



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Balance hídrico y calibración del modelo del subsector Zamora Huayco de Loja, como fundamento a la gestión remota de fugas mediante sistemas asistidos con SCADA

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: González González, Víctor Rutbel

DIRECTOR: Benavides Muñoz, Holger Manuel. PhD

LOJA – ECUADOR

2016



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2016

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

PhD.

Holger Manuel Benavides Muñoz

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: “**Balance hídrico y calibración del modelo del subsector Zamora Huayco de Loja, como fundamento a la gestión remota de fugas mediante sistemas asistidos con SCADA**”, realizado por González González Víctor Rutbel, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Enero 2016

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO

“Yo **González González Víctor Rutbel**, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: “Balance hídrico y calibración del modelo del subsector Zamora Huayco de Loja, como fundamento a la gestión remota de fugas mediante sistemas asistidos con SCADA”, de la Titulación Ingeniería Civil, siendo Holger Manuel Benavides Muñoz. PhD, director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autor: González González Víctor Rutbel

Cédula: 1103861116

DEDICATORIA

Culminada una de mis metas, con mucho respeto y cariño dedico este trabajo fruto del esfuerzo, dedicación, constancia y persistencia a mis seres queridos:

A mis padres Flora Angélica y Klever Augusto que me dieron la vida y que han estado a mi lado en todo momento. Gracias por darme una carrera para mi futuro y creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado ahí brindándome su apoyo.

A mis amados hijos: Rutbel Sebastián y Santiago David por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Adicionalmente a mis hermanos: Freddy Vinicio, Deysi Jaqueline y Ena Isabel quienes estuvieron todo este tiempo pendientes de mi formación y me brindaron su apoyo y depositaron su confianza en mi persona.

Gracias a todos,

Víctor González.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a quienes fueron parte de forma directa e indirecta de la consecución de este proyecto.

Primero y como más importante, me gustaría agradecer a mi asesor de Tesis, Dr. Holger Benavides Muñoz, por su esfuerzo, sus conocimientos, sus orientaciones, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación como profesional.

Al GAD Municipal de Loja y la UMAPAL, a través de los Directivos y personal Técnico de la institución, quienes facilitaron la información y logística necesaria para la realización de este estudio.

Al personal Docente, Administrativo y Directivo del Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil como de la Titulación en Ingeniería Civil, quienes facilitaron la adquisición de competencias en la formación académica.

Como agradecimiento final, expreso mi reconocimiento a los compañeros de estudio y amigos, que de alguna manera fueron partícipes del trabajo diario.

Gracias a todos

Víctor Rutbel González González

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE GRÁFICAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO 1	3
1 EXORDIO.....	3
1.1 Introducción.....	4
1.2 Justificación.....	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Resultados esperados.....	5
CAPÍTULO 2	6
2 ESTADO DEL ARTE	6
Nomenclatura.....	7
2.1 Fundamentos sobre balance hídrico.....	8
2.1.1 Introducción.....	8
2.1.2 Balance hídrico.....	8
2.1.3 Componentes que conforman el balance hídrico.....	9
2.1.4 Realización de la auditoría.....	10
2.1.5 Indicadores de gestión frecuentemente utilizados.....	11
2.1.6 Indicadores de gestión que tienen relación con la auditoría hídrica.....	11
2.1.7 Umbral mínimo de fugas, UMF.....	12
2.1.8 Índice de fugas estructural, IFE.....	12
2.2 Calibración de una red de distribución de agua potable.....	15

