la red de suministro de agua potable.

La gestión sostenible e integrada de los recursos hídricos es uno de los temas globales más complicados para una empresa de distribución de agua potable.

Dado que el agua es un recurso escaso, entre otras cuestiones debido al crecimiento de la población y a los efectos por el cambio climático, debe ser gestionada de una manera eficiente, cuyo objetivo principal es que, el máximo volumen de agua que entra en la red llegue a sus puntos de consumo, minimizando las pérdidas en la mayor medida posible.

La reducción del volumen de ANR (Agua No Registrada), debe ser un objetivo prioritario para una empresa de agua, debido a que no solamente lleva a una mayor eficiencia económica y técnica, sino que también es una responsabilidad social y medio ambiental de la empresa.

El control del ANR, con el objetivo de reducir las pérdidas de agua, es una labor fundamental que debe comenzar con el mantenimiento de las redes de abastecimiento.

En la actualidad, para poder mejorar el ANR es fundamental disponer de una red y detección de fugas, pero además es imprescindible disponer de unos datos fiables tanto del agua facturada, con el objetivo de detectar posibles incidencias: avería, clandestinas y otros, se encuentra página 1.

Variable Dependiente: Reducción fugas no Visible

El autor Vladimir Laura Delgado del artículo: “Perdidas Físicas Detección de Fugas No Visibles (2014)”, nos indica en detectar las fugas no visibles, por detección directa en las líneas de aducción, de conducción, de impulsión y en la red de distribución. Corre el riesgo de ser antieconómica de no realizarse una adecuada selección de la zona que va ser investigada.

Las fugas se originan por las siguientes causas: Presión del servicio, Instalaciones defectuosas, Accesorios y tuberías de mala

calidad, y Agresividad del Terreno (Mecánica, Química y Eléctrica), esto se origina en: Daños causados por excavaciones, Roturas debidas al tráfico, Movimientos de tierra, Hundimientos, Heladas, Cambios de humedad del suelo, Filtración de Sustancias Corrosivas u Conductividad del Suelo. (Corrosión).

Las Áreas críticas: Registros de presión de redes, Registros históricos de fugas reparadas, Áreas de transito intenso de vehículos automotores, Características de suelo, Catastro de la red (en función de la antigüedad, presión, material, diámetro, topografía y estado de conservación), se encuentra en la página 25.

El autor giz, VAG y el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo a través del libro: “Guía para la Reducción de las Pérdidas de Agua (2011)”, nos aclaran que las pérdidas reales se originan por: Fuga desde las troncales de transmisión y distribución, puede ocurrir en tuberías (estallidos debido a causas foráneas o a corrosión), uniones (desconexión, empaquetaduras dañadas) y válvulas (falla operativa o de mantenimiento). Usualmente tiene tasas de flujo medianas a altas y tiempos de fuga de cortos a medianos. Fuga desde conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente.

A veces nos referimos a las conexiones de servicios como los puntos débiles de las redes de suministro de agua porque sus uniones y accesorios exhiben tasas de falla altas. Las fugas en las conexiones de

servicio son difíciles de detectar debido a sus tasas de flujo comparativamente bajas y por lo tanto tienen tiempos de fuga largos.

Fuga y reboses de tanques de almacenamiento. Estas están causadas por controles del nivel que son deficientes o están dañados. Además, puede ocurrir filtración de las paredes de concreto o de la construcción que no son herméticas. A menudo se subestiman las pérdidas de agua desde tanques y aunque son fáciles de detectar, la reparación a menudo es complicada y cara, se encuentra en la página 50.

- **Bases conceptuales (definición de términos)**

A continuación, se lista cada componente incluyendo su definición y abreviatura. Cada componente tiene la misma unidad.

Consumo autorizado facturado (QAF).- Volumen total anual de agua medida y no medida que se registra en el sistema contable y, por el que, se tiene que pagar una factura incluyendo consumo doméstico, comercial e industrial.

Consumo facturado medido.- Volumen total anual de agua medida que se registra en el sistema contable y por el que, se tiene que pagar una factura, incluyendo el consumo doméstico, comercial e industrial.

Agua no facturada (ANF).- Volumen total anual de agua que, permanece sin facturarse y, por lo tanto no genera ningún ingreso para la empresa. Se puede expresar como la diferencia entre el volumen de

ingreso al sistema y el consumo autorizado facturado o como la suma del consumo autorizado no facturado y de las pérdidas de agua.

Consumo autorizado no facturado (QAuNF).- Volumen total anual de agua medida y no medida por el que, no se ha pagado ninguna factura. Incluye también el agua utilizada por el servicio público de agua mismo (para propósitos operativos como la limpieza de redes o el lavado de filtros).

Consumo no facturado medido. - Volumen anual total de agua medida por el cual no se ha pagado ninguna factura, incluyendo consumo doméstico, comercial, industrial y otros autorizados. Algunos ejemplos de usuarios autorizados son los edificios municipales o los camiones cisterna de agua.

Consumo no facturado no medido. - Volumen total anual de agua que no ha sido medida y por el cual no se ha pagado ninguna factura, incluyendo el consumo doméstico, industrial y otros autorizados. Algunos ejemplos de usuarios autorizados son las áreas de pueblos jóvenes, parques públicos o servicios contra incendios.

Pérdidas de agua (Qp).- Volumen total anual de agua perdida entre el punto de suministro y el medidor del cliente debido a fugas físicas en la infraestructura y otros factores. Se puede expresar como la diferencia entre el volumen de ingreso al sistema y el consumo autorizado.

Pérdidas aparentes (QPA).- Volumen total anual de pérdida de agua debido a otros factores que las fugas físicas en la infraestructura, como el consumo no autorizado, las inexactitudes de medición. y los errores de manejo de datos.

Consumo no autorizado. - Volúmenes totales anuales de agua perdida debido a consumo no autorizado, incluyendo robo de agua y conexiones ilegales como el caso de medidores vandalizados, manipulados o desviados, extracción ilegal de agua desde los hidrantes contra incendios o coimas y corrupción de los lectores de medidores u otro personal del servicio público.

Inexactitudes de los medidores y errores de manejo de datos. - Volumen total de agua perdida debido a inexactitudes de los medidores (descompuestos o medidores a clientes en masa incorrectos), manejo de datos, errores de contabilidad y mala rendición de cuentas del cliente en los sistemas de facturación.

Pérdidas reales. - El volumen total anual de agua perdida a través de todo tipo de fugas, estallidos y reboses de los reservorios de almacenamiento, redes de transmisión y distribución y conexiones de servicio hasta el punto de medición del cliente.

Fuga. - Una fuga se define como la salida no controlada del agua por cualquiera de los elementos del sistema de distribución de agua potable.

Fugas en tuberías de aducción y distribución. - Volumen total de agua perdida en las redes de transmisión y distribución (desde el punto de salida del reservorio de almacenamiento al empalme del tubo de conexión de servicio).

Fugas en conexiones de servicio hasta el punto de medidor del cliente. - Volumen total anual de agua perdida debido a las fugas en las conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente {desde el empalme de la conexión del servicio hasta el medidor de agua del cliente). Algunos otros conceptos del marco conceptual del estudio son los siguientes:

Tuberías enterradas. - Suelo circundante para poder resistir las cargas que se le aplican. La profundidad de instalación está relacionada con el tipo de material de relleno elegido y su compactación (densidad), las características del suelo natural, el tipo de construcción de la zanja y la rigidez del tubo.

Detectores y Localizadores. - Un localizador de fugas de altas presión y muy sencillo de usar. El diseño está basado en un sensor de última generación y una electrónica capaz de procesar bajísimos niveles de ruido en un amplio rango de frecuencias, incorpora un sistema de medición de Nivel Mínimo de Ruido. El ruido se transmite a través del flujo y de las paredes de la propia tubería y puede ser escuchado a través de las válvulas o hidrantes.

El ruido de la fuga también se propaga hasta la superficie del suelo donde puede ser escuchado usando el micrófono de tierra de gran sensibilidad.

Medidores. - Los medidores de agua proveen información básica necesaria para conocer el volumen producido y el volumen consumido. La diferencia representa lo que los técnicos llaman con benevolencia "volumen no contabilizado", lo que de hecho representa las fugas en la red. Por ello, es esencial el correcto funcionamiento de los medidores.

Caudalímetro.- La medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal, medidores de flujo o fluxómetros.

Mantenimiento de las redes de agua potable. - Establecer procedimientos mínimos para la adecuada operación y mantenimiento de redes de distribución en sistemas urbano de abastecimiento de agua. La junta administradora de Servicios de Saneamiento es la responsable de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable. Garantizar que la solución de los problemas en la operación de los sistemas de agua y desagües sea corregida oportunamente al menor costo posible y de forma eficiente, actuando conforme a procedimientos definidos.

Programación del Mantenimiento de las redes de agua. - Control de Fugas es un término que describe el gerenciamiento dentro de una organización empresarial para monitorear los niveles de fugas en el Sistema de Abastecimiento y dirigir esfuerzos para que, racional y económicamente, se reduzcan las fugas hasta llegar a niveles aceptables. En este documento buscamos presentar un conjunto de medidas integradas, que logren el control de fugas que, por sus características propias, traerá beneficios en el funcionamiento general de la Red de Distribución. Asimismo, el conjunto de medidas a aplicarse dependerá principalmente de la realidad del Sistema Operacional, Administrativo y Financiero de la Empresa en que se desea implantar un Programa de Control de Fugas.

Micromedidor. - Para controlar el consumo, la estimación de consumos es considerada como mucho menos efectiva que el empleo de Micro Medidores en las instalaciones domiciliarias. Las ventajas y efectividad de la Micro Medidores por contrario han sido ampliamente estudiadas y comprobadas. Se manifiestan en importantes beneficios, tanto para la entidad que sí puede cumplir su misión con amplitud de cobertura y economía de costos, como para los usuarios que podrán recibir los servicios con la suficiencia y oportunidad necesarias.

Operación. - Conjunto de actividades y maniobras que se realizan para hacer funcionar correcta, apropiada y eficientemente un sistema, equipo o componente, destinado a realizar un fin determinado, tal como fueron planificadas y construidas.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

- **Tipo de Tesis en la Investigación**

El presente estudio se cumple con las condiciones suficientes para considerar como una “**INVESTIGACIÓN APLICADA**”, debido a que estamos utilizando conocimientos existentes respecto a metodología para el diagnóstico en los sectores, procedimiento para sondeo y presión diferencial, para evitar las fugas y se programará el mantenimiento de las redes en los sectores programados, las cuales se enfocan en reducir las fugas de agua potable no visibles en el distrito de San Martín de Porres -Lima.

- **Nivel de Tesis en la Investigación**

La investigación es de nivel descriptiva, explicativa y correlacionada, porque el objetivo del estudio es resolver un determinado problema.

- **Métodos de Tesis en la Investigación**

En esta investigación se ha utilizado los siguientes métodos, los mismos que van a ayudar en el análisis y procesamiento de los datos:

a. Descriptivo

Se ha utilizado para describir todos los aspectos relacionados con la gestión del mantenimiento y la reducción de las fugas no visibles en el distrito de San Martín de Porres -Lima.

b. Inductivo

Se ha utilizado para inferir el mantenimiento y la reducción de las fugas no visibles en el distrito de San Martín de Porres - Lima. También para inferir los resultados de la muestra en la población.

c. Deductivo

Se ha utilizado para sacar las conclusiones del trabajo realizado.

d. Estadístico

Se ha utilizado para cuantificar, derivado al conjunto de datos de la muestra, con el objetivo de estimar o inferir características de la gestión del mantenimiento y la reducción de las fugas no visibles en el distrito de San Martín de Porres – Lima.

- Diseño de Tesis en la Investigación

Metodología de investigación tecnológica. Pensando en sistemas – Espinoza (2010), nos menciona que es descriptivo comparativo en la que recoge información actualizada de varias muestras sobre un mismo objeto de investigación y lo caracteriza sobre la base de una comparación. Sirve para estudios de diagnóstico descriptivo comparativos, caracterizaciones sobre la base de varios factores.

$$M_1 \rightarrow O_1$$

$$M_2 \rightarrow O_2$$

$$M_3 \rightarrow O_3$$

$$M_n \rightarrow O_n$$

M_1, M_2, M_3, M_n : Aplicación de presiones en la gestión de mantenimiento de la red de agua potable en el distrito de San Martín de Porres de Lima Metropolitana

O_1, O_2, O_3, O_n : Medición del servicio de distribución de agua potable, en la implementación de presiones en la gestión de mantenimiento. Comparación entre cada una de las muestras, pudiendo ser semejantes (\approx), iguales ($=$) o diferentes (\neq) y causal comparativa consiste en recolectar información de dos o más muestras, para observar el comportamiento de una variable, tratando de “controlar” estadísticamente otras variables que podría afectar la variable dependiente, se encuentran en la página 93.

3.2. Población y Muestra

- Población del Área en la Investigación

La población investigada, será a través de dos cuadros, de las Área de Equipo Control y Reducción de Fugas se encarga de detectar la fuga, con un personal de 21, y Equipo Operación y Mantenimiento de Redes – Comas se encarga de reparar la fuga, con un personal de 115, de la red de agua potable en el distrito de San Martín de Porres – Lima. Ver las tablas 3.1 y 3.2

Tabla 3.1 Cargo y Cantidad Personal del Área Equipo Control y Reducción de Fugas.

Equipo Control y Reducción de Fugas			
ÍTEM	CARGOS	CANTIDAD PERSONAL	PORCENTAJE %
1	Jefe del Equipo Control y Reducción de Fugas	1	4.762
2	Especialista de Control y Reducción de Fugas	1	4.762
3	Analista Principal de Control y Reducción de Fugas	3	14.286
4	Analista de Control y Reducción de Fugas	2	9.524
5	Secretaria	1	4.762
6	Técnico en Catastro	5	23.809
7	Técnico en Macromedición	1	4.762
8	Capataz de Control y Reducción de Fugas	2	9.524
9	Operario Especializado de Control y Reducción de Fugas	3	14.286
10	Operador - Digitalizador	1	4.762
11	Operario Especializado de Control y Reducción de Fugas	1	4.762
TOTAL		21	100%

Fuente: Base de Datos – SEDAPAL

Tabla 3.2 Cargo y Cantidad Personal del Área Equipo Operación y Mantenimiento de Redes – Comas.

Equipo Operación y Mantenimiento de Redes – Comas			
ÍTEM	CARGOS	CANTIDAD PERSONAL	PORCENTAJE %
1	Jefe del Equipo Operación y Mantenimiento de Redes - Comas	1	0.870
2	Especialista de Equipo Operación y Mantenimiento de Redes	1	0.870

3	Técnico Especialista de Operación y Mantenimiento de Redes	1	0.870
4	Ingeniero de Proyectos	1	0.870
5	Coordinador Administrativo	1	0.870
6	Analista de Operación y Mantenimiento de Redes	1	0.870
7	Asistente de Operación y Mantenimiento de Redes	1	0.870
8	Asistente Administrativo	1	0.870
9	Técnico de Operación y Mantenimiento de Redes	13	11.304
10	Capataz de Operación y Mantenimiento de Redes	17	14.783
11	Operario Especializado de Operación y Mantenimiento de Redes	66	57.391
12	Operario Especializado de Maquinaria Pesada y Operaciones	10	8.696
13	Operario Auxiliar de Oficina	1	0.870
TOTAL		115	100%

Fuente: Base de Datos – SEDAPAL

- **Muestra del Área en la Investigación**

La muestra con la cual se trabajará en la investigación será representativa, a quienes se aplicarán las técnicas de recojo de datos y para determinar el tamaño óptimo se empleará la fórmula siguiente donde se basa a través en “n” es la muestra de población que se halla al reemplazar en: (Ver figura 3.1)

$$n = N * p * q / (((E/\delta)^2) * (N-1) + p * q) \quad (1.1)$$

Donde:

n	Es el tamaño de la muestra que se va a tomar para el trabajo de campo. Es la variable que se desea determinar.
	Representan la probabilidad de la población de estar o no incluidas en la

P y q	muestra. De acuerdo con la doctrina, cuando no se conoce esta probabilidad por estudios estadísticos, se asume que p y q tienen el valor de 0.5 cada uno.
δ	Representa las unidades de desviación estándar que en la curva normal definen una probabilidad de error= 0.05, lo que equivale a un intervalo de confianza del 95 % en la estimación de la muestra, por tanto, el valor Z = 1.96
N	El total de la población Investigado será del Área de Equipo Control y Reducción de Fugas con un personal de 21, y Equipo Operación y Mantenimiento de Redes – Comas con un personal de 115, considerando solamente a aquellas personas que han manifestado su voluntad de participar.