2.2.1	Calibración de la etapa actual de la red.....	15
2.2.2	Problemas de la calibración.....	15
2.3	Gestión de fugas.....	17
2.3.1	Definición de fuga.....	18
2.3.2	Clasificación.....	18
2.3.3	Lugares donde ocurren las fugas.....	18
2.3.4	Causas de origen de las fugas.....	18
2.3.5	Etapas de fugas.....	19
2.3.6	Método matemático utilizado en la detección de fugas.....	19
CAPÍTULO 3	23
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
	Nomenclatura.....	24
3.1	Introducción.....	25
3.2	Análisis y evaluación del estado actual de la red en estudio.....	25
3.2.1	Descripción de la zona de estudio.....	25
3.2.2	Sectorización hidráulica.....	27
3.2.3	Monitoreo del sector hidrométrico.....	27
3.2.4	Evaluación del estado actual de la red.....	28
CAPÍTULO 4	30
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1	Introducción.....	31
4.1.1	Análisis y evaluación del estado actual de la red.....	31
4.1.2	Modelo hidráulico de la red de distribución.....	34
4.2	Calibración de la red actual.....	37
4.2.1	Datos de presión in-situ.....	38
4.2.2	Cambio de rugosidad de la tubería por el uso.....	42
4.2.3	Pérdidas en accesorios.....	42
4.2.4	Modelo hidráulico (Ruta 46) calibrado.....	42
4.3	Auditoria del distrito hidrométrico Ruta 46.....	44
4.4	Análisis de flujos mínimos nocturno (AFMN).....	47
4.4.1	Introducción.....	47
4.4.2	Descripción del caso de estudio.....	47
4.4.3	Registro de datos.....	48
4.4.4	Análisis de presión y caudal.....	49

4.5	Extrapolación de caudal de fuga.....	50
4.6	Consumos generados en el distrito hidrométrico.....	51
CAPÍTULO 5		54
CONCLUSIONES		55
RECOMENDACIONES.....		56
REFERENCIAS.....		57
ANEXOS		59

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. 1 Componentes del caudal minino nocturno.	20
Gráfica 1. 2. Localización de la zona de estudio	26
Gráfica 1. 3 Patrón de consumo.	29
Gráfica 1. 4. Composición de la red por tipo de material.....	32
Gráfica 1. 5. Porcentaje de tuberías de AC.	33
Gráfica 1. 6. Porcentaje de tuberías de PVC.....	34
Gráfica 1. 7. Dotaciones por variación de volumen.	36
Gráfica 1. 8.Datos de caudal en el nudo de control.....	36
Gráfica 1. 9.Variación de los factores de consumo en el nudo de control	37
Gráfica 1. 10. Lugares donde se recolectaron los datos.....	38
Gráfica 1. 11.Datos de presión en el nudo n61.	39
Gráfica 1. 12. Datos de presión en el Nudo n64.	39
Gráfica 1. 13.Datos de presión en el nudo n4	40
Gráfica 1. 14. .Datos de presión en el nudo n108.....	40
Gráfica 1. 15.Datos de presión en el nudo n101	41
Gráfica 1. 16 Datos de presión en el nudo n58	41
Gráfica 1. 17. Comparación de datos de presión.....	43
Gráfica 1. 18. Caudal en el nudo control	50
Gráfica 1. 19. Presión en el nudo control	50
Gráfica 1. 20. Evolución de caudales registrados, entregados y fugados.	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 - Balance Hídrico IWA.....	9
Tabla 2. 2 - Valores del IFE en países desarrollados y en vías de desarrollo	13
Tabla 2. 3 - Directrices recomendadas, para fijar un nivel de acuerdo con el IFE	14
Tabla 2. 4. Coeficientes a de la fórmula de Genijew.	16
Tabla 2. 5 Pérdidas para los accesorios.	17
Tabla 2. 6 valores de F y G para el cálculo de fugas latentes	21
Tabla 2. 7. Factor corrector para estandarizar los QMN a una presión de 50 m c.a.	21
Tabla 4. 1 Diámetros y longitudes de la red actual en asbesto cemento.	32
Tabla 4. 2 Diámetros y longitudes de la red actual en PVC.....	33
Tabla 4. 3. Volúmenes inyectados al distrito hidrométrico Ruta 46	35
Tabla 4. 4. Calculo de dotaciones para el distrito.	35
Tabla 4. 5. Cambio de rugosidad.	42
Tabla 4. 6 Estadísticas de Calibración para Presión	43
Tabla 4. 7. Balance Hídrico del Distrito Hidrométrico Ruta 46.....	44
Tabla 4. 8. Resumen del balance hídrico según la IWA (2000).	46
Tabla 4. 9. Información del sector hidrométrico.....	48
Tabla 4. 10 Datos ordenados para el análisis.	49
Tabla 4. 11. Caudal entregado.....	51
Tabla 4. 12. Fugas latentes.....	52
Tabla 4. 13. Caudal inevitable y desviación estándar.....	52
Tabla 4. 14. Caudal fugado nocturno.	53
Tabla 4. 15. Resumen de caudales.....	53
Tabla 4. 16. Existencia de roturas en la red.	53
Tabla 1. Datos de tuberías de la red actual.....	60
Tabla 2. Datos de presión registrados en campo.	63
Tabla 3. Factor demanda.	66
Tabla 4. Pérdidas menores.	67
Tabla 5. Caudal en nudos.....	71
Tabla 6. Caudales y presiones para el análisis de flujo nocturnos.	74
Tabla 7. Caudal fuga.....	77

RESUMEN

Este estudio se enmarca en la gestión urbana de abastecimiento de agua potable, dado que en la actualidad se trata de una acción fundamental para mejorar la calidad del servicio de abastecimiento de agua a la sociedad, debido a la importancia de cuidar y gestionar adecuadamente el recurso agua; pues, la gestión sostenible de un sistema de abastecimiento requiere que exista un equilibrio entre sus tres principales pilares: social, económico y ambiental. En el presente trabajo se desarrollan aspectos técnicos inherentes al cálculo del balance hídrico que en un distrito hidrométrico intervienen, tales como indicadores de gestión, generales y compuestos, mediante variables medibles y verificables del propio distrito hidrométrico, como lo son: volúmenes de agua: inyectado, consumido, medido, no medido y entre este último el fugado, además de las componentes topológicas que intervienen en la calibración de la red.

Palabras claves: agua potable, balance hídrico, auditoria hídrica, fugas nocturnas.

ABSTRACT

This study is part of the urban management of drinking water, since today is an essential action to improve the service quality of water to society, because of the importance of protecting and properly manage the resource water; Therefore, the sustainable management of a supply system requires a between its three main pillars: social, economic and environmental. In this work inherent technical aspects are developed to calculate the water balance in the hydrometric district involved, such as performance indicators, general and compounds by measurable and verifiable own hydrometric district, such as: water volumes: Injected consumed measured not measured between the latter and the leaked plus the topological components involved in the calibration network.

KEYWORDS: drinking water, water balance, water audit, night leakage

CAPÍTULO 1

EXORDIO

1.1 Introducción.

Los problemas más frecuentes que se presentan a los encargados de la operación y mantenimiento de un sistema de distribución de agua, son: (a) los desabastecimientos del servicio durante largos períodos de tiempo y (b) la mala calidad del agua servida, principalmente por rupturas de las tuberías.

El porcentaje del agua que ingresa a una red de abastecimiento de agua no siempre es consumida en su totalidad por los usuarios de las mismas, sino que más bien buena parte de esa agua se pierde por fugas, conexiones ilegales, contadores domiciliarios en mal estado, entre otros, que frecuentemente originan un suministro de agua intermitente y poco eficaz. Todos estos volúmenes corresponden al agua no contabilizada (ANC), que son pérdidas para el sistema. Alternativas técnicas como la renovación de tuberías, métodos de auditoría y control de pérdidas, permiten reducir las fugas de grandes volúmenes de agua potable. En países como Malasia el porcentaje de las fugas es del 40%, en Brasil y Suecia del 25% y en México 39% (Fuentes, Palma, & Rodríguez, 2010).

El incremento poblacional en la ciudad de Loja, ha provocado un crecimiento de la zona urbana y genera problemas de suministro discontinuo o intermitente; además existe un alto nivel de pérdidas de agua (aparentes y reales), tuberías que ya han sobrepasado su vida útil, un parque de contadores en mal estado, redes de abastecimiento que se amplían de forma desordenada, la ausencia de planes de gestión y de buenas prácticas de trabajo, genera la necesaria evaluación hidráulica del sistema.