a. Área de Equipo Control y Reducción de Fugas con un personal de 21:

$$n = 21 * 0.5 * 0.5 / (((0.05/1.96)^2) * (20) + 0.5 * 0.5)$$

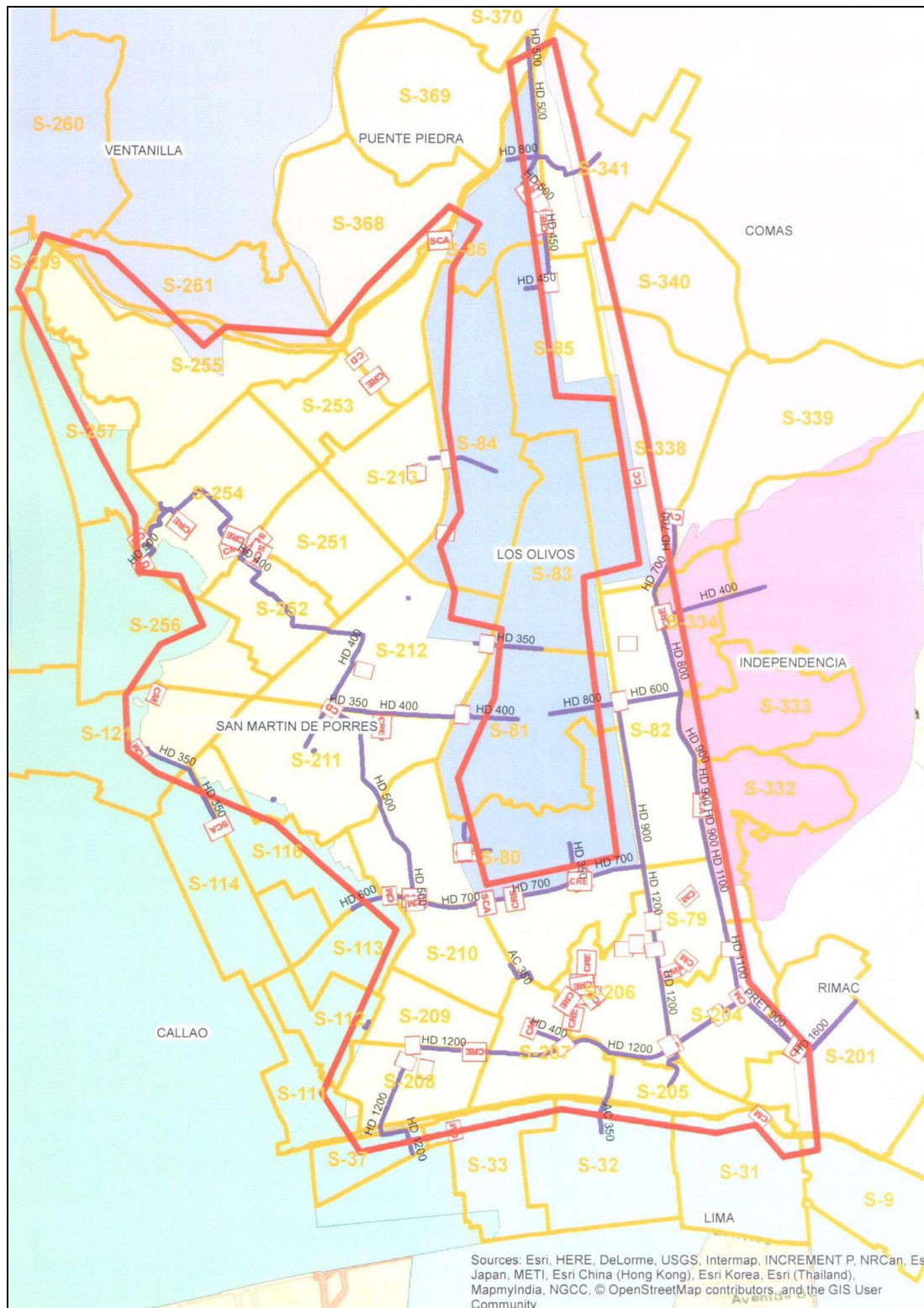
$$n = 20$$

b. Equipo Operación y Mantenimiento de Redes – Comas con un personal de 115:

$$n = 115 * 0.5 * 0.5 / (((0.05/1.96)^2) * (114) + 0.5 * 0.5)$$

$$n = 89$$

Figura 3.1 Ubicación del Área de Muestra ArcGIS



Fuente: Base de Datos Catastro – SEDAPAL

3.3. Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Indicadores
La Gestión del Mantenimiento (Variable Independiente)	Modelo de Mantenimiento	Control en inspección de hundimiento de vías (Nº/ Km), Nº: Números
		Limpieza en la desinfección de redes y tuberías (ml/Km)
		Reparación y renovación en la red de Agua Potable (R/Km), R: renovación o cambios
	Procedimiento técnico evitar las fugas	Mantenimiento Preventivo (ml/Km)
		Mantenimiento Correctivo (ml/Km)
		Operación (mt/Km)
	Diagnóstico situacional	Recopilación de información en el funcionamiento del sistema (ml/Km)
		Almacenar datos de cada uno de los componentes de la red (ml/Km)
		Características de los componentes de la red (ml/Km)

Reducción de las Fugas no Visibles (Variable Dependiente)	Roturas de Tuberías	Uniones de tuberías con fugas (Nº/Km)
		Corrosión producida por suelos agresivos (Daños/Km)
		Material defectuoso (tuberías), (ml/Km)
		Deterioro de las redes de Agua Potable y Conexiones Domiciliarias (Fallas/Km)
	Conexión Domiciliaria	Instalación a Adecuación de los elementos de control (ml/Km)
		Instalación o Mantenimiento de caja de medidor (ml/Km)
		Instalación de elementos de Unión (mt/Km)
	Medidor Domiciliaria	Medidor protegido de posibles daños causados por golpes o vibraciones de su sitio de instalación (u/Conex), u: Unidad
		Medidor no debe ser sometido a esfuerzos indebidos originadas por tubos y accesorios (u/Conex)
		Se debe tomar precauciones por la variación repentina del flujo del medidor (u/Conex)

3.4. Instrumentos

Para la recolección de datos, estos se obtendrán teniendo en consideración los datos de los dominios de las variables, empleando las técnicas siguientes:

- **Técnica para la Recolección de Datos en la Investigación**

Encuestas. - Se aplicó al personal encargada para el control de la gestión de mantenimiento y prevención de las fugas en las redes primaria y secundaria de agua potable.

Técnica documental. - Se realizó la revisión sobre la metodología para la reducción de fugas no visibles y la problemática existente causada en las redes de agua potable por los altos índices de agua no facturada en la empresa de saneamiento.

Se realizó la revisión de la información existente sobre el Área de Control de Fugas respecto a su evolución en el indicador de agua no facturada, resultando la problemática de la restricción del servicio.

Técnica empírica. - Se utilizó la observación, técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre el objetivo de la investigación que tiene relación con el problema.

- **Instrumentos de Recopilación de Datos.**

Los instrumentos que se utilizaron en la investigación son el cuestionario, fichas de encuesta y Guías de análisis.

- 1) Cuestionario. - Estos documentos han contenido las preguntas de carácter cerrado sobre el plan estratégico y la eficiencia de la empresa consultora en Lima – Perú.
- 2) Fichas bibliográficas. - Se utilizaron para tomar anotaciones de los libros, textos, revistas, normas y de todas las fuentes de información.
- 3) Guías de análisis documental. - Se utilizó como hoja de ruta para disponer de la información que realmente se va a considerar en la investigación.

3.5. Procesamiento

Se han aplicado las siguientes técnicas de procesamiento de datos:

- 1) **Ordenamiento y clasificación.** - Se aplicó para tratar la información cualitativa y cuantitativa en forma ordenada, de modo de interpretarla y sacarle el máximo provecho.
- 2) **Registro manual.** - Se aplicó para digitar la información de las diferentes fuentes.
- 3) **Proceso computarizado con Excel.** - Se aplicó para determinar diversos cálculos matemáticos y estadísticos de utilidad para la investigación.
- 4) **Proceso computarizado con SPSS.** - Se aplicó para digitar, procesar y analizar datos de las empresas y determinar indicadores promedios, de asociación y otros.

5) **Procedimiento Materiales**

Comúnmente, se identifican las fugas de agua potable en tuberías enterradas, por sonidos producidos por la resonancia y vibración producida, por la salida del agua, a través del orificio; impacto del agua, en

el suelo que rodea la tubería; circulación y flujo, de agua en la cavidad del suelo. El ruido provocado por el impacto del agua, en el suelo o por la circulación del agua en el mismo, es más débil y solo puede ser oído, cuando el oyente está muy cerca de la fuga o directamente sobre ella. Es importante conocer de que, material está hecha la tubería, ya que las tuberías constituidas por materiales metálicos, tales como hierro, cobre o acero, transmiten sonidos de frecuencia más alta que, las tuberías constituidas por materiales como el PVC o el Asbesto - Cemento.

El suelo material que se determinará que tubería con el diámetro, material, peso y presión, llevará la durabilidad de esta, por lo tanto, para su ubicación de la fuga dependerá de los suelos arenosos o muy flojos (particularmente los suelos que se encuentran situados sobre una línea de tubería recién instalada) como los suelos saturados de agua no transmiten bien los sonidos. Difícilmente, un suelo compactado transmitirá bien los sonidos. El suelo absorbe rápidamente los sonidos producidos por una fuga de agua y es muy difícil detectar las fugas que se producen a una profundidad superior a 2.13 - 2.44 metros. Las fugas que se producen en líneas de agua que se encuentran a una profundidad de 0.92 – 1.22 metros son mucho más fáciles de detectar que las que se producen en líneas más profundas. A 2.13 u 2.44 metros. de profundidad solamente se podrían escuchar fugas que se produjesen en tuberías en las que la presión del agua fuese elevada de forma que produjese un sonido lo suficientemente grande como para ser detectado en superficie. Finalmente, la cubierta del suelo (asfalto, hierba, suelo poco compactado), también introduce una importante diferencia. Las superficies duras resuenan con la fuga de agua y

el sonido puede ser detectado hasta una distancia de 1.52 a 3.05 metros o incluso más a ambos lados de la tubería. Sin embargo, las superficies de hierba o de suelo flojo no ofrecen tal resonancia por lo que la transmisión del sonido es menor. Por lo tanto, se realizará el diagnóstico para el control, procedimiento para evitar las fugas y programará el mantenimiento de las redes, evitando futuros daños en las tuberías y accesorios.

Equipos e instrumentos

Es similar a un estetoscopio, la diferencia es que el geófono busca sonidos de chorros de agua. Se guía por el sonido, por lo que NO en todos predios tiene un resultado del 100%.

El artículo SUNASS - Material Suplementario 6.4 con los métodos de detección y ubicación de fugas (2009), utiliza registradores de ruidos de fugas para investigar grandes áreas, pero no para la localización exacta de la fuga. Existen registradores de correlación de ruidos equipados con software adicional. La ubicación de fugas se puede realizar por medio de la correlación cruzada, se encuentra pagina 4. Ver figura 3.2

Figura 3.2 Escucha electrónica (Geófono)



En el artículo por SEDAPAL – ¿Cómo se detectan las fugas en las viviendas? (2018), nos describe que la numeración del centro es el sonido inicial, la de la derecha es el sonido de la fuga. Conforme se va acercando al punto de la fuga aumenta la numeración del sonido. Si se aleja el operario del punto de fuga baja el ruido y la numeración del sonido baja. También sirve para la detección de las conexiones domiciliarias siempre y cuando estas estén en uso o en movimiento o sea haya flujo de agua, se encuentra en la página 1. Ver la figura 3.3

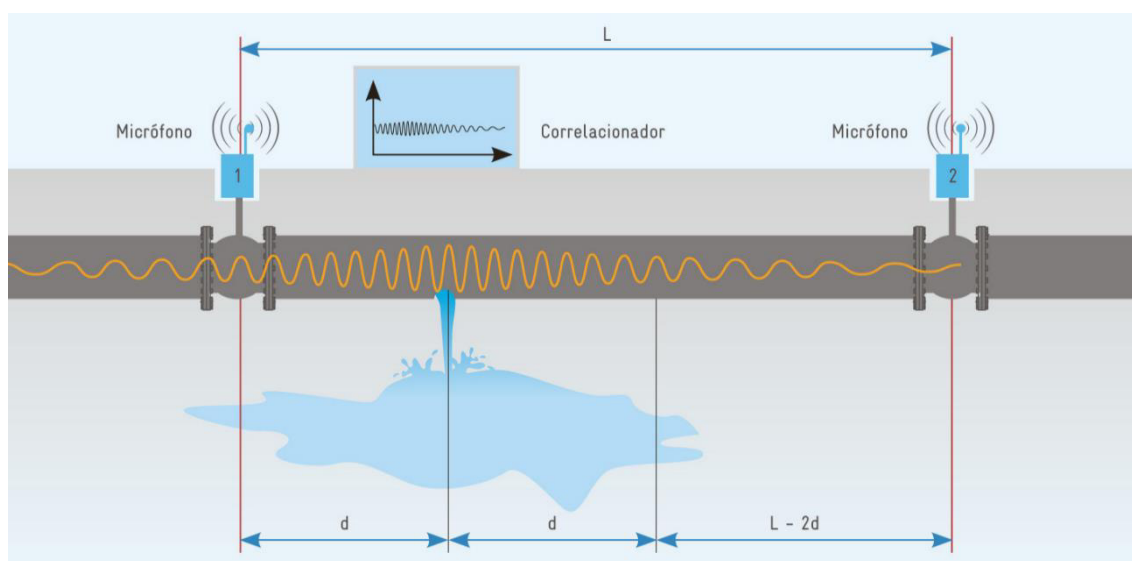
Figura 3.3 Muestra cómo funciona el detector de fugas (Geófono)



El correlador es un equipo electrónico que permite ubicar las fugas con gran precisión, a través de dos sensores que se instalan en los accesorios de la red y que captan el sonido que produce la fuga cuando escapa del sistema. Este sonido es reproducido en una unidad central donde mediante el sistema de correlación, permite detectar el punto de la fuga. Con el empleo de estos modernos equipos, se logra evitar impactos como el rompimiento de pistas y veredas para realizar excavaciones al tanteo, y no se genera interrupción del tráfico ni del servicio de agua potable.

El artículo SUNASS - Material Suplementario 6.4 con los métodos de detección y ubicación de fugas (2009), correlacionador de ruidos de fuga conforma Componentes: 2 micrófonos (o hidrófonos), 1 transmisor inalámbrico, 1 correlacionador portátil, se encuentra en la pagina 6, ver figura 3.4

Figura 3.4: Uso del correlador en la detección de fugas



Métodos

Los métodos empleados en la localización y detección de fugas se pueden mencionar los siguiente: el diagnóstico en los sectores, procedimiento para sondeo y presión diferencial para evitar las fugas y se programará el mantenimiento de las redes en los sectores programados. El diagnóstico en sectores para el control en subdividir las zonas de abastecimiento en sectores menores o “sectores de fugas”, de tal forma que a cada uno de ellos le entre el agua por un solo punto en donde se coloca un medidor o un pirómetro, estos sectores tienen mayor incidencia de fugas y en ellos se efectúa el sondeo. Si es de anotar la importancia de este método que situamos en primer lugar ya que, dentro del mismo, la detección y reparación de las fugas es marginal, por cuanto comprende la verdadera optimización del sistema, ya que su aplicación implica: el conocimiento exacto de las redes de distribución y la confección de los planos actualizados de las mismas, el conocimiento de todas las válvulas del sistema y su manteniendo adecuado. El conocimiento de las zonas débiles del sistema para futuros programas de renovación de redes, la capacidad de las tuberías, así de los flujos y sus variaciones diarios y horarios dentro del sistema. Una operación eficiente y segura.

El procedimiento para sondeo y presión diferencial para evitar las fugas, es metodología de campo que consiste en pasar una varilla de sondeo, hidrófono, geófono o detector electrónico sobre los accesorios expuesto y sobre las tuberías para localizar las fugas. El ruido que produce el agua al escapar es el resultado de alguno de los siguientes factores:

turbulencia que produce vibraciones mecánicas en el tubo, que produce el chorro de agua de la fuga, en la cavidad, con burbujas de aire explotando. Choques del agua contra las paredes de la cavidad, piedras del subsuelo. Hasta sea posible, para localizar fugas es preferible el sondeo directo sobre las tuberías y sobre los accesorios. Esto produce mejores resultados que superficie del terreno. El equipo incluye un analizador de frecuencia con diez bandas que cubren el rango de 40 hz a 10 khz. El análisis de los componentes de frecuencia del sonido dentro de estas bandas. La detección de fugas se lleva a cabo colocando el micrófono en puntos de sondeo descubiertos, tales como válvulas, hidrantes, o directamente sobre el tubo en las calles.

Se programará el mantenimiento en los sectores programados, en la siguiente actividad: obtener planos de catastro de redes y conexiones, se coordinará con sector de operaciones para revisión en el terreno de las condiciones de operación de la zona. Fijas las condiciones las condiciones operativas más convenientes para la detección en el sector. Coordinar con mantenimiento preventivo de redes y/o sector para la limpieza de cajas de válvulas y grifos. Estructuras en el terreno el recorrido para la detección con optimización de tiempos, pasándolo a los planos correspondientes. Coordinar con el sector correspondiente para obtener condiciones operativas y mantenerlas por todo el tiempo requerido. Fijar las fechas convenientes para la detección. Realizar la limpieza de cajas de válvulas y grifos. Solicitar a la comisaria de la zona la correspondiente protección policial. Solicitar al sector que una unidad con ruido del turno nocturno o de emergencia, preste apoyo a la unidad de detección de fugas. Repartir

volantes en todas las viviendas de la zona y comprobar calidad de limpieza de válvulas y grifos, efectuada por mantenimiento preventivo. Realizar la detección, informando diariamente tanto las ocurrencias durante el trabajo como los resultados de este en la referente a fugas y otras observaciones. Coordinar con mantenimiento preventivo de redes la limpieza de cajas de conexiones domiciliarias para la etapa de localización. Realizar el seguimiento de la limpieza de cajas de conexiones domiciliarias. Repartir volantes en todas las viviendas de la zona y comprobar la limpieza de las cajas de conexiones, efectuada por mantenimiento preventivo. Realizar la localización, con informes diarios señalados en el punto de la realizar la detección. Realizar la el seguimiento de la reparación de fugas, comparando caudales detectados y reparados y haciendo a la unidad móvil de detección de fugas. Informar diariamente a mantenimiento preventivo las fugas encontradas. Determinar el costo del programa de detección de fugas. Solicitar y procesar costos totales de reparación de figas de mantenimiento preventivo. Evaluar los caudales detectados y reparados con objeto de estructurar informe trimestral del plan anual de desarrollo. Evaluar económicamente y obtener relación beneficio – costo del programa.

Enfoque

El estudio reúne las condiciones suficientes para ser considerado como una investigación cualitativa, debido a que estamos utilizando conocimientos existentes respecto a metodología para controlar, las cuales se enfoca a la realidad en el mantenimiento y la reducción de las fugas no

visibles de la red de agua potable en el distrito de San Martín de Porres – Lima.

La investigación es del nivel descriptiva, explicativa y correlacionada, porque el objetivo del estudio es resolver un determinado problema. en la red de agua potable.

Alcance

En esta investigación es descriptivo, los mismos que van a ayudar en el análisis y procesamiento de los datos, para describir todos los aspectos relacionados con la gestión del mantenimiento y la reducción de las fugas no visibles de la red de agua potable en el distrito de San Martín de Porres - Lima.

3.6. Análisis de Datos

Se ha realizado un análisis descriptivo y exploratorio de la información obtenida, aplicando los siguientes procedimientos:

- **Revisión de la información primaria:** documentos, encuestas.
- **Revisión de la información secundaria:** libros, reportes, estadísticas, fotografías.
- **Otras fuentes:** opiniones de expertos sobre el tema.

Análisis documental. - Esta técnica ha permitido conocer, comprender, analizar e interpretar, a través revistas, textos, libros, artículos de Internet y otras fuentes documentales sobre la gestión del mantenimiento y así también la reducción de las fugas no visibles en las redes de agua potable.

Indagación. - Esta técnica ha facilitado disponer de datos cualitativos y cuantitativos de cierto nivel de razonabilidad sobre la gestión del mantenimiento de las redes de agua potable y la reducción de las fugas no visibles en las redes de agua potable.

Conciliación de datos. - Esta técnica ha permitido conciliar los datos de algunos autores serán conciliados con otras fuentes, para que sean tomados en cuenta.

Tabulación de cuadros con cantidades y porcentajes. - Esta técnica ha permitido ordenar la información cuantitativa en cuadros que indiquen conceptos, cantidades, porcentajes y otros detalles de utilidad para la investigación.

Comprensión de gráficos. - Se utilizó esta técnica para presentar los gráficos con información para comprender la evolución de la información entre periodos, entre elementos y otros aspectos.

Instrumentos

Entre los principales instrumentos que utilizaremos en la investigación, tenemos uso cuestionario y análisis documental, para el estudio se usó instrumentos de medición: Herramientas de campo, software, etc.

IV. RESULTADOS

4.1 Resultados obtenidos en el Área de trabajo

Los resultados de la encuesta obtenidos sobre las fugas no visibles en el área de trabajo del distrito de San Martín de Porres tienen un elevado grado de empeño y compromiso.

Los resultados mostraron en este estudio, que no fue la excepción; la participación de la población fue necesario, para recopilar información necesaria a través de la encuesta, se obtuvo buena información en campo.

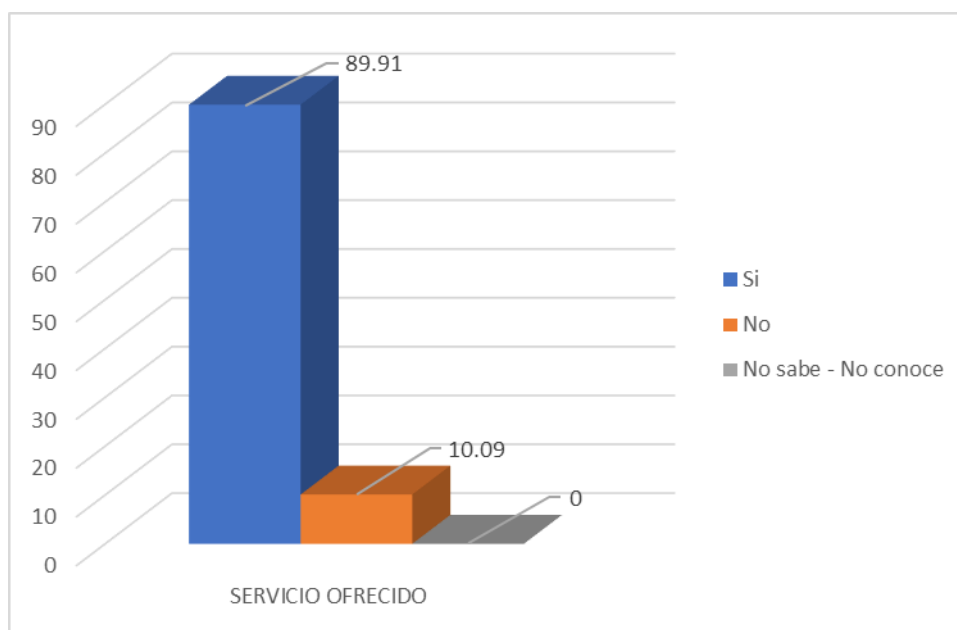
El fomentar esta práctica durante la ejecución del proyecto de una manera integrada, participativa, por un mismo equipo técnico y como parte inherente de la intervención de agua, se convierte en un mandato para maximizar los resultados.

1. Se puede considerar que el Mantenimiento contiene un Programa de Mantenimiento, ¿Está de acuerdo en utilizar este servicio de detección de fugas?

Tabla 4.1 Análisis del servicio ofrecido a la población

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si.	98	89.91
2	No.	11	10.09
3	No sabe- No conoce	00	00.00
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.1 Análisis del servicio ofrecido a la población

Fuente: Elaboración Propia

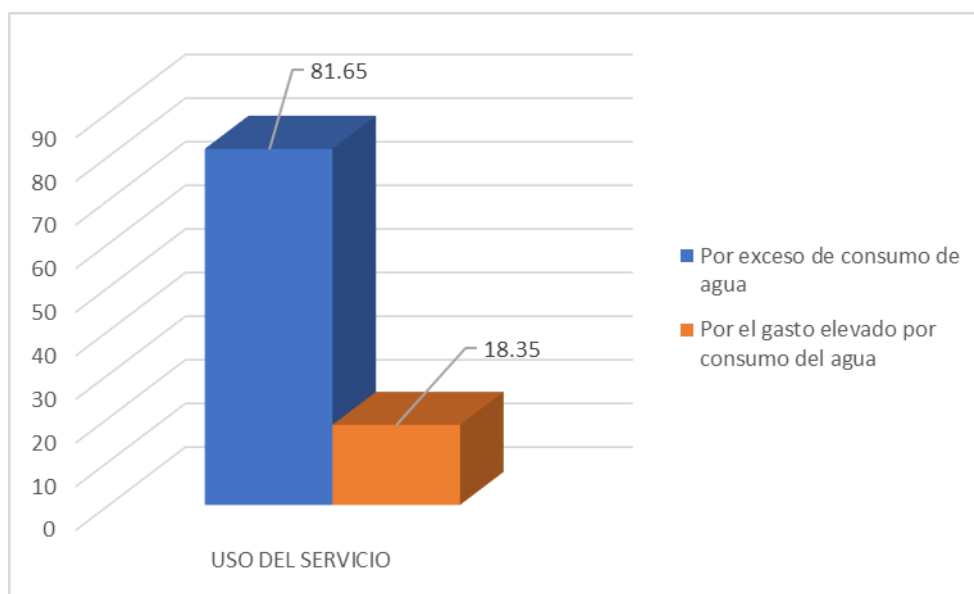
Los datos adquiridos en la tabla 4.1, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 98 personas se obtuvo el 89.91% está de acuerdo en utilizar este servicio de detección de fugas. Ver la figura 4.1.

2. Al utilizar el procedimiento para evitar las fugas, ¿Por qué motivo aceptaría utilizarlo el sistema de detección de fugas?

Tabla 4.2 Análisis en utilizar el servicio ofrecido a la población

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Por exceso de consumo de agua	89	81.65
2	Por el gasto elevado por consumo del	20	18.35
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.2 Análisis en utilizar el servicio ofrecido a la población

Fuente: Elaboración Propia

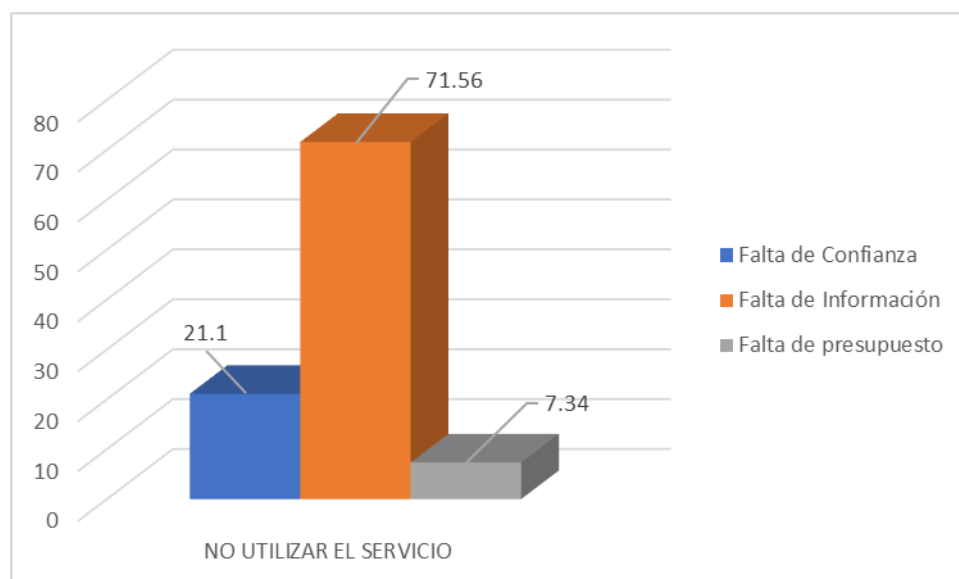
Los datos adquiridos en la tabla 4.2, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 89 personas se obtuvo el 81.65% está de acuerdo en utilizar este servicio de detección de fugas. Ver la figura 4.2.

3. El Diagnostico en el Mantenimiento, ¿Por qué no aceptaría el servicio de fugas?

Tabla 4.3 Análisis en NO utilizar el servicio ofrecido a la población

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Falta de Confianza	23	21.10
2	Falta de Información	78	71.56
3	Falta de presupuesto	8	7.34
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.3 Análisis en NO utilizar el servicio ofrecido a la población

Fuente: Elaboración Propia

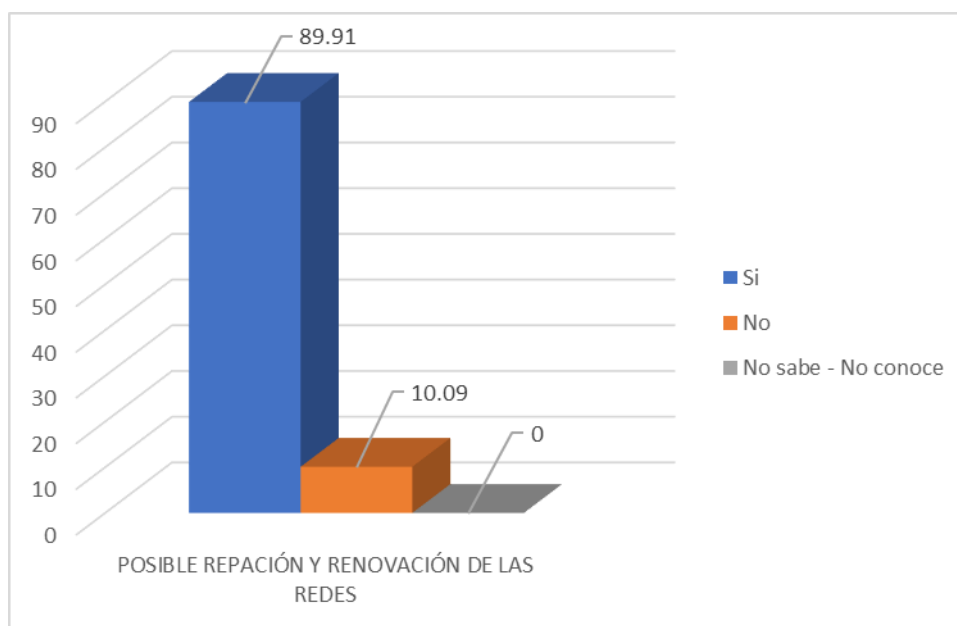
Los datos adquiridos en la tabla 4.3, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 78 personas se obtuvo el 71.56% está de acuerdo en NO utilizar este servicio de detección de fugas por falta de información. Ver la figura 4.3.

4. ¿Es posible realizar la reparación y renovación de la red de agua potable, debido a las condiciones que se encuentran las tuberías y conexiones?

Tabla 4.4 Análisis en realizar reparaciones y renovación en la red de agua potable

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	98	89.91
2	No	11	10.09
3	No sabe – No conoce	00	00
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.4 Análisis en realizar reparaciones y renovación en la red de agua potable

Fuente: Elaboración Propia

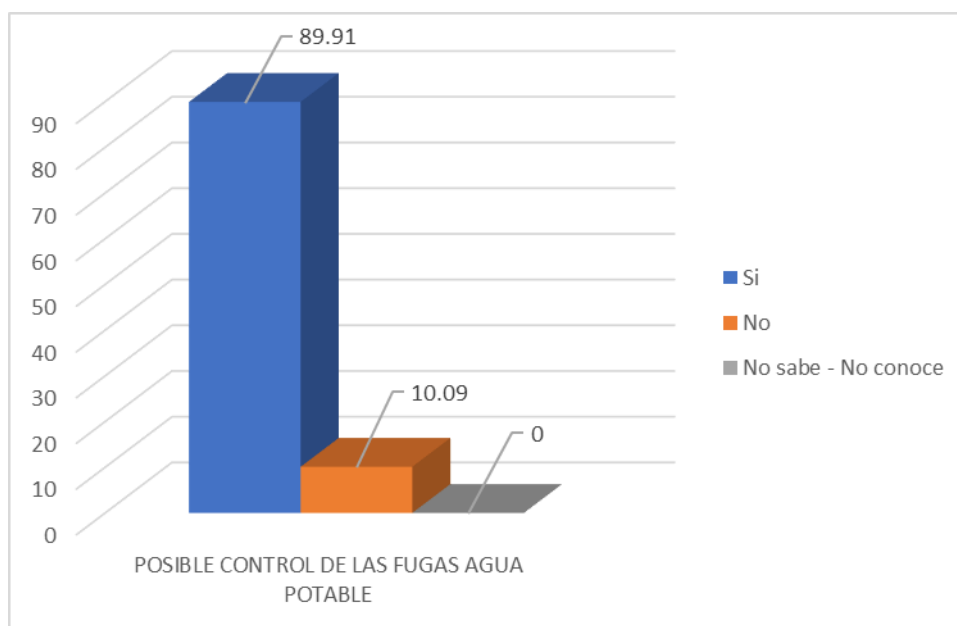
Los datos adquiridos en la tabla 4.4, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 98 personas se obtuvo el 89.91% está de acuerdo en realizar reparaciones y renovación en la red de agua potable. Ver la figura 4.4.

- Al utilizar el procedimiento de mantenimiento apropiado, ¿Es posible controlar las fugas en la red de agua potable?

Tabla 4.5 Análisis en el control de las fugas en la red de agua potable

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	98	89.91
2	No	11	10.09
3	No sabe – No conoce	00	00
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.5 Análisis en el control de las fugas en la red de agua potable

Fuente: Elaboración Propia

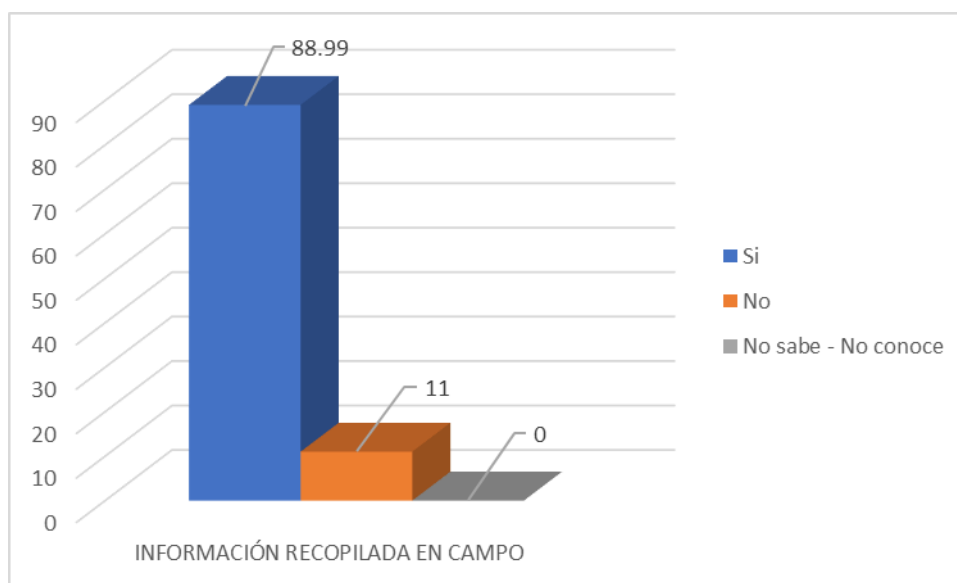
Los datos adquiridos en la tabla 4.5, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 98 personas se obtuvo el 89.91% está de acuerdo es posible controlar las fugas en la red de agua potable. Ver la figura 4.5.

6. En caso de que se Gestione el mantenimiento en la red de agua potable, ¿Se hará cargo de la información recopilada por SEDAPAL de ese sector?

Tabla 4.6 Análisis de las redes de agua potable, mantenimiento y pérdida de agua

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	97	88.99
2	No	12	11.00
3	No sabe – No conoce	00	00
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.6 Análisis de las redes de agua potable, mantenimiento y pérdida de agua

Fuente: Elaboración Propia

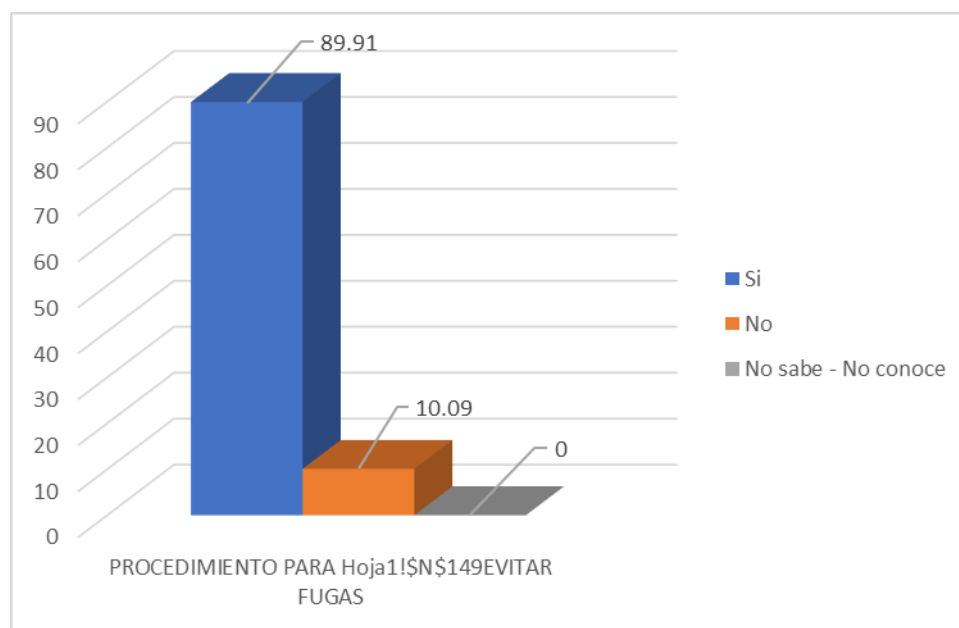
Los datos adquiridos en la tabla 4.6, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 97 personas se obtuvo el 88.99% está de acuerdo se hará cargo de la información recopilada por SEDAPAL de ese sector. Ver la figura 4.6.

7. ¿La Gestión del mantenimiento en el procedimiento para evitar las fugas en la red de agua potable, cuenta con garantía?