Para lograr una reducción del agua no contabilizada se requiere de una proporcional disminución de fugas reales de agua y para ello es necesario realizar acciones permanentes de detección, localización y reparación de las mismas. Para el presente trabajo se aplica una metodología de detección de fugas, ya que si existe el incremento del caudal mínimo nocturno –QMN-, comprendido aquí como un indicador técnico que previene de la existencia de fugas en la red de distribución de agua, que en la mayoría de los casos son debido a roturas de las tuberías o mala instalación de accesorios. La aplicación del análisis de flujos mínimos nocturnos - AFMN permitirá conocer matemáticamente la existencia de posibles fugas en la red de distribución de agua, y que con otros métodos posteriormente se podrá saber con exactitud su localización donde ocurren.

1.2 Justificación.

La mejora de la gestión de sistemas de abastecimiento de agua pasa por conocer íntegramente los componentes hidráulicos del balance técnico que en un distrito hidrométrico interviene, tal como los volúmenes de agua: inyectado, consumido, medido, no medido y entre este último el fugado, entre otros. Para conocer la variación temporal de dichas componentes volumétricas es necesario monitorear el caudal y presión mediante sensores de caudal y presión cuyos datos son almacenados en dispositivos electrónicos (data loggers) construidos para este propósito y en los que la información se almacena estratégicamente para atender los intereses del estudio. Como red de estudio se propone el distrito hidrométrico de Zamora Huayco de la ciudad de Loja.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Generar un balance hídrico y calibración del modelo hidráulico del sistema de distribución de agua de Zamora Huayco (Loja), como fundamento a la gestión remota de fugas mediante sistemas informáticos disponibles.

1.3.2 Objetivos específicos.

- General información que permita un balance hídrico técnico para la red de distribución de agua de Zamora Huayco.
- Proyectar un sistema de gestión activo de fugas a través de herramientas informáticas disponibles.

1.4 Resultados esperados.

- Documento con:
 - Balance hídrico técnico básico de la red de distribución de la red en estudio.
 - Propuesta de configuración de sistemas hidrométricos para monitorear y operar redes de distribución de agua para consumo humano con énfasis en la reducción del agua no contabilizada.

CAPÍTULO 2
ESTADO DEL ARTE

Nomenclatura.

V_{af} (m^3)	-	volumen de agua facturado combinado por facturación real y estimada,
V_{iny}	-	volumen de agua inyectado al sistema, (m^3).
V_{perd}	-	Volumen total de pérdidas (m^3).
$N_{cometidas}$	-	Es el número total de acometidas (u).
$T_{(días)}$	-	Periodo de tiempo en el que se calcula los parámetros anteriores.
V_{perd}	-	Volumen total de pérdidas (m^3).
L_{tub}	-	Longitud de tuberías de toda la red (Km).
$T_{(días)}$	-	Periodo de tiempo en el que se calcula los parámetros anteriores.
V_{ap}	-	Fugas aparentes (m^3).
V_{iny}	-	Volumen entrante a la red (m^3).
V_f	-	Pérdidas reales (litros).
p	-	Presión promedio de la red (m.c.a.).
L_{tub}	-	Longitud total de todas las acometidas (Km).
$N_{acometidas}$	-	Periodo de tiempo en el que se calcula los parámetros anteriores.
ϵ_0	-	Rugosidad nueva (mm).
a	-	Coefficiente de la tabla 2.4
t	-	Años de servicio de la tubería.
ϵ_t	-	Rugosidad final del periodo de vida de la red (mm).
Q_{FL}	-	Caudal de fugas latentes (l/h).
L	-	Longitud de tuberías de la red de distribución (Km).
F	-	Factor (l/viv/h).
G	-	Factor (l/km/h).
$Q_{fugas(t)}$	-	Caudal de fugas extrapolado.
$Q_{f[tQMN]}$	-	Caudal de fuga en la hora del mínimo caudal nocturno.
P_t	-	Presión promedio en el instante t.
$P_{[tQMN]}$	-	Presión promedio en el instante que ocurre el QMN.
N_1	-	Exponente que varía de 1 -1.15.

2.1 Fundamentos sobre balance hídrico.

2.1.1 Introducción.

La Asociación Internacional del Agua (International Water Association: IWA) es una organización no gubernamental que impulsa la colaboración y la transferencia de conocimiento e información entre lo académico y la industria del agua. La IWA se autodefinió como una red donde la comunicación entre los actores de la industria está facilitada (Metola, 2009).

En los noventa la IWA formó parte de un grupo de trabajo con especialistas internacionales que estaban orientados a producir una metodología estandarizada para afrontar el problema de pérdidas de agua, esta metodología incluía indicadores que permitirían la intercomparabilidad de los resultados obtenidos entre distintos países y empresas que apliquen este método (Lambert & Hirner, 2000).

El método de la IWA ha sido adoptado por varios países y se ha transformado en el estándar internacional sobre el tema (IWA, 2000).

El Grupo de Trabajo de IWA, liderado por Allan Lambert, efectuó una serie de documentos. Los documentos relevantes son:

- ✓ Losses from water supply systems, IWA Blue Pages.
- ✓ Performance Indicators for water supply services “Manuals of Best Practice”.

En los trabajos de Lambert A., Brown T., Takizawa M. y Weimer D. (1999) entrega fundamentos técnicos de la metodología y fórmulas propuestas, (Lambert & Hirner, 2000), resume conclusiones del Grupo de Trabajo. La recomendación de la terminología y los indicadores propuestos se detallan en (Alegre, y otros, 2006)

2.1.2 Balance hídrico.

El objetivo principal del balance hídrico es buscar y registrar todos los componentes del agua que se inyecta y se consume de un sistema de abastecimiento de agua, en una etapa definida. Un balance hídrico busca equilibrar todos los componentes de consumo y pérdidas en una forma estandarizada. (Thornton, Sturm, & Kunkel, 2008). Un balance hídrico es el primer paso para evaluar las pérdidas de agua o agua no facturada y en manipular las fugas en las redes de abastecimiento de agua. (Takahashi, Saldarriaga, & Vega, 2008)

Un balance por unidad de tiempo debe ser adaptado en términos de caudales, equivale a discutir en términos de volúmenes. (Cabrera, Almandoz, Arrigue, & Garcia-Serra, 1999).

"Un balance hídrico se basa no simplemente en mediciones, sino también en estimados de producción de agua, consumo y pérdidas, por tanto la validez de los datos desempeña un papel clave en comprobar los volúmenes de pérdidas de agua " (Galindo, 2014).

La IWA propone como una metodología esencial una forma estandarizada para el balance hídrico de una red. Esto se define a través de la tabla 2.1, donde se realiza un Balance ordenado del volumen de entrada al sistema de conducciones y de distribución.

Tabla 2. 1 - Balance Hídrico IWA

Volumen entrante al sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado facturado	Consumo facturado y medido	volumen facturado
			Consumo facturado no medido	
		Consumo no autorizado facturado	Consumo no facturado medido	Volumen no facturado
			Consumo no facturado no medido	
	Pérdidas de agua	Pérdidas aparentes	Consumo no autorizado	
			Errores de medición y de manejo de información	
			Fugas en conducción y/o distribución	
		Pérdidas reales	Fugas en tanques de almacenamiento	
Fugas en acometidas				

Fuente: Lambert & Hirner. IWA, 2000.
Elaboración: Adaptada por el autor

2.1.3 Componentes que conforman el balance hídrico.

Para una mayor comprensión la IWA definió a los componentes vitales del balance de agua (Paltín Saraguro, 2012, págs. 12,13). Donde:

2.1.3.1 Volumen entrante al sistema.

Volumen de agua que ingresa al sistema de abastecimiento en un periodo de tiempo determinado, la misma que puede ser de origen natural o de una planta de tratamiento.

2.1.3.2 Consumo autorizado.

Se entiende como consumo autorizado aquel volumen anual de agua medida y / o no medida, usada por los clientes registrados, el distribuidor de agua y otros que están

autorizados para ello. Incluye agua exportada, fugas y desbordamientos después del punto de medición del cliente.