Tabla 4.7 Análisis entre redes de agua potable, mantenimiento y pérdida de agua

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	98	89.91
2	No	11	10.09
3	No sabe – No conoce	00	00
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.7 Análisis entre redes de agua potable, mantenimiento y perdida de agua

Fuente: Elaboración Propia

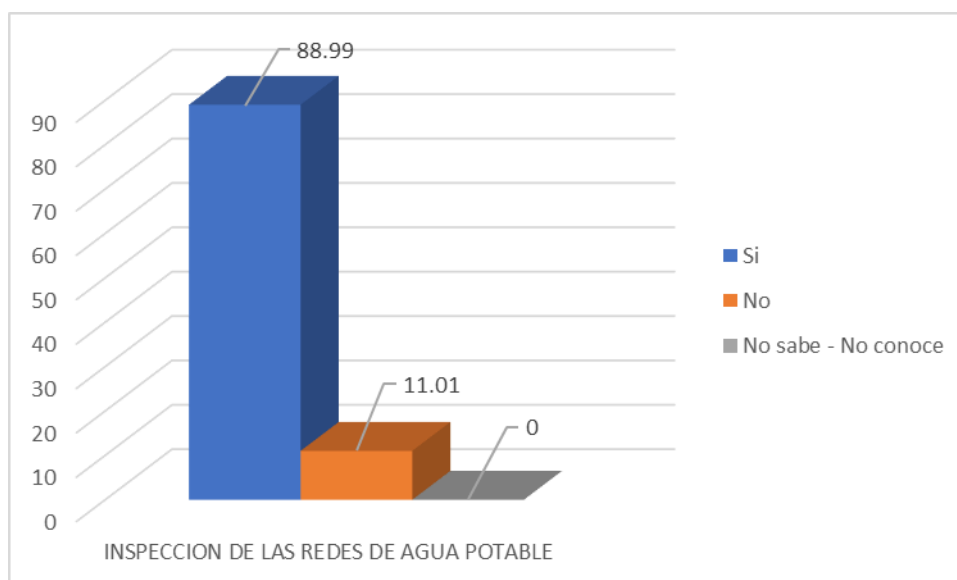
Los datos adquiridos en la tabla 4.7, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 98 personas se obtuvo el 89.91% está de acuerdo para evitar las fugas en la red de agua potable, cuenta con garantía. Ver la figura 4.7.

8. La Programación del mantenimiento para el control en las inspecciones de la red de agua potable, ¿Está usted preocupado por la disponibilidad del agua para el futuro?

Tabla 4.8 Análisis de la programación inspección para la red de agua potable

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	97	82.49
2	No	12	11.01
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.8 Análisis de la programación inspección para la red de agua potable

Fuente: Elaboración Propia

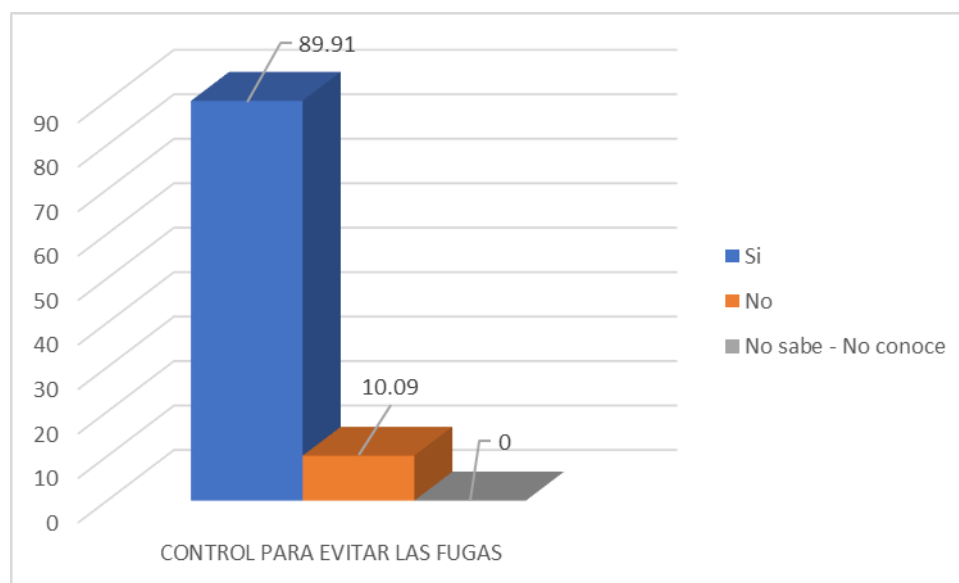
Los datos adquiridos en la tabla 4.8, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 97 personas se obtuvo el 82.49% está de acuerdo para la disponibilidad del agua para el futuro. Ver la figura 4.8.

9. La Gestión del mantenimiento preventivo y correctivo en el procedimiento de evitar las fugas, ¿Le permite a Sedapal controlar las fugas no visibles en la red de agua potable?

Tabla 4.9 Análisis controlar las fugas no visibles en la red de agua potable

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	98	89.91
2	No	11	10.09
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.9 Análisis controlar las fugas no visibles en la red de agua potable

Fuente: Elaboración Propia

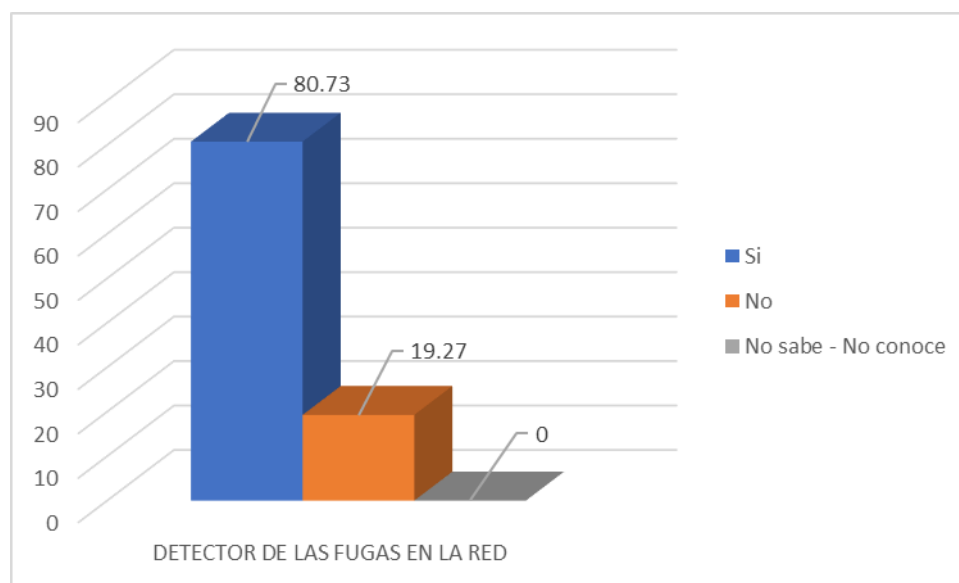
Los datos adquiridos en la tabla 4.9, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 98 personas se obtuvo el 89.91% está de acuerdo para controlar las fugas no visibles en la red de agua potable. Ver la figura 4.9.

10. El programa de mantenimiento de Sedapal tiene casi 20 años, ¿ha considerado que, es un programa que genera beneficio, al detectar las fugas en la red durante todos estos años?

Tabla 4.10 Análisis detectar las fugas en la red durante todos estos años

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	97	88.99
2	No	12	11.01
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.10 Análisis detectar las fugas en la red durante todos estos años

Fuente: Elaboración Propia

Los datos adquiridos en la tabla 4.10, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 97 personas se obtuvo el 88.99% está de acuerdo en detectar las fugas en la red durante todos estos años. Ver la figura 4.10.

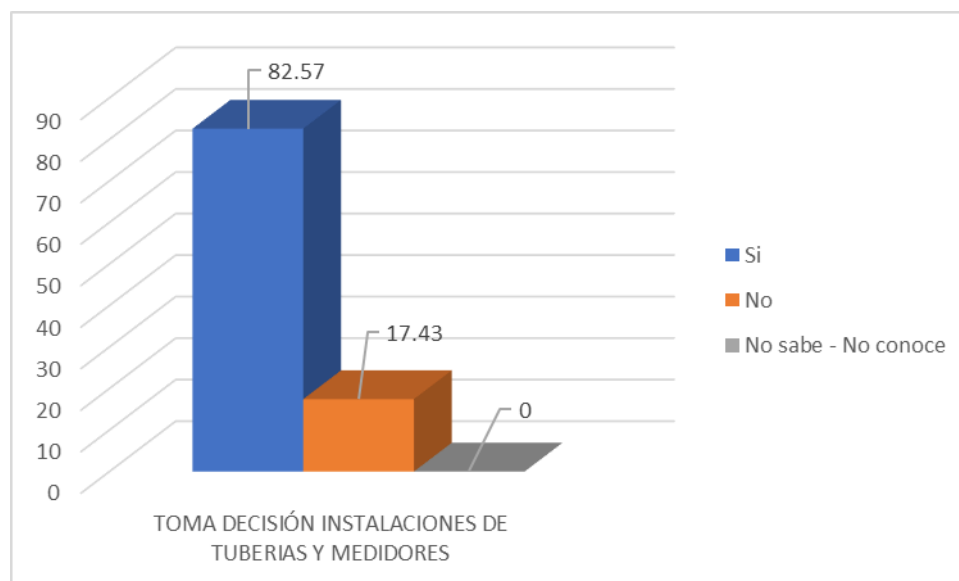
11. Las personas especializadas en la detección de fugas en la red de agua potable, ¿Toma las precauciones en las instalaciones de las tuberías y medidores?

Tabla 4.11 Análisis en la toma de decisión de las precauciones en las instalaciones de las tuberías y medidores domiciliarios

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	90	82.57
2	No	19	17.43
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.11 Análisis en la toma de decisión de las precauciones en las instalaciones de las tuberías y medidores domiciliarios



Fuente: Elaboración Propia

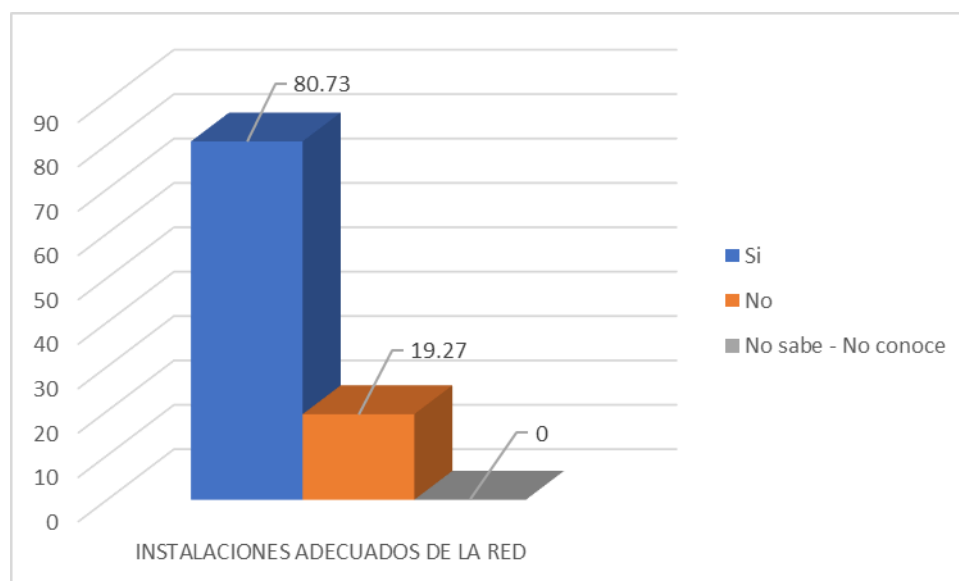
Los datos adquiridos en la tabla 4.11, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 90 personas se obtuvo el 82.57% está de acuerdo en la toma de las precauciones en las instalaciones de las tuberías y medidores. Ver la figura 4.11.

12. La reducción de las fugas en la red de agua potable, ¿Tiene conocimiento si están instalados adecuadamente los elementos de unión?

Tabla 4.12 Análisis del conocimiento si están instalados adecuadamente la red

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	88	80.73
2	No	21	19.27
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.12 Análisis del conocimiento si están instalados adecuadamente la red

Fuente: Elaboración Propia

Los datos adquiridos en la tabla 4.12, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 88 personas se obtuvo el 80.73% está de acuerdo en el conocimiento si están instalados adecuadamente los elementos de unión. Ver la figura 4.12.

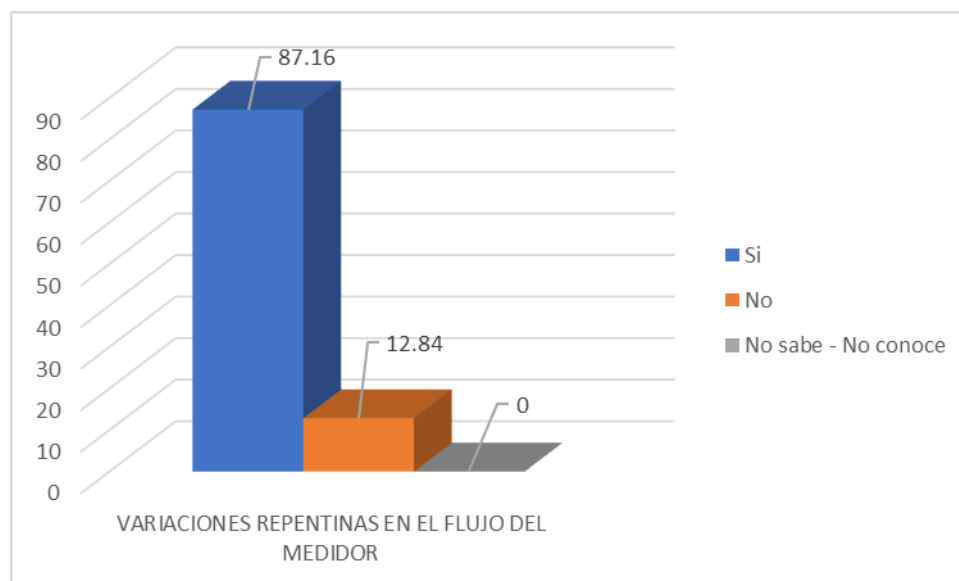
13. El medidor domiciliario, para evitar las fugas de agua potable, ¿Tiene conocimiento si se toma precauciones en las variaciones repentinas en el flujo del medidor?

Tabla 4.13 Análisis precauciones en las variaciones repentinas en el flujo del medidor

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	95	87.16
2	No	14	12.84
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.13 Análisis precauciones en las variaciones repentinas en el flujo del medidor



Fuente: Elaboración Propia

Los datos adquiridos en la tabla 4.13, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 95 personas se obtuvo el 87.16% está de acuerdo en las precauciones en las variaciones repentinas en el flujo del medidor.

Ver la figura 4.13.

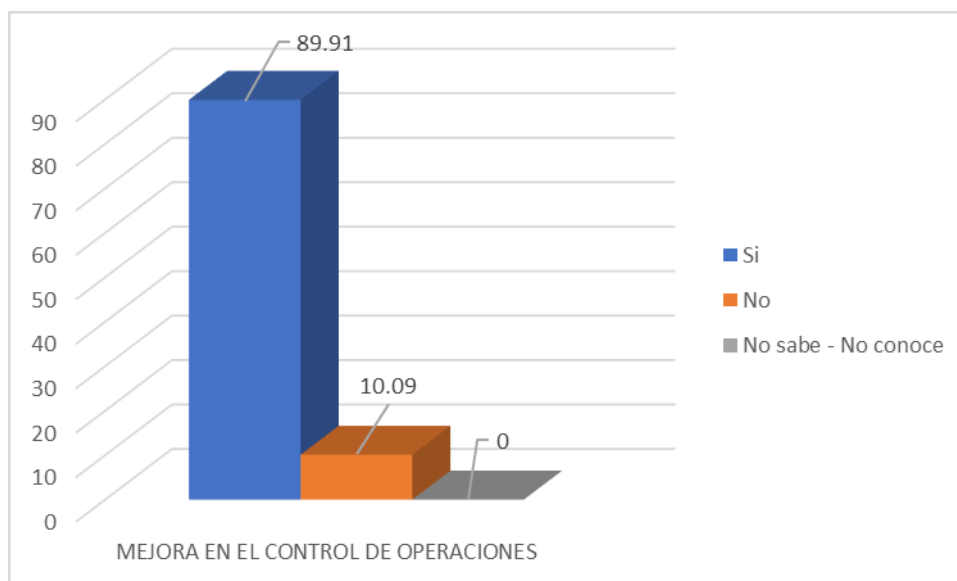
14. El Proyecto de Fortalecimiento en Gestión de Agua no Facturada, ¿Piensa que mejorará el control operacional y reducirá las pérdidas de agua potable, mediante la renovación de las redes de agua potable u conexiones domiciliaria?

Tabla 4.14 Análisis de mejorar el control operacional y la reducción de las pérdidas

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	98	89.91
2	No	11	10.09
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.14 Análisis de mejorar el control operacional y la reducción de las pérdidas



Fuente: Elaboración Propia

Los datos adquiridos en la tabla 4.14, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 98 personas se obtuvo el 89.91% está de acuerdo en las mejorará el control operacional y reducirá las pérdidas de agua potable, mediante la renovación de las redes de agua potable u conexiones domiciliaria. Ver la figura 4.14.

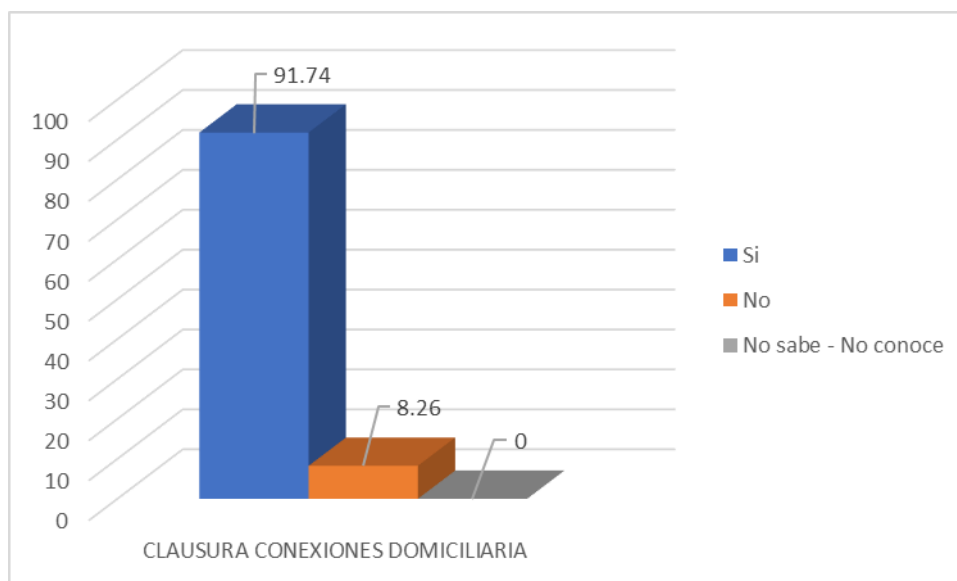
15. SEDAPAL tiene proyectado recuperar más pérdidas de agua potable, con la clausura de conexiones clandestinas, ¿se podrá intensificar las acciones para clausurar las conexiones clandestinas en el distrito de San Martín de Porres?