2.1.3.3 Pérdidas de agua.

Es la diferencia entre el volumen de entrada al sistema y el consumo autorizado.

2.1.3.4 Pérdidas aparentes.

Es un consumo no autorizado, robos, subcontajes, errores de medición sistemática y de manipulación de datos.

2.1.3.5 Pérdidas reales.

Representa los volúmenes anuales que se pierden a través de todo tipo de fugas, roturas y desbordamientos en la red, depósitos y conexiones de servicio hasta el punto de medición del cliente.

2.1.3.6 Agua facturada o contabilizada.

Volumen entrante al sistema que se factura y genera ingresos.

2.1.3.7 Agua no facturada o no contabilizada.

Es la diferencia entre el volumen de entrante al sistema y el consumo facturado autorizado.

2.1.4 Realización de la auditoría.

La auditoría es el primer paso hacia un servicio eficiente de la red. Su ejecución exige empleo de recursos tanto humanos como económicos. El modelo de auditoría más habitual (Lambert & Hirner, 2000) define los pasos a seguir para resolver la auditoría.

- Determinación del volumen de entrada al sistema.- Este primer paso consiste en registrar el volumen que ha circulado a través de los caudalímetros situados en la entrada de agua a la red de distribución.
- Estimación del consumo autorizado facturado.- A través de registros de facturación de consumos de los clientes registrados.
- Estimación del consumo autorizado no facturado.- Es un estimado calificado.
- Cálculo del consumo autorizado.- Se calcula mediante una suma entre los consumos facturados y no facturados.
- Estimación de pérdidas aparentes.

2.1.5 Indicadores de gestión frecuentemente utilizados.

Alegre, y otros (2006) en el manual de buenas prácticas del IWA, muestran 170 indicadores de gestión para redes de abastecimiento. Entre estos indicadores están los de recursos de agua, de personal, físicos, operacionales, calidad de servicio. Todos ellos merecen una definición más detallada, no obstante se resumen los indicadores más característicos, que exponen una información más precisa, a continuación se definen los más habituales, el UMF y el IFE.

2.1.5.1 Rendimiento volumétrico de una red.

Es el resultado entre las pérdidas reales (V_f) por el volumen entrante (V_{iny}) en el sistema en un periodo de tiempo (Alegre, y otros, 2006), según ecuación 2.01.

$$\eta = \left(1 - \frac{V_f}{V_{iny}}\right) \times 100 \quad (\text{Ec. 2. 01})$$

2.1.5.2 Índice de agua no contabilizada.

Agua potable producida que no se registra debido a pérdidas en la operación del sistema (Alegre, y otros, 2006), según ecuación 2.02.

$$IANC = \left(1 - \frac{V_{af}}{V_{iny}}\right) \times 100 \quad (\text{Ec. 2. 02})$$

2.1.6 Indicadores de gestión que tienen relación con la auditoría hídrica.

Los indicadores especificados por el manual de buenas prácticas, siguen la nomenclatura de IWA (Alegre, y otros, 2006), estos son:

2.1.6.1 Pérdidas totales por acometidas, Op 23 (m^3 /acometida/día).

$$Op23 = \frac{V_{perd}(m^3)}{N_{acometidas} \times T_{(dias)}} \quad (\text{Ec. 2. 03})$$

2.1.6.2 Pérdidas totales por longitud de tubería, Op 24 (m^3 /km/día).

Se utiliza si la densidad de acometidas es menor que 20 por km de tubería.

$$Op24 = \frac{V_{perd}(m^3)}{L_{tuberias} \times T_{(dias)}} \quad (\text{Ec. 2. 04})$$

2.1.6.3 Pérdidas aparentes por volumen entrante en el sistema, Op 26 (%).

$$Op26 = \frac{V_{ap}}{V_{iny}} \times 100 \quad (\text{Ec. 2. 05})$$

2.1.6.4 Fugas reales por acometida, Op 27 (l/acometida/día).

$$Op27 = \frac{V_f(l)}{N_{acometidas} \times T_{(dias)}} \quad (\text{Ec. 2. 06})$$

2.1.6.5 Fugas reales por longitud de tubería, Op 28 (l/km/día).

$$Op28 = \frac{V_f(l)}{L_{tuberia} \times T_{(dias)}} \quad (\text{Ec. 2. 07})$$

Según (Alegre, y otros, 2006), recomiendan utilizar los indicadores operacionales Op27 y Op28, si la densidad de la red es menor a 20 acometidas por km de tubería.

Todos los indicadores que se nombraron anteriormente, se consiguen calcular fácilmente una vez que se ha determinado la auditoría hídrica y con la información existente acerca del número total de acometidas y la longitud de tuberías de la red.

2.1.7 Umbral mínimo de fugas, UMF.

Significa el valor mínimo de agua fugada que puede existir en la red de distribución, aunque exista una rehabilitación y renovación es imposible de rebajar. Éste umbral ocurre debido a las fugas latentes principalmente. Con la ecuación 2.08, se realiza su cálculo.

$$UMF = \frac{\rho \times (18 \times L_{tub} + 0.8 \times N_{acometidas} + 25 \times L_a)}{N_{acometidas}} \quad (\text{Ec. 2. 08})$$

2.1.8 Índice de fugas estructural, IFE.

“El infrastructure leakage index (ILI) o índice de fugas estructural (IFE)” (Farley & Trow, 2003). Se calcula mediante una división entre las pérdidas totales y el umbral mínimo de fugas. Según la ecuación 2.09.

$$IFE = \frac{V_f}{UMF} \quad (\text{Ec. 2. 09})$$

$$Op27 = \frac{V_f(l)}{N_{acometidas} \times T_{(dias)}} = V_f$$

Valores cercanos a 1, para sistemas bien gestionados y valores superiores conforme la gestión sea menos eficiente (Paltín, 2012).

El IFE, seguramente sea el indicador más utilizado para la realización de la comparación de redes de abastecimiento, con esto se valora el estado de la red. Valores admisibles para redes de países desarrollados o en vías de desarrollo, estos valores se muestran en la tabla 2.2 (Liemberger & McKenzie, 2005).

Tabla 2. 2 - Valores del IFE en países desarrollados y en vías de desarrollo

		IFE	Litros/Conexión/día (cuando el sistema esta presurizado) a una presión Promedio de:				
			10m	20m	30m	40m	50m
Países Desarrollados	A	1-2		<50	<75	<100	<125
	B	2-4		50 – 100	75 – 150	100 – 200	125 – 500
	C	4-8		100 – 200	150 - 300	200 - 400	250 – 500
	D	>8		> 200	> 300	> 400	> 500
Países en vías de desarrollo	A	1-4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4-8	50 – 100	100 – 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500
	C	8-16	100 – 200	200 - 400	300 - 600	400 - 800	500 - 1000
	D	>16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Fuente: (Liemberger & McKenzie, 2005).

Elaboración: Adaptada por el autor

Por otra parte, la adopción de las directrices recomendadas por la AWWA,(2003) y que se muestran en la tabla 2.3, admitió medir un IFE aproximado, ajustado para el sistema de abastecimiento y sus circunstancias locales.

Tabla 2. 3 - Directrices recomendadas, para fijar un nivel de acuerdo con el IFE

Rango de IFE	Consideraciones del origen del agua	Condición de operación	Consideraciones económicas
1 - 3	Disponibilidad de los recursos muy limitada y por ende difícil de desarrollar	Requiere aumento de la oferta y aumentar los diámetros de la red de distribución.	- El agua es difícil de obtener y es cara - Los ingresos por la venta de agua no puede aumentar, bien por la existencia de un organismo regulador o por un bajo beneficio por volumen consumido
3 - 5	Los recursos permiten satisfacer las necesidades a largo plazo. Requiere una reducción del nivel de fugas	Requiere aumento de la oferta y se exige un control de las fugas	- El agua se puede obtener con un gasto razonable - Puede aumentar el precio del agua y esta será tolerada por los consumidores.
5 - 8	El recursos hídricos se obtiene fácilmente y es de buena calidad	Las redes son inmunes a cortes en el abastecimiento	- El agua se puede Obtener fácilmente. - Coste de agua baja
Mayor que 8	Las consideraciones operacionales y económicas pueden permitir un indicador mayor que 8, un elevado nivel de fugas no representa una utilización adecuada del agua como recurso. Por tanto, representa una situación desalentadora, y se ha de intentar reducir las fugas a corto plazo		