Tabla 4.15 Análisis en intensificar las acciones para clausurar las conexiones clandestinas

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	100	91.74
2	No	9	8.26
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.15 Análisis en intensificar las acciones para clausurar las conexiones clandestinas



Fuente: Elaboración Propia

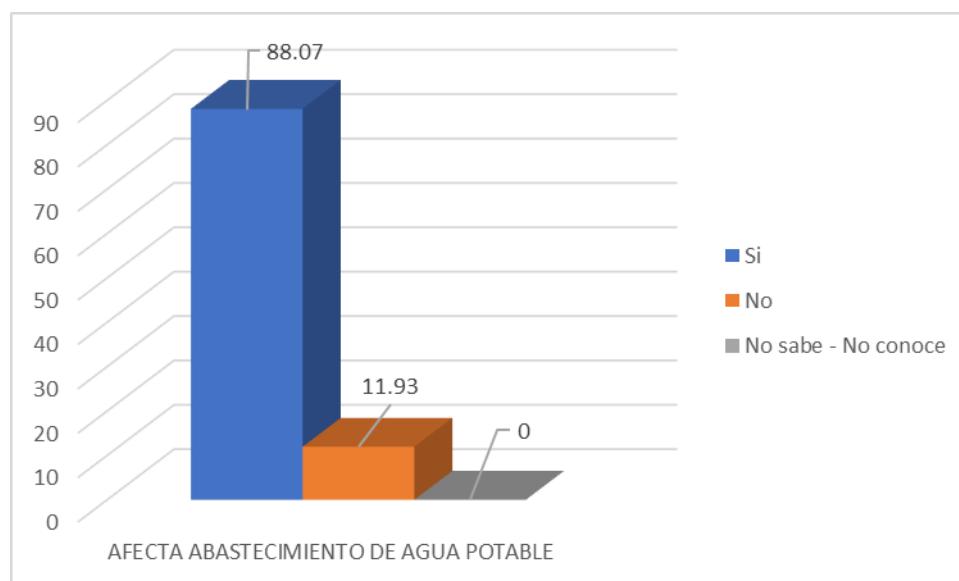
Los datos adquiridos en la tabla 4.15, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 100 personas se obtuvo el 91.74% está de acuerdo en intensificar las acciones para clausurar las conexiones clandestinas en el distrito. Ver la figura 4.15.

16. SEDAPAL invoca a la población a denunciar a quienes hurtan agua a través de conexiones clandestinas, ¿con esta acción afectara el normal abastecimiento de agua potable, principalmente en las horas de mayor consumo?

Tabla 4.16 Análisis en la afectación normal en el abastecimiento de agua potable

	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	96	88.07
2	No	13	11.93
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.16 Análisis en la afectación normal en el abastecimiento de agua potable

Fuente: Elaboración Propia

Los datos adquiridos en la tabla 4.16, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 96 personas se obtuvo el 88.07% está de acuerdo en la acción afectara el normal abastecimiento de agua potable, principalmente en las horas de mayor consumo. Ver la figura 4.16.

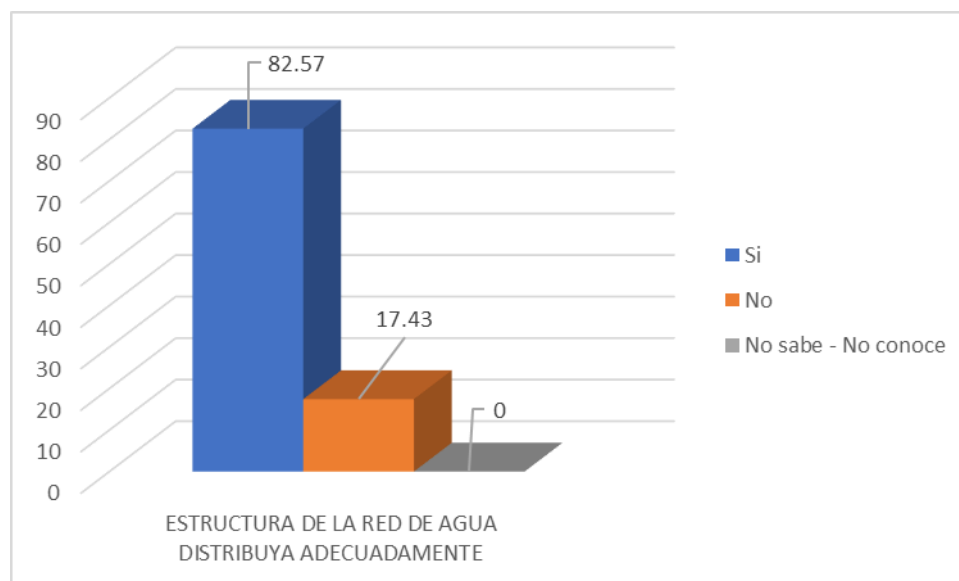
17. La operación de un sistema de distribución, ¿se puede considerar como el conjunto de actividades para conseguir que las estructuras correspondientes puedan distribuir adecuadamente en el agua potable?

Tabla 4.17 Análisis para conseguir que las estructuras puedan distribuir adecuadamente

	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	90	82.57
2	No	19	17.43
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.17 Análisis para conseguir que las estructuras puedan distribuir adecuadamente



Fuente: Elaboración Propia

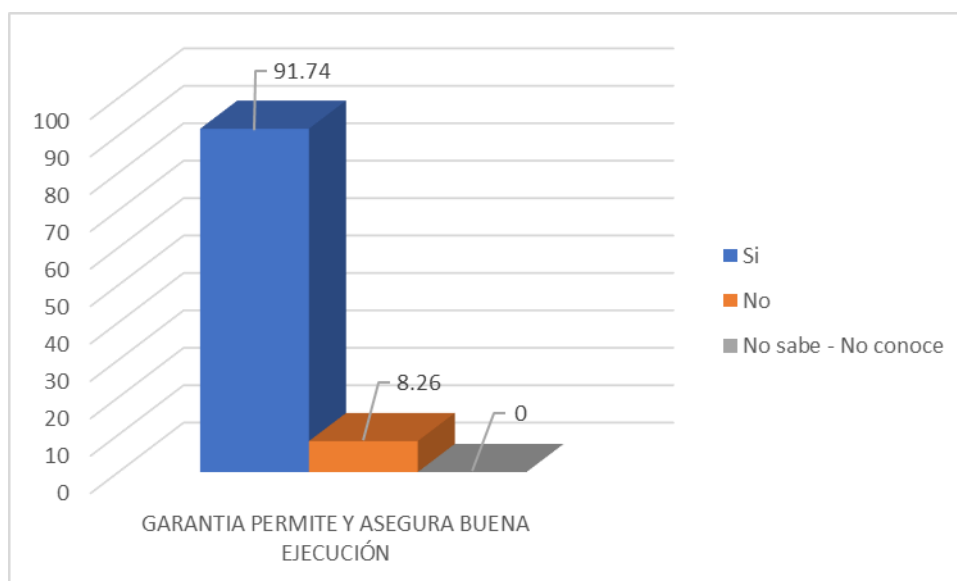
Los datos adquiridos en la tabla 4.17, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 90 personas se obtuvo el 82.57% está de acuerdo que se pueda considerar como el conjunto de actividades para conseguir que las estructuras correspondientes puedan distribuir adecuadamente en el agua potable. Ver la figura 4.17.

18. El mantenimiento de la red de distribución del sistema de Agua potable, ¿puede garantizar por medio de programas de ejecución permanente y adecuados?

Tabla 4.18 Análisis en garantizar por medio de programas de ejecución

	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	100	91.74
2	No	9	8.26
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.18 Análisis en garantizar por medio de programas de ejecución

Fuente: Elaboración Propia

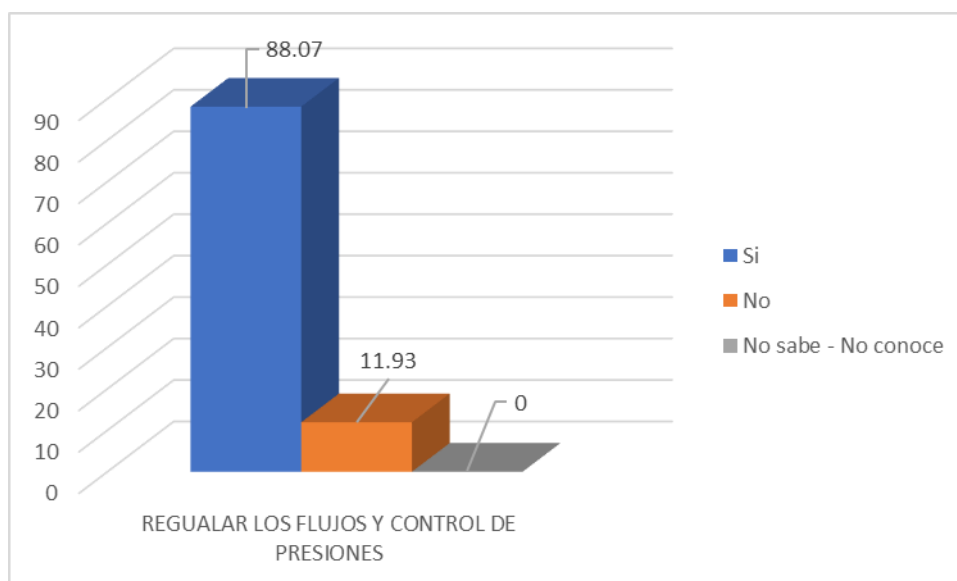
Los datos adquiridos en la tabla 4.18, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 100 personas se obtuvo el 91.74% está de acuerdo que se pueda garantizar por medio de programas de ejecución permanente y adecuados. Ver la figura 4.18.

19. Sabiendo que el agua se reparte a través de los sistemas de distribución en base de flujo producido conveniente de presiones, ¿la operación, se podrá regular los flujos y el control de presiones?

Tabla 4.19 Análisis que podrá regular los flujos y el control de presiones

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	96	88.07
2	No	13	11.93
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.19 Análisis que podrá regular los flujos y el control de presiones

Fuente: Elaboración Propia

Los datos adquiridos en la tabla 4.19, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 96 personas se obtuvo el 88.07% está de acuerdo que se podrá regular los flujos y el control de presiones. Ver la figura 4.19.

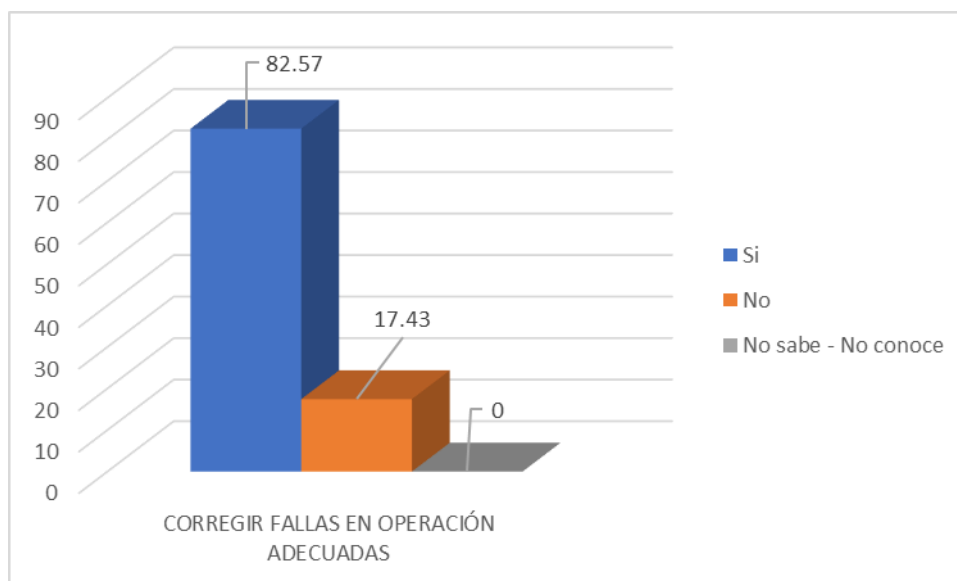
20. El mantenimiento del sistema de agua potable, ¿Es necesario que se considere corregir oportunamente las fallas, en condiciones de operar adecuadamente?

Tabla 4.20 Análisis en corregir oportunamente las fallas en operar adecuadamente

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si	90	82.57
2	No	19	17.43
3	No sabe – No conoce	0	0
	TOTAL	109	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.20 Análisis en corregir oportunamente las fallas en operar adecuadamente



Fuente: Elaboración Propia

Los datos adquiridos en la tabla 4.20, se obtuvo en campo a través de la encuesta con apoyo de la población y trabajadores de la empresa, con una cantidad de 90 personas se obtuvo el 82.57% está de acuerdo en corregir oportunamente las fallas, en condiciones de operar adecuadamente. Ver la figura 4.20.

4.2 CONTRASTACION DE LA HIPÓTESIS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL SOFTWARE SPSS

La hipótesis estadística es la transformación de la hipótesis de investigación, cuando los datos del estudio que se ha recolectado y analizado para su aprobación, las hipótesis son cuantitativas, es decir, el investigador traduce su hipótesis de investigación y si hipótesis nula cuando se formula las hipótesis alternativas, y en estadísticos una afirmación respecto a las características de la población. Contrastar una hipótesis es comparar las predicciones realizadas por el investigador con la realidad observada. Se asume que si esta probabilidad es más de un 5% (0,05) debemos rechazar la hipótesis del investigador en favor de la hipótesis nula.

Se utilizará el programa SPSS por su versatilidad y comprensión de los resultados obtenidos. Para efectos de contrastar la hipótesis es necesario disponer de los datos de las variables: Independiente y dependiente.

La variable independiente es **LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO** y la variable dependiente es **REDUCCIÓN FUGAS NO VISIBLES**

Los resultados del Sistema SPSS, son los siguientes:

Tabla 4.21 Tabla de Estadísticos

		LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES
N	Válidos	109	109
	Perdidos	0	0
Media		94.78	94.34
Mediana		98.00	96.00
Moda		98	90
Desv. típ.		6.231	4.263
Varianza		38.821	18.171
Mínimo		78	88
Máximo		98	100

ANÁLISIS DE LA TABLA DE ESTADÍSTICOS:

En esta tabla se presentan los estadísticos más importantes.

La media o valor promedio de la variable independiente es 94.78% en cambio la media o promedio de la variable dependiente es 94.34%. Lo que indica un buen promedio para ambas variables, siendo mejor para la variable independiente, que es la que se busca solucionar, lo cual apoya el modelo de investigación llevado a cabo.

Las medidas comúnmente utilizadas en investigación son la Varianza y la Desviación típica, siendo esta última la más utilizada porque es una medida que indica cuan dispersos están los datos respecto del promedio, entonces, la desviación típica mide el grado de desviación de los valores en relación con el valor promedio, en este caso es 6.231% para la variable independiente y 4.263% para la variable dependiente, lo que quiere decir que hay alta concentración en los resultados obtenidos; siendo mejor dicha

concentración en la variable dependiente, lo que favorece al modelo de investigación propuesto.

Histograma:

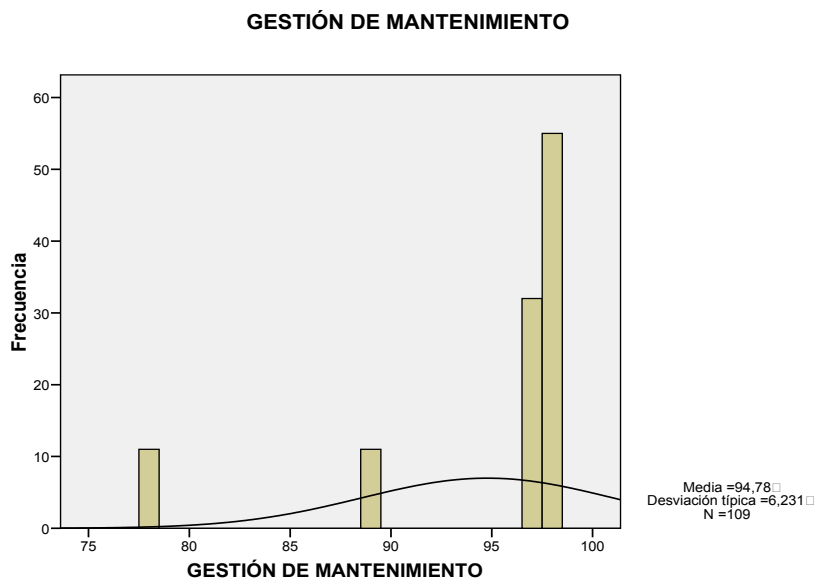
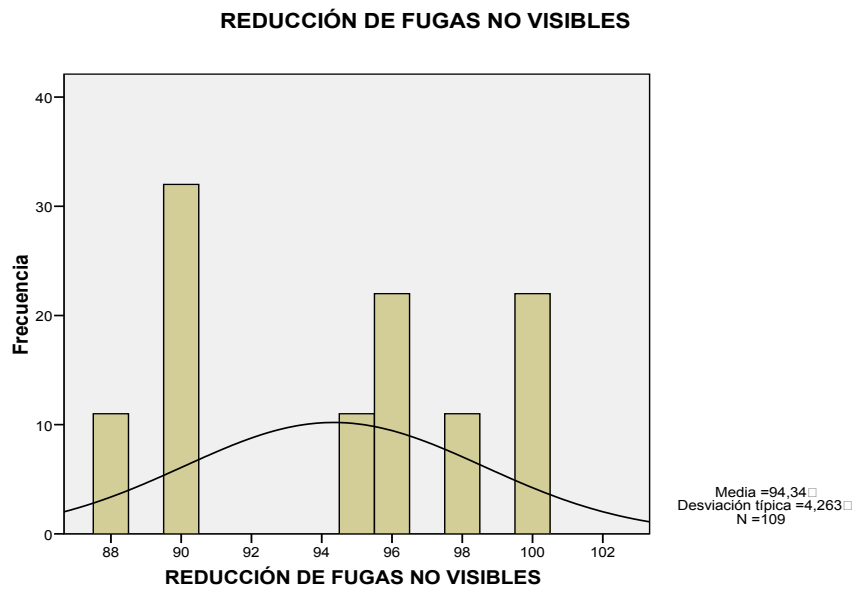


Tabla 4.22 Tabla de Correlación entre las variables

		LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES
LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 109	78.50%(*) 3.50% 109
REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	78.50%(*) 3.50% 109	1 109

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Esta tabla mide el grado de relación entre las variables independiente y dependiente, así también el coeficiente de correlación y grado de significancia.

La medida de correlación más utilizada en investigaciones es la denominada “Correlación lineal de Pearson”, que indica el grado de relación lineal de las variables que se desea medir. El valor de la correlación fluctúa entre -1 y 1, donde valores cercanos a -1 indican una fuerte correlación negativa, mientras que valores cercanos a 1 indican una fuerte relación positiva. Si el valor de la correlación es cercano a cero, se puede decir que el grado de relación lineal entre las variables es cero o muy débil.

Correlación valor o rango se clasifica de la siguiente manera:

Rango	Correlación Significado
$r = 1$	Correlación Perfecta
$0,8 < r < 1$	Correlación muy Alta
$0,6 < r < 0,8$	Correlación Alta

$0,4 < r < 0,6$	Correlación Moderada
$0,2 < r < 0,4$	Correlación Baja
$0 < r < 0,2$	Correlación Muy Baja
$r = 0$	Correlación Nula.

El valor de la correlación es igual a 0.785, es decir 78.50%, lo cual indica correlación directa (positiva), regular, por tanto, aceptable.

La prueba de significancia estadística busca probar que existe una diferencia real, entre dos variables estudiadas, y además que esta diferencia no es al azar. Siempre que se estudie dos diferencias existe la probabilidad que dichas diferencias sean producto del azar y por lo tanto usamos la probabilidad que no es más que el grado de significación estadística, y suele representarse con la letra p.

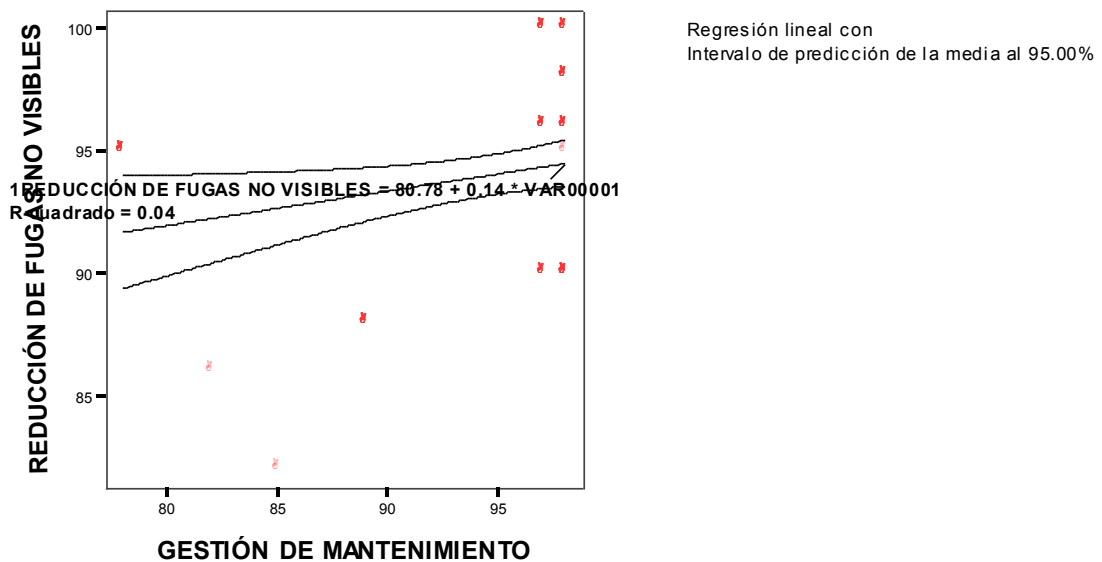
El valor de p es conocido como el valor de significancia. Cuanto menor sea la p, es decir, cuanto menor sea la probabilidad de que el azar pueda haber producido los resultados observados, mayor será la tendencia a concluir que la diferencia existe en realidad. El valor de p menor de 0.05 nos indica que el investigador acepta que sus resultados tienen un 95% de probabilidad de no ser producto del azar, en otras palabras, aceptamos con un valor de $p = 0.05$, que podemos estar equivocados en un 5%. Ver figura 4.1 de la regresión lineal.

Ahora en base al cuadro del SPSS tenemos un valor de significancia (p), igual a 3.50%, el mismo que es menor al margen de error propuesto del 5.00%, lo que, de acuerdo con la teoría estadística generalmente aceptada, permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la

hipótesis alternativa, desde el punto de vista de la correlación de las variables.

La evaluación gráfica, se analizará la posible relación lineal a través de un grafico de puntos (Asignar variables, seleccionando las dos variables entre las variables cuantitativas independiente (eje x) y dependiente (eje y), y colocándolas en las ventanas correspondientes del eje cartesiano) y ajustando una línea de regresión a través del método de Regresión, obtener la ecuación de la línea de regresión y visualizar las líneas de pronóstico para un intervalo de confianza determinada del 95%.

Figura 4.21: Comparación regresión lineal



Es que el investigador puede utilizar la herramienta conocida como “Regresión Lineal”. El sentido de esta técnica estadística, es el de predecir una medida basándose en el conocimiento de otras, de manera que el

investigador puede generar un modelo de regresión lineal y a su vez, verificar la validez de este. Vemos que a simple vista la correlación entre estas dos variables es elevada y de dirección positiva (cuando crece una crece la otra). Ver figura 4.21

**TABLAS DE REGRESIÓN DEL MODELO:
VARIABLES INTRODUCIDAS/ELIMINADAS (a):**

Tabla 4.23 Tablas de Regresión del modelo: variables introducidas/eliminadas

Modelo	VARIABLES INTRODUCIDAS	VARIABLES ELIMINADAS	Método
1	LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO		Hacia adelante (criterio: Prob. de F para entrar <= .050)

a Variable dependiente: REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES

El visor de resultados proporciona al investigador una serie de tablas y cuadros que indican toda la información que se necesita. El primero de ellos (en la parte superior) indica cuales, de las variables ingresadas, finalmente han sido introducidas al modelo. En este caso particular, todas las variables fueron ingresadas y además indica que la variable dependiente corresponde al “REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES”. Ver tabla 4.23

RESUMEN DEL MODELO(b)

Tabla 4.24 Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	78.50%(a)	81.50%	61.20%	3.45%

a Variables predictoras: (Constante), LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

b Variable dependiente: REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES

ANÁLISIS DE LA TABLA DE REGRESION

La Regresión como la correlación son dos técnicas estadísticas que se pueden utilizar para solucionar problemas comunes. Muchos estudios se basan en la creencia de que es posible cuantificar alguna Relación Funcional entre dos las variables, donde una variable depende de la otra variable.

En la tabla 4.24 en el segundo cuadro, ofrece al investigador información básica del modelo. En este caso el valor que más resulta útil es el “R cuadrado”, que indica básicamente que el modelo explica un 81.50% (0.815) de la REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES. En otras palabras, la REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES se explica en un 81.50%, los años de estudio y la experiencia previa.

La regresión es una técnica estadística generalmente aceptada que relaciona la variable dependiente **REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES** con la información suministrada por otra variable independiente **LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO**.

El cuadro del Modelo presenta el Coeficiente de correlación lineal corregido 61.20%, el cual, pese al ajuste que le da el sistema, significa una correlación aceptable.

De acuerdo al coeficiente de determinación obtenido el modelo de regresión explica que el 81.50% de la variación total se debe a la variable independiente: **LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO** y el resto se atribuye a otros factores; lo cual tiene lógica, por cuanto además de este instrumento hay otros elementos que pueden incidir en la variable dependiente **REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES**.

El Modelo también presenta el valor del Coeficiente de Correlación (R), igual al 78.50%, que significa una correlación buena en el marco de las reglas estadísticas generalmente aceptada.

Finalmente, la Tabla de Regresión presenta el Error típico de Estimación, el mismo que es igual al 3.45%. Dicho valor es la expresión de la desviación típica de los valores observados respecto de la línea de regresión, es decir, una estimación de la variación probable al hacer predicciones a partir de la ecuación de regresión. Es un resultado que favorece al modelo de investigación desarrollado, debido a que está por debajo del margen de error considerado del 5.00%.

ANOVA(b)

Tabla 4.25 ANOVA

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	87.196%	1	87.196%	4.617	3.50%(a)
	Residual	909.714%	107	8.502%		
	Total	996.91%	108			

- a. Variables predictoras: (Constante), LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO
b. Variable dependiente: REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES

ANÁLISIS DE LA TABLA ANOVA:

En la tabla 4.25 ANOVA, son las siglas de Análisis de la Varianza y la misma es una técnica estadística que sirve para decidir / determinar si las diferencias que existen entre las medidas de las variables son estadísticamente significativas. El análisis de varianza, es uno de los métodos estadísticos más utilizados y más elaborados en la investigación moderna. La técnica ANOVA se ha desarrollado para el análisis de datos en diseños estadísticos como el presenta los siguientes resultados: Suma de cuadrados, Grados de libertad, Media cuadrática, Estadístico “F” y el Valor de significancia. El estadístico “F” es el cociente entre dos estimadores diferentes de la varianza. Uno de estos estimadores se obtiene a partir de la variación existente entre las medias de regresión.

El otro estimador se obtiene a partir de la variación residual, también recoge una cuantificación de ambas fuentes de variación (sumas de cuadrados), los grados de libertad (gl) asociados a cada suma de cuadrados y el valor concreto adoptado por cada estimador de la varianza muestral

(media cuadrática: se obtiene dividiendo las sumas de cuadrados entre sus correspondientes grados de libertad). Ahora, el cociente entre estas dos medias cuadráticas nos proporciona el valor del Estadístico “F”, el cual aparece acompañado de su correspondiente nivel crítico o nivel de significación observado. El valor del estadístico F: 4.617, que, si bien no es muy alto, sin embargo, es representativo para la predicción del modelo lineal.

Luego tenemos el Valor Sig. = 3.50%. Ahora comparando el margen de error del 5.00% propuesto y el valor de significancia, $p=3.50\%$, tenemos que este último es menor. Por tanto, de acuerdo a la doctrina estadística generalmente aceptada, se concreta en el rechazo de la hipótesis nula y en la aceptación de la hipótesis del investigador. Lo que, de otro modo, significa también que se acepta el modelo obtenido a partir de la muestra considerada.

Coeficientes(a)

Tabla 4.26 Coeficientes

Modelo	Variables	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta	Orden cero	Parcial
1	LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	26.69%	5.11%		5.22%	3.70%
	REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES	71.00%	5.40%	78.50%	13.15%	3.50%

a. Variable dependiente: REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES

ANÁLISIS DE LA TABLA DE COEFICIENTES

Finalmente, la tabla 4.26 nos indica los parámetros y las pruebas de hipótesis para ello tenemos el Coeficiente de Regresión, que en un modelo de regresión lineal presenta los valores de “a” y “b” que determinan la expresión de la recta de regresión. En cuanto a los parámetros, el modelo se puede escribir de la siguiente manera: $Y = a + bX$.

Es necesario estimar los coeficientes de regresión estandarizados o coeficientes beta, lo que permite que los coeficientes sean más comparables. El coeficiente estandarizado o coeficiente beta indica el peso relativo de cada variable, sin importar la unidad de medida en que se encuentren expresadas.

En la tabla el coeficiente de regresión estandarizado para la variable independiente: **LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO** está vacío porque el estándar está dado justamente por dicha variable, en cambio el Coeficiente para la variable dependiente: **REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES** es 78.50%. Lo cual indica el peso que tiene dicha variable independiente sobre la variable dependiente.

Luego en relación con el Coeficiente no estandarizado, se tiene dos sub-columnas, una para el Valor de cada variable en el contexto del modelo (B) y otra para el error típico. Luego, el valor de la variable dependiente **REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES** es 71.00%, el mismo que es significativo, para los fines de la investigación, de acuerdo a convenciones generalmente aceptadas de la ciencia Estadística.

La tabla también presenta la columna “t”, el mismo que es un estadístico que se obtiene de dividir el coeficiente no estandarizado entre su error típico. El mismo que es favorable al Modelo.

La columna de mayor relevancia está referida al Grado de significancia, que el sistema SPSS, lo presenta como sig. El grado de significancia se compara con el denominado margen de error propuesto, en el presente caso: 5.00%. y se establece la contrastación de la hipótesis.

El valor del Grado de significancia obtenido en la tabla, para el caso de la variable dependiente **REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES** es 3.50%, luego este valor es menor que el margen de error del 5.00% propuesto, entonces se concluye que a un nivel de significancia del 3.50% se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En el caso de la Variable Independiente **LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO** se tiene que el valor de $p = 3.70\%$, al igual que en el caso anterior, también es menor que el margen de error del 5.00% propuesto por el investigador; por tanto, se concluye que a un nivel de significancia propuesto del 3.70% se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión

1. Raimund Herz (2011) nos dice que, en la presión máxima en las líneas de agua potable, la gestión de esta presión, es de máxima utilidad en los sistemas de abastecimiento de agua, con índices de fugas altos; pues las fugas, pueden reducirse considerablemente, reduciendo la presión del agua en distritos específicos y en períodos de bajo consumo.

Según Raimund Herz, no obstante que los proyectos de gestión de la presión, son rentables a corto plazo porque reducen el agua no facturada; no son desde luego, sustitutos de los programas de rehabilitación de la red a largo plazo.

Por lo tanto, en nuestro estudio el 89.91% de los encuestados, acepta el acuerdo en utilizar los servicios de detección de fugas, para determinar en forma anticipada la dirección que debe seguir la Municipalidad de San Martín de Porres con SEDAPAL. para conseguir sus misión y objetivos, dentro de un marco de racionalidad, transparencia y eficiencia del gasto, debiendo comprender a todos los elementos involucrados.

2. Stefan Gramel (2011), nos menciona sobre la presión que, la gestión activa de la presión, es útil en principio, pero sigue sin aplicarse en grado suficiente.

Según Stefan Gramel, indica que, en el análisis de la situación, deben complementarse entre sí, medidas de rehabilitación y, la gestión de la presión; a fin, de desarrollar la mejor estrategia para la reducción de las pérdidas de agua.

Por lo tanto, en nuestro estudio el 71.56% de los encuestados no acepta, por la falta de información. Por lo tanto, SEDAPAL intenta mejorar la productividad y calidad, para contar con suficiente capacidad de producción que, garantice un adecuado servicio para la creciente población que, acepta por exceso de consumo de agua, la ineficiencia de las tuberías rotas, en el domicilio soporta el volumen, presión y flujo que existen en la red de agua potable. Por lo expuesto, se debe gestionar la operación, mantenimiento y conservación del Sistema de Agua Potable.

3. BARTOLÍN (2013) establece que, la estrategia más extendida hoy en día para mejorar la gestión de la red y, aumentar su rendimiento, es la sectorización que, consiste básicamente en dividir la red en varios sectores hidráulicos de menor tamaño, cuyas entradas y salidas de agua estén perfectamente controladas.

Según BARTOLÍN, ello facilita la realización periódica de balances hídricos en cada uno de los sectores y, por ende, la evaluación del volumen de pérdidas de agua, para un determinado período de tiempo.

Por lo tanto, en nuestro estudio el 89.91% de los encuestados, consideran es posible controlar las fugas en la red de agua potable primaria y secundaria. Por lo tanto, SEDAPAL intenta mejorar la productividad, calidad y optimizar los Sistemas de Agua Potable por Sectorización; A fin, de contar con suficiente capacidad de producción que, garantice un adecuado servicio para la creciente población; la cual, acepta el exceso de consumo de agua, la ineficiencia de las tuberías rotas, en el domicilio soporta el volumen, presión y flujo que, existen en la red de agua potable. Por lo expuesto, se debe

gestionar la operación, mantenimiento y conservación del Sistema de Agua Potable.

4. Bourguett y Ochoa (2003), determina la necesidad de análisis del deterioro de la infraestructura que, es un tema poco explorado en el país, debido a que la principal tarea, en el siglo pasado fue la expansión de los servicios; lo cual, generó severos problemas por pérdidas físicas, comerciales y cobranza, en los sistemas de distribución.

Según Bourguett y Ochoa, a pesar de iniciarse programas de reducción de pérdidas de agua en los últimos años, los avances son limitados ya que, se está atacando el efecto y no las causas.

Por lo tanto, en nuestro estudio el 81.65% de los encuestados consideran que, no es posible que cuenten con garantía, las detecciones de las fugas de agua potable; para esto, se mejora el control operacional y la reducción de pérdidas físicas de agua potable, lograr la renovación de la red de distribución, así como, el reforzamiento de capacidad hidráulica de los sectores. A su vez, obtener la eficiencia en la adecuada distribución, mejorar con el mejoramiento del sistema de distribución en la zona.

5. Shamir y Howard (1979), parten de las siguientes hipótesis para planificar la reposición de tuberías: Todas las roturas y defectos, por pequeñas que sean se reparan. No tienen en cuenta en sus hipótesis el precio del agua y, consecuentemente el agua potencial perdida no se valora.

Según Shamir y Howard es que, posiblemente el punto débil del método, toda vez que se es consciente que, para un determinado precio de venta del agua, no resulta rentable reparar las pequeñas roturas, existiendo un rendimiento óptimo para cada precio del agua. Una segunda hipótesis es que, con el paso del tiempo las tuberías se van depreciando en función del costo del dinero.

Según Shamir y Howard, ello equivale a admitir que la tubería va envejeciendo y, en consecuencia, con el paso del tiempo va perdiendo valor. La tercera hipótesis que realiza es que, la tubería nueva de la mejor calidad y, con una cuidadosa instalación, no tiene roturas y, consecuentemente, su mantenimiento es nulo.

Por lo tanto, en nuestro estudio el 87.16% de los encuestados consideran que, si considerado un equipo que permita sondear las fugas con gran precisión, usando el personal especializado, con esto mejora el control operacional y la reducción de pérdidas físicas de agua potable y, además, lograr la renovación de la red de distribución; así como, el reforzamiento de capacidad hidráulica de varios sectores.