Fuente: (AWWA, 2003)

Elaboración: Adaptada por el autor

Como puede verificar en la tabla 2.2, diferentes rangos de IFE se han proporcionado para el desarrollo y países desarrollados. La propuesta intenta clasificar los niveles de fuga dentro de los Servicios Públicos de Agua en cuatro categorías en función del valor IFE de la siguiente manera (Liemberger & McKenzle, 2005, pág. 8):

- Categoría A: La reducción de pérdidas puede ser poco rentable.
- Categoría B: No requiere de mejoras urgentes; considerar la gestión de la presión; mejores prácticas de control de fugas de activos, y un mejor mantenimiento de la red.

- Categoría C: Pobre historial de fugas; tolerable sólo si el agua es abundante y barata; incluso a continuación, analizar el nivel y la naturaleza de las fugas e incrementar los esfuerzos para su reducción.
- Categoría D: Uso terriblemente ineficiente de los recursos; programas de reducción de fugas prioridad imperativa y alta.

2.2 Calibración de una red de distribución de agua potable.

2.2.1 Calibración de la etapa actual de la red.

(Takahashi, Saldarriaga, & Vega, 2008), indican que la calibración de una red de agua potable consiste en hallar un modelo hidráulico que figure de forma precisa y confiable una red existente, con el fin de usar el modelo de forma operacional.

El proceso de calibración del modelo de la red de distribución de agua permitió conseguir resultados exactos y fiables del análisis hidráulico. Sin embargo, una serie de factores como: la pobre gestión de la información, las fugas inusualmente altas, formaron una limitante para un progreso eficaz de la calibración (Paltín, 2012).

(Saldarriaga J. , 2007), propone la metodología de calibración de una red, como inicio de la metodología formula el ajuste de las variables topológicas de la red que consiste en la variación de la rugosidad de los materiales por los años de uso, pérdida memores y diámetros internos de las tuberías, y finalmente incluye el procedimiento por escenarios cuyos datos deberán tener un cambio en el proceso de calibración.

2.2.2 Problemas de la calibración.

El problema central de la calibración es el desconocimiento de las variables que eran constantes conocidas en el diseño original (Saldarriaga & Salas, 2003).

2.2.2.1 Nuevas incógnitas y variables conocidas de la red.

En una red que va a ser calibrada las nuevas incógnitas en el problema son:

- Rugosidad absoluta k_s .
- Coeficiente de pérdidas menores k_{men} .
- Diámetro real interno de cada tubería.

Nuevas variables conocidas:

- Mediciones que se realizan en la red (caudal y presión).
- Valores teóricos de k_s .

- Valores de k_{men} para accesorios.
- Diámetro nominal.

Las mediciones y los valores teóricos sirven como punto de partida para iniciar la calibración.

2.2.2.2 Variables hidráulicas.

Son variables hidráulicas las que son calculadas durante el proceso de cálculo hidráulico. Estas variables tienen sentido solo si la red entra en funcionamiento o ya se encuentra en funcionamiento. “Las variables hidráulicas son el caudal y la presión” (Saldarriaga & Salas, 2003)

2.2.2.3 Variables topológicas.

Son variables topológicas las que dependen solo de las propiedades físicas de las tuberías, forma, tamaño, conexiones, etc. Estas variables son las rugosidad, el coeficiente de pérdidas menores, diámetro, longitud, las posiciones de los nudos iniciales y finales de la tubería (Saldarriaga & Salas, 2003).

Variación de la rugosidad de la tubería