6. MacKellar y Pearson (2003), realizaron un estudio del ratio medio de roturas en 17 abastecimientos, donde se analizó la influencia de la edad, sobre el número de roturas y, se agruparon los datos disponibles por cada uno de los materiales instalados.

Según MacKellar y Pearson, los resultados obtenidos no deparan sorpresas, las mayores tasas de roturas, se encontraron en los materiales en

desuso (de mayor edad), mientras que las tasas bajas, correspondían a materiales como fundición dúctil y plásticas.

Rajani (2009), nos menciona que, también determina las causas fundamentales que provocan las epidemias en redes de abastecimiento públicas, el estudio muestra que, los problemas de calidad son mayoritariamente debidos al tratamiento inadecuado o inexistente del agua y que, una quinta parte de los problemas de calidad, son debidos a fallos en la etapa de distribución. Además, según Rajani, no se deben obviar los problemas de calidad originados en la red de distribución, tanto relacionados con las roturas de las tuberías y con los fallos en las conexiones.

Por lo tanto, en nuestro estudio el 89.91% de los encuestados consideran que, es posible realizar la reparación y renovación de la red de agua potable, debido a las condiciones que se encuentran las tuberías y conexiones.

7. Hirner (1997), proporciona un criterio, para considerar la suficiencia de la tubería, basada en la presión de suministro en la red de distribución. El abastecimiento, debe garantizar en la acometida del abonado, un valor mínimo de presión, dependiente del número de plantas del edificio a abastecer en horas punta.

Según Hirner, en Lima este criterio supondría renovar, de manera automática, varias. decenas de kilómetros de tuberías, no porque no se cumplen estos mínimos de presión, sino porque incluso, las conducciones llegan a ser insuficientes, para que el agua llegue a los lugares más alejados.

Por lo tanto, en nuestro estudio el 81.65% de los encuestados consideran que, la gestión del mantenimiento es el procedimiento para evitar las fugas en la red de agua potable y, cuenta con garantía; así también, el 89.91% de los encuestados consideran y piensa que, mejorará el control operacional y se reducirán las pérdidas de agua potable, mediante la renovación de la red de agua potable, conexiones domiciliaria y medidores; y, el 88.07% de los encuestados consideran que, con la adecuada operación, mantenimiento y conservación, se podrá regular los flujos y el control de presiones.

VI. CONCLUSIONES

- 1 Que, en la investigación realizada a la red, conexiones domiciliarias y medidores en el Sistema de Agua Potable del distrito de San Martín de Porres; SEDAPAL, se realizó el Diagnóstico Situacional para su control y, Procedimiento, evitando fugas no visibles, a través del Programa de Mantenimiento, de las zonas dañadas; evitando así, un gran consumo o desperdicio del agua potable (no facturada); lo cual, motivó la aceptación de la población que, se reflejó a través de la encuesta, con el 81.65% que, requieren el procedimiento técnico de Mantenimiento para la detección de fugas.
- 2 Que, los promedios alcanzados en el Diagnóstico Situacional, para ambas variables son altos, siendo la REDUCCIÓN DE FUGAS (variable dependiente) la que se busca solucionar; lo cual, se apoya el modelo de investigación, tal como lo establece la doctrina estadística generalmente aceptada.
- 3 Que, en la correlación entre la data de LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA REDUCCIÓN DE FUGAS (variables), en la red y las conexiones, lo más relevante, es el valor de significancia (p), igual a 3.50%; la cual, es menor al margen de error propuesto del 5.00% que, de acuerdo con la teoría estadística es aceptable, permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa; significa que, la correlación obtenida para la muestra es significativa, en el modelo de investigación formulado.
- 4 Que, la regresión explica que, el 83.50% de la variación total, se debe a la **realización de LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO** (variable independiente) de la red y conexiones; lo cual tiene lógica, por cuanto además

de este instrumento hay otros elementos que pueden incidir en la **REDUCCIÓN DE FUGAS** (variable dependiente) en la red y conexiones.

- 5 Que, se concreta el rechazo de la hipótesis nula y, en la aceptación de la hipótesis alternativa; lo cual, permite aceptar el Procedimiento Técnico, obtenido a partir de la muestra considerada; lo que, se sustenta en la Tabla 4.25 del análisis ANOVA que muestra el valor de significancia igual a 3.50%, con el margen de error propuesto de 5.00%, siendo el valor de significancia de 3.50% menor: Por lo tanto, de acuerdo a la doctrina estadística, es aceptable.
- 6 Que, en el diagnostico situacional, el 89.91% de los encuestados, acepta el procedimiento técnico de mejorar el MANTENIMIENTO de la Red y Conexiones (control operacional y reducción de pérdidas físicas de agua potable), a fin de lograr la renovación de la red de distribución; así como, el reforzamiento de capacidad hidráulica de varios sectores.

A su vez, se obtendría eficiencia en la distribución del Sistema de Agua Potable de la zona. De este modo, la población no estará expuesta a restricciones de consumo, cortes prolongados del servicio, etc., por reparaciones y labores de mantenimiento en el sistema.

- 7 Que, en el diagnostico situacional, el 61.47% de los encuestados, acepta se aplique procedimiento de REDUCCION DE FUGAS, aplicando las estrategias de la sectorización operacional de la red de distribución; el control activo de las fugas (detección y localización de fugas); la gestión de la presión (reducción y regulación de las presiones servicio); y, la rehabilitación de la infraestructura (Mantenimiento y Renovación de la red).

- 8 Que, en el diagnostico situacional, el 89.91% de los encuestados consideran que, la población se preocupa de la disponibilidad de agua potable en el futuro; para esto, se debe mejorar el control operacional y la REDUCCIÓN DE FUGAS (pérdidas físicas de agua potable); a fin, de lograr la renovación de la red de distribución; así como, el reforzamiento de capacidad hidráulica de los sectores.
- 9 Que, en el diagnostico situacional, el 98.00% de los encuestados, está de acuerdo con realizar el Mantenimiento, a través de la Reducción de Fugas no visibles de agua potable, en el distrito de San Martin de Porres.
- 10 Que, en el diagnostico situacional, el 96.00% de los encuestados, está de acuerdo con la metodología adecuada, para la REDUCCION DE FUGAS de agua en el distrito de San Martin de Porres.
- 11 Que, en el diagnostico situacional, el 97.00% de los encuestados, está de acuerdo que, SEDAPAL debe considerar, una Programación para mayor control (Reducción de Fugas) de la red de agua potable.
- 12 Que, en diagnostico situacional, el 94.00% de los encuestados, está de acuerdo que, SEDAPAL cuenta con el personal especializado en Mantenimiento y la REDUCCION DE FUGAS de agua potable no visibles.
- 13 Que, de acuerdo con el cuadro del SPSS, tenemos un valor de significancia (p), igual a 3.50%; el cual, es menor al margen de error propuesto del 5.00% y que, de acuerdo con la teoría estadística, se debe aceptar la hipótesis alternativa, desde el punto de vista de la correlación de variables.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda, considerar el Mantenimiento y la Reducción de Fugas de agua potable, como una solución eficiente en la adecuada distribución de agua en la zona. De este modo, la población no estará expuesta a restricciones en el consumo, como cortes prolongados del servicio por reparaciones y, labores de mantenimiento en el sistema.
2. Se recomienda, implementar el Programa de Reducción de Fugas no visibles; el cual, debe inicialmente implementarse en una pequeña porción de la red, en donde la presión es un dato que, se encuentra y toma en el punto de ingreso al sector de servicio o en la troncal estratégica.
3. Se recomienda que, se haga difusión del Mantenimiento de la red, conexiones y medidores a través de la Reducción de Fugas de agua potable, en diversos medios de comunicación y foros especializados; a fin, de preservar este recurso natural vital y, se tome conciencia y pongan de su parte lo necesario para conservar el recurso hídrico.
4. Se recomienda, invertir en proyectos que entreguen la información necesaria, para poder evaluar proyectos de reducción de las pérdidas: macro medición, determinación de los parámetros que definen los volúmenes de fugas en la red, curvas de error de los medidores por estructura de consumo de los clientes y otros que se estimen convenientes.
5. Se recomienda, aceptar el Procedimiento de Reducción de Fugas en la Red de Distribución, para disminuir las fugas de agua potable en las tuberías, conexiones domiciliarias y medidores; y, además en el proceso de comercialización, a fin de disminuir los errores de medición y los consumos clandestinos. Otros proyectos de Reducción de Pérdidas se relacionan con el

mejoramiento de la gestión en las actividades que, las empresas habitualmente ejecutan para el control de otras pérdidas.

6. Se recomienda, implementar cursos de capacitación al personal involucrado, en la operación, mantenimiento y conservación de las instalaciones y, adecuarse a los principios de calidad, incorporadas en su gestión, en menor o mayor grado de eficiencia.
7. Se recomienda, entregar las herramientas necesarias que, permitan realizar el Diagnóstico Situacional, así como, los Procedimientos y Programas de Mantenimiento preventivo y correctivo; con el fin, de seleccionar aquel que presente los menores costos, tanto en términos de recursos destinados para las actividades propias del mantenimiento preventivo (procedimientos de inspección, evaluación, limpieza, lubricación, reposiciones parciales o totales y otros) y correctivo.

VIII. REFERENCIAS

- Abarca Vivanco, Danny Christian. (2012). Técnicas de detección y localización de fugas de agua en redes de distribución. (Trabajo de Titulación de ingeniero civil). UTPL, Loja. Ingeniería sanitaria Agua potable Fugas de agua potable Ingeniero civil – Tesis y disertaciones académicas.
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) (2015), Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades en Gestión del Agua no Facturada del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima en la República del Perú, Informe Final del Proyecto, República del Perú Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), junio.
- Albarrán Ulsen, Manuel; Banda Cheuquepán, Freddy; Esteban Colla; Concha Aspe, Héctor; María de Fátima Ferreira; Figueroa Garay, Alonso; y Orellana Iturriaga; Juan Luis (1997). “REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE”; PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN Y COOPERACIÓN, PROGRAMA DE ADIESTRAMIENTO EN PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS, SANTIAGO, noviembre.
- Apolo, J. (2004). Proyecto de evaluación y reducción de pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua, EPS EMFAPA TUMBES S.A. Tesis de grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.
- Arocha Ravelo, S. (1977), Teoría y diseño de los abastecimientos de agua. Caracas: Ediciones Vega.

Augusto Valencia, Cantón Vinces (2016), Diseño del Sistema de agua potable para Provincia de los Ríos, Bolívar Patricio Larraga Jurado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Banco Interamericano de Desarrollo (2011), Evaluación de sistemas de bombeo de agua, Manual de eficiencia energética, Primera edición, Iniciativa de Agua y Saneamiento, Iniciativa de Energía Sostenible y Cambio Climático, Washington, D.C.

BARTOLÍN AYALA, D. HUGO J. (2013), “CONFECCIÓN DE MODELOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DESDE UN SIG Y DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES”, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE, Universidad Politécnica Valencia, Tesis Doctoral, octubre.

Cabrera Marcel, E. (2006), Alternativas y estrategias disponibles en la reducción de pérdidas.

Ciro Espinoza Montes (2010): Metodología de investigación tecnológica. Pensando en sistemas, Primera edición, Mecánica de la Universidad Nacional del Centro del Perú Huancayo, Perú, marzo de 2010

<https://ciroespinoza.files.wordpress.com/2012/01/metodologc3ada-de-investigac3b3n-tecnolc3b3gica.pdf>

Ciudadanos sin Agua: Análisis de un Derecho Vulnerado, Informe Defensorial N° 94, http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1058_GOB292.pdf

COMISIÓN ESTATAL DEL AGUA DE GUANAJUATO (2012), LIBRO BLANCO, ENTREGA RECEPCIÓN, “MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA FÍSICA DE LOS ORGANISMOS OPERADORES DE AGUA”, Cuna de la

Independencia Nacional, Guanajuato,
http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documento/PNH_ii-plan2030.pdf

Consorcio de Hazama Corporation y Kyowa Engineering (2012), Proyecto para la Ampliación del Sistema de Suministro de Agua Potable en Cuatro Ciudades de la Zona Central República de Honduras, Proyecto comisionado del Ministerio de Salud, Trabajo y Asistencia Social, Proyecto para la formulación de proyectos del servicio de agua potable, Consorcio de empresas para la Formulación de Proyecto de Agua Potable, Co., Ltd.

Christine von Lonski (2013), Directora Interina, German Water Partnership, Economía hidráulica alemana – Know-how y ofertas de Cooperación, Marzo. www.germanwaterpartnership.de

David Ramírez Cardona (2014), Análisis de las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento, daraca01@hotmail.com, Santiago de Cali – Colombia.

Decreto Supremo 011-2006-VIVIENDA- Reglamento Nacional de Edificaciones.

Delgado, X. (2011). “Aplicación del método de jerarquías analíticas (AHP) a la gestión de pérdidas de agua en redes de abastecimiento”. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia-España.

Díaz A., J.L.; Pérez G., R; López, J.; P.A.; Martínez S.; F.J.; (2003b), “Planificación y Rehabilitación de Redes de Abastecimiento”, Ingeniería hidráulica en los abastecimientos de agua, Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos os, Facultad de Ingeniería, Edición a cargo del autor.

Díaz A., J.L.; Pérez G., R; Martínez S.; F.J.; Fuertes, V.S. (2003a), “Perdidas de agua y rendimientos en abastecimiento”, Ingeniería hidráulica en los

abastecimientos de agua, Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Edición a cargo del autor.

Durán, J.A. Molina, J. Moral Fernández (2015) "Gestión de las redes de abastecimiento. Control del Agua No Registrada (ANR)", IV Jornadas de Ingeniería del Agua La precipitación y los procesos erosivos Córdoba, 21 y 22 de octubre 2015.

Eduardo Paolo Parodi Gonzales Prada (2016), Recarga del Acuífero de Lima mediante el uso de Aguas Residuales Tratadas, Lima, octubre.

Enrique Campbell González (2013), Universidad Politécnica de Valencia, Título de Trabajo del Trabajo de Fin de Máster, Propuesta Para una Metodología de Sectorización de Redes de Abastecimiento de Agua Potable, Intensificación: Hidráulica Urbana, septiembre.

Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado – SEDAPAL S.A., Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS, Gerencia de Regulación Tarifaria, abril (2010), Estudio Tarifario, Determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de Gestión aplicables.

Farley, M., Wyeth, G., Istandara, A. and Sher, S. (2008). The Manager's Non-Revenue Water Handbook. A Guide to Understanding Water Losses. Bangkok: Ranthill Utilities and United States Agency for International Development (USAID). Disponible en: <http://www.waterlinks.org/library/non-revenue-water/nrw-handbook> (acceso marzo 2/ 2013).

Farley, M., & Trow, S. (2003). Losses in Water Distribution Networks.

Fuentes–Mariles O.A (2010), (Instituto de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México.), Palma–Nava A. (Instituto de Ingeniería Universidad Nacional

Autónoma de México.) y Rodríguez-Vázquez K. (Instituto de Matemáticas Aplicadas Universidad Nacional Autónoma de México.), Estimación y localización de fugas en una red de tuberías de agua potable usando algoritmos genéticos, noviembre.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432011000200012#f2

Garzón Contreras, Fablo y Thornton, Julián (2006) “Influencia de la presión en las pérdidas de agua en sistema de distribución”, Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – AIDIS.

GESTION DE LA DEMANDA DE AGUA EN ZARAGOZA, ACTUACIONES REALIZADAS EN ZARAGOZA DENTRO DEL PROYECTO SWITCH, <https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/switch/InformeFinal.pdf>

GIZ. (2011). Guía para la reducción de las pérdidas de agua. Un enfoque en la gestión de la presión. Alemania.

Guía para la reducción de las pérdidas de agua, Un enfoque en la gestión de la presión, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, D. Ziegler, F. Sorg, P. Fallis, K. Hübschen, VAG Armaturen GmbH (VAG), L. Happich, J. Baader, R. Trujillo (2012), University of Applied Sciences Northwestern Switzerland (FHNW) Institute for Ecopreneurship (IEC), Karlsruhe Institute of Technology (KIT) Institute for Water and River Basin Management (IWG)

Guía para la reducción de las pérdidas de agua (2011), Un enfoque en la gestión de la presión, VAG, GIZ, IWG-KIT y IEC-FHNW, Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo,

<https://www.giz.de/fachexpertise/downloads/giz2011-es-guia-reduccion-perdidas-agua-resolucion-baja.pdf>

Grupo Permanente de Estudio sobre Riego (GPER) (1993), Gestión del agua y crisis institucional, un análisis multidisciplinario del riego en el Perú Grupo Permanente de Estudio sobre Riego Tecnología Intermedia (ITDG), Edición y producción: Tecnología Intermedia (ITDG), Diseño de caratula: Carlos Tovar Servicio Holandés de Cooperación Técnica (SNV), Lima, junio.

Heydenreich, M. y Hoch, W. (2008), Praxis der Wasserverlustreduzierung. wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH,.

Hidro Perú (2016)

http://www.construccionyvivienda.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=1123:hidro-per%C3%BA-2030-perspectivas-del-sector-de-agua

<http://www.sedapal.com.pe/objetivos>.

GIZ (s.f.). *Guía para la reducción de pérdidas de agua.*

<https://www.giz.de/fachexpertise/downloads/giz2011-es-guia-reduccion-perdidas-agua-resolucion-baja.pdf>

<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002452/245202s.pdf>

Botello Santos, L. (02 de setiembre de 2016). Falta de mantenimiento en la red de distribución de agua para consumo humano. *Iagua*.

<https://www.iagua.es/blogs/lourdes-botello-santos/falta-mantenimiento-red-distribucion-agua-consumo-humano>

Capital (27 de agosto de 2015) *¿Qué países se quedarán antes sin agua potables?*

<http://www.capital.com.pe/mundo/que-paises-se-quedaran-antes-sin-agua-potable-te-aconsejamos-ver-este-mapa-noticia-830754>

Del Castillo, Agustín (05 de mayo del 2016). 40% del agua, se pierde en la red ... o en cuentas. *Milenio*. <https://www.giz.de/fachexpertise/downloads/giz2011-es-guia-reduccion-perdidas-agua-resolucion-baja.pdf>,
<http://www.milenio.com/estados/40-del-agua-se-pierde-en-la-red-o-en-cuentas>

Gestión (2014). *Sedapal redujo a 27.83% nivel de agua no facturada*.

<https://gestion.pe/economia/sedapal-redujo-27-83-nivel-agua-facturada-67908>

IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del agua) durante para el "FONDO PARA LA COMUNICACIÓN Y LA EDUCACIÓN AMBIENTAL, A.C." y su "Centro Virtual de Información del Agua" (Cevia) (2007) "Conceptos de reducción y control de pérdidas, y de sectorización de redes de distribución".

Informe Final del Proyecto (2015), Proyecto de Fortalecimiento de capacidades en Gestión del Agua No Facturada del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima en la República del Perú, Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Junio

Ing. Eduardo García Trisolini (2009), Manual de Proyectos de Agua Potable en Poblaciones Rurales, Fondo Perú – Alemania, Lima, junio.

Ingeniería Investigación y Tecnología FI-UNAM (2010), (artículo arbitrado), Estimación y localización de fugas en una red de tuberías de agua potable usando algoritmos genéticos, Vol. XII, Núm. 2, 2011, 235-242, ISSN 1405-7743, Información del artículo: recibido: mayo de 2007, aceptado: noviembre.

- Ing. Laura, Vladimir Delgado (2014) “Perdidas Físicas Detección de Fugas No Visibles”, Asesor Operacional PMRI, AKUT Partner, Latinaguas Trabajamos por la vida, Programa de Agua Potable y Alcantarillado, GTZ.
- Jiménez Aldana, M. (2003). La sectorización hidráulica como estrategia de control de pérdidas en sistemas de acueducto.
- José Francisco Fabra Castillo (2007), Sistema de Indicadores para la Gestión de Redes de Agua Potable, Proyecto AQUACONTROL, Unión EUROPEA, Grupo de Redes Hidráulicas y Sistemas a Presión Grupo Calagua Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, mayo.
- Lambert, A. O. (2002), “International Report: Water losses management and techniques”, Water Science and Technology: Water Supply Vol. 2 No. 4 pp 1-20, UK., Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Mejora de Eficiencia Comercial, Comisión Nacional del Agua, www.conagua.gob.mx, México 2014
- Lambert, A (2) de April de (1994). Accounting for Losses: the bursts and background concept. IWEM Journal, 205-214.
- Lambert, A. O. y McKenzie, R. D. (2002), Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index, in Proceedings of the IWA Specialised Conference, Leakage anagement - A Practical Approach, pp 1- 16, Lemosos, Chipre,.
- Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable (2009), SEMARNAT, Comisión Nacional del Agua, noviembre. www.conagua.gob.mx

Manuel Albarrán Ulsen, Freddy Banda Cheuquepán, Esteban Colla, Héctor Concha Aspe, María de Fátima Ferreira, Alonso Figueroa Garay y Juan Luis Orellana Iturriaga (1997), PROYECTO MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN Y COOPERACIÓN PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE “REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE”, PROGRAMA DE ADIESTRAMIENTO EN PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS, MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN Y COOPERACIÓN, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, SANTIAGO, noviembre.

Marco Fantozzi (2014), (Studio Marco Fantozzi, Italia). Colaboradores: Allan Lambert (Water Loss Research & Analysis, Reino Unido), Carsten Skovmose Kallesøe, Abdul-Sattar Hassan, Danny Stærk, Allan Nielsen, Jørgen Bach, Morten Riis (Grundfos Holding A/S, Dinamarca), Método efectivo para minimizar el agua no contabilizada, mejorar la eficiencia energética y reducir los costes operativos y de mantenimiento, <http://www.interempresas.net/Agua/Articulos/128358-Gestion-de-la-presion.html>, 15/10/2014.

MASSON, Luis (1986), "Alternativas de ampliación, mejoramiento o recuperación de la frontera agraria en la sierra", en **Priorización y desarrollo del sector agrario en el Perú**. Adolfo Figueroa y Javier Portocarrero (editores). Fundación Ebert-Universidad Calórica, Lima.

Milton Martín von Hesse La Serna (2016), Propuesta de Bases para una Política Nacional de Saneamiento: Logros, experiencias compartidas y diálogo de política, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Lima, mayo.

Ministerio de Ambiente, Universidad del Pacífico, Centro de Investigación, noviembre (2012), La Evaluación de Necesidades Tecnológicas ante el Cambio Climático, Informe Final sobre Tecnologías en Adaptación.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento Vice Ministerio de Construcción y Saneamiento Jorge Villacorta, Vice Ministro de Construcción y Saneamiento Dirección Nacional de Saneamiento Guillermo León, Director Nacional (2003), Estudios de base para la implementación de proyecto de agua y saneamiento en el área rural, Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural, Problemas, cobertura y sostenibilidad de los servicios, Estudio de la sostenibilidad en 104 sistemas de agua rural, , mayo.

MOLIÁ, RAFAEL (1987), “Módulo: Abastecimiento y saneamiento urbanos, Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua, Módulo: Abastecimiento y saneamiento urbanos Materia: Redes de distribución”. Quedan reservados todos los derechos. (Ley de Propiedad Intelectual del 17 de noviembre de 1987 y Reales Decretos). Documentación elaborada por el autor/a para EOI. Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización escrita de EOI.

MONTOYA, Rodrigo (1979), Producción parcelaria y universo ideológico. Mosca Azul, editores, Lima.

MONTOYA, Luis Javier y Montoya, Rubén Darío (2012), “Efecto de la Presión sobre las Fugas de Agua en un Sistema de Tubería Simple”, Medellín, Colombia.

NANCY OLGA CARTY PULIDO (2013), “PLANEACION ESTRATEGICA EFECTIVA PARA LA COMPETITIVIDAD. EL CASO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL”, UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL, ESCUELA UNIVERSITARIA DE POST GRADO MAESTRIA EN

ADMINISTRACION, PRESENTADO PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRO EN ADMINISTRACION, LIMA- PERU

Omar Eduardo Olivos Lara (2014), "Modelo Técnico Económico para la Toma de Decisiones de Renovación de Redes Secundarias de Agua Potable en la Zona Norte de Lima", Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Ambiental, Lima, Perú.

Orlando Advíncula Zeballos (2014), (Green Time Perú), Samantha García Junco (Universidad Nacional Agraria La Molina), Juvenal García Armas (Universidad Nacional Agraria La Molina), Karin Toribio Tamayo (Anypsa Perú S.A.) y Víctor Meza Contreras (Universidad Nacional Agraria La Molina), Plan de Ecoeficiencia en el uso del Agua Potable y Análisis de su Calidad en las Áreas Académicas y Administrativas de la Universidad Nacional Agraria la Molina, Enero - Julio.

Pilcher, R., Hamilton, S., Chapman, H., Field, D., Ristovski, B. and Stapely, S. (2007).
Leak Location and Repair Guidance Notes. Londres: Operation and Management. IWA.

PORRAS GÓMEZ, OSCAR HUGO (2014) "REDUCCIÓN DE PERDIDAS DE CAUDAL EN RED DE TUBERÍAS -PARA MEJORAR DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE- SECTOR SAN CARLOS- LA MERCED, FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU".

Proyecto de Reducción de Pérdidas de Agua en Tacna (2016), Perú, Programa de Reducción de Pérdidas de Agua en Ciudades de Provincias, Perú, LICITACIÓN PÚBLICA NACIONAL No 002-2016/EPS TACNA S.A., para la contratación de servicios de actualización del sistema de información

georreferenciada (sig.), GITEC consultor GMBH, EP Entidad Prestadores de Servicio Saneamiento Tacna S.A., versión 2, Tacna, Agosto.

Proyecto Washed (1995), Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Quito.

Rafael de Jesús López Zamora (2013), Sujetos Sociales, Conflictos y Gestión de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en el “Espacio Social-Natural” de la Ciudad de Puebla 1984-2010, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, facultad de economía, Febrero.

Rafael Molía (1987), Módulo: Abastecimiento y saneamiento urbanos, Redes de Distribución, Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del agua.

Ramírez Maricela, Ojeda (2012); Metodología para la Reducción de pérdidas de redes de agua potable y su puesta en práctica en la red de ciudad Universidad de la UNAM; México; Facultad de Ingeniería, Edición a cargo del autor.

Raúl Herrero (2015) “Renovación y mantenimiento de infraestructuras hidráulicas en medio urbano”, por web: <http://eselagua.com/2015/12/31/renovacion-y-mantenimiento-de-infraestructuras-hidraulicas-en-medio-urbano/>

“REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE” PROYECTO MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN Y COOPERACIÓN PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, PROGRAMA DE ADIESTRAMIENTO EN PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS, SANTIAGO, noviembre (1997).

Ricardo Torres (2004), Calidad del agua potable en Costa Rica: Situación actual y perspectivas, Ministerio de Salud Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados Organización Panamericana de la Salud Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, Edición Xinia Bustamante C.,

OPS/OMS, Grupo de trabajo Azalea Espinoza, Ministerio de Salud Armando Morera, Ministerio de Salud Darner Mora, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Consultor OPS/OMS, San José, Costa Rica, Febrero.

Salazar, J. (2007) Aplicación del pago por servicios ambientales en la tarifa de agua en Perú: El caso de la EPS de Moyobamba, Región San Martín. Tesis de Maestría. Universidad Inca Garcilaso De la Vega, Lima-Perú.

Saldarriaga, J. Naranjo, G. Rothstein, (2011), “Metodologías para la sectorización de redes existentes de agua potable”. Artículo presentado en el XIX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología, marzo, Colombia. Disponible en Internet <http://es.scribd.com/doc/488923881/9-Metodologias-Para-La-Sectorizacion-de-Redes>.

SEAS (2015), “Introducción a la Gestión del Mantenimiento”, Estudios Superiores Abiertos, Imprenta El depositario, con autorización expresa de SEAS S.A.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209 (2015), Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado, Comisión Nacional del Agua, www.conagua.gob.mx, D.R. © Col. Jardines en la Montaña, C.P. 14210, Tlalpan, México, D.F.

SEDAPAL S.A. (2009 – 2013), Plan Estratégico de las Tecnologías de Información y Comunicaciones, Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.

SEDAPAL (2014). Plan Maestro optimizado 2015-2044. Lima.

SEDAPAL (2014). Plan Maestro de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, junio 2014, Gerencia de desarrollo e investigación, Gerencia de Desarrollo e investigación SEDAPAL.

SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento), Guía del Usuario para el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado

SUNASS (2009), Material Suplementario 6.4 con los métodos de detección y ubicación de fugas, Ing. Marion Vogel Asesora / GIZ.

VAG, GIZ (2011) “Guía para la reducción de las pérdidas de agua” (un enfoque en la gestión de la presión), Ministerio Federal Cooperación Económica y Desarrollo, <https://www.giz.de/fachexpertise/downloads/giz2011-es-guia-educacion-perdidas-agua-resolucion-baja.pdf>.

Víctor Bourguett Ortiz y Leonel Ochoa Alejo (2003) “Reducción integral de Pérdidas en Sistemas de Distribución de Agua Potable”. Presentado Universidad de México. Edición a cargo del autor.

Walter Albán Peralta (2015), Informe Defensorial N° 94, Ciudadanos Sin Agua:

Análisis de un Derecho Vulnerado, Defensor del Pueblo en Funciones.

Watergy México BERMAD (2007) ” Sistema Control de Presiones”
<http://watergymex.org/contenidos/pdf/Aplicacion%20de%20valvulas%20reguladoras%20en%20sectorizacion.pdf>

Xitlali Virginia Delgado Galván (2011), Aplicación del método de jerarquías analíticas (AHP) a la gestión de pérdidas de agua en redes de abastecimiento, Universidad Politécnica DE València, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Tesis Doctoral, Valencia.

IX. ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

“LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA REDUCCIÓN DE FUGAS NO VISIBLES DE LA RED DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES – LIMA”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA PRINCIPAL.</p> <p>¿De qué manera, la reducción de fugas no visibles, en la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres – Lima, influye en el Mantenimiento?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICO:</p> <p>a. ¿Cuál sería, el diagnóstico situacional para el control de las fugas no visibles en los medidores domiciliarias, de la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres - Lima?</p> <p>b. ¿Cuál sería, el procedimiento técnico para evitar las fugas no visibles en las conexiones domiciliarias, de la red de agua potable del distrito de San Martín</p>	<p>OBJETIVO GENERAL.</p> <p>Demostrar que, la reducción de fugas no visibles, en la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres – Lima influye en el Mantenimiento.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>a. Realizar el diagnóstico situacional para el control de las fugas no visibles en los medidores domiciliarias, de la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres – Lima</p> <p>b. Elaborar y/o construir un procedimiento técnico para evitar las fugas no visibles en las conexiones domiciliarias, de la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres – Lima.</p>	<p>HIPOTESIS PRINCIPAL</p> <p>Mantenimiento y la ejecución de la reducción de fugas no visibles, en la red Agua Potable en el distrito de San Martín de Porres – Lima, influye en el Mantenimiento y Sistematización Electrónica.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA:</p> <p>a. Con un diagnóstico situacional, se logra el control de las fugas no visibles en los medidores domiciliarias, de la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres - Lima</p> <p>b. Con un procedimiento técnico, se evita las fugas no visibles en las conexiones domiciliarias, de la red de agua potable del distrito de San Martín de Porres - Lima.</p> <p>c. Con un modelo de mantenimiento, se evita las fugas no visibles en las rupturas tuberías, de la red de agua potable del distrito de San</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>X Independiente:</p> <p>La Gestión del Mantenimiento</p> <p>Indicadores:</p> <p>X₁=Planeamiento medida, un programa de mantenimiento evita.</p> <p>X₂ =Procedimiento para evitar las fugas no visibles.</p> <p>X₃ = Diagnostico para el control de las fugas no visibles</p> <p>Y Dependiente:</p> <p>Reducción fugas no</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Descriptiva, explicativa y correlacionada</p> <p>Metodología de la investigación</p> <p>Descriptivo, estadístico, síntesis, deductivo, inductivo.</p> <p>Diseño de la investigación</p>

<p>de Porres - Lima?</p> <p>c. ¿En qué medida, un modelo de mantenimiento evita las fugas no visibles en las rupturas tuberías, de la red de agua potable del distrito de San Martin de Porres - Lima?</p>	<p>c. Desarrollar un modelo de mantenimiento para evitar las fugas no visibles en las rupturas tuberías, de la red de agua potable del distrito de San Martin de Porres – Lima.</p>	<p>Martin de Porres - Lima</p>	<p>visibles</p> <p>Indicadores:</p> <p>y₁ = Rupturas Tuberías</p> <p>y₂ = Conexiones Domicilias</p> <p>y₃ = Medidores Domicilias</p> <p>Z Interviniente:</p> <p>En la Red Agua Potable del distrito San Martin de Porres - Lima</p>	<p>Investigación por objetivos.</p> <p>Población:</p> <p>Lima tiene 7 millones 605 mil 742 habitantes</p> <p>Muestra:</p> <p>Estará constituida proporcionalmente en relación con la población.</p> <p>Técnicas:</p> <p>Entrevistas, Encuestas y Análisis documental.</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Guías de análisis documental, de entrevistas y cuestionarios.</p>
--	---	--------------------------------	--	---

ANEXO 2: ENCUESTA

1. Se puede considerar que La Gestión de Mantenimiento contiene un Programa de Mantenimiento, ¿Está de acuerdo en utilizar este servicio de detección de fugas?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si.		
2	No.		
3	No sabe- No conoce		
	TOTAL		

2. Al utilizar el procedimiento para evitar las fugas, ¿Por qué motivo aceptaría utilizarlo el sistema de detección de fugas?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Por exceso de consumo de agua		
2	Por el gasto elevado por consumo del		
	TOTAL		

3. El Diagnostico en La Gestión de Mantenimiento, ¿Por qué no aceptaría el servicio de fugas?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Falta de Confianza		
2	Falta de Información		
3	Falta de presupuesto		
	TOTAL		

4. ¿Es posible realizar la reparación y renovación de la red de agua potable, debido a las condiciones que se encuentran las tuberías y conexiones?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

5. Al utilizar el procedimiento de mantenimiento apropiado, ¿Es posible controlar las fugas en la red de agua potable?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

6. En caso de que se Gestione el mantenimiento en la red de agua potable, ¿Se hará cargo de la información recopilada por Sedapal de este sector?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

7. ¿La Gestión del mantenimiento en el procedimiento para evitar las fugas en la red de agua potable, cuenta con garantía?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

8. La Programación del mantenimiento para el control en las inspecciones de la red de agua potable, ¿Está usted preocupado por la disponibilidad del agua para el futuro?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

Fuente: Elaboración Propia

9. La Gestión del mantenimiento preventivo y correctivo en el procedimiento de evitar las fugas, ¿Le permite a Sedapal controlar las fugas no visibles en la red de agua potable?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

10. El programa de mantenimiento de Sedapal tiene casi 20 años, ¿ha considerado que, es un programa que genera beneficio, al detectar las fugas en la red durante todos estos años?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

11. Las personas especializadas en la detección de fugas en la red de agua potable, ¿Toma las precauciones en las instalaciones de las tuberías y medidores?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

12. La reducción de las fugas en la red de agua potable, ¿Tiene conocimiento si están instalados adecuadamente los elementos de unión?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

13. El medidor domiciliario, para evitar las fugas de agua potable, ¿Tiene conocimiento si se toma precauciones en las variaciones repentinas en el flujo del medidor?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

14. El Proyecto de Fortalecimiento en Gestión de Agua no Facturada, ¿Piensa que Mejorará el control operacional y reducirá las pérdidas de agua potable, mediante la renovación de las redes de agua potable u conexiones domiciliaria?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

15. Sedapal tiene proyectado recuperar más pérdidas de agua potable, con la clausura de conexiones clandestinas, ¿se podrá intensificar las acciones para clausurar las conexiones clandestinas en el distrito de San Martin de Porres?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

16. Sedapal invoca a la población a denunciar a quienes hurtan agua a través de conexiones clandestinas, ¿con esta acción afectara el normal abastecimiento de agua potable, principalmente en las horas de mayor consumo?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

17. La operación de un sistema de distribución, ¿se puede considerar como el conjunto de actividades para conseguir que las estructuras correspondientes puedan distribuir adecuadamente en el agua potable?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

18. El mantenimiento de la red de distribución del sistema de Agua potable, ¿puede garantizar por medio de programas de ejecución permanente y adecuados?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

19. Sabiendo que el agua se reparte a través de los sistemas de distribución en base de flujo producido conveniente de presiones, ¿la operación, se podrá regular los flujos y el control de presiones?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		

20. El mantenimiento del sistema de agua potable, ¿Es necesario que se considere corregir oportunamente las fallas, en condiciones de operar adecuadamente?

ITEM	ALTERNATIVAS	CANT	%
1	Si		
2	No		
3	No sabe – No conoce		
	TOTAL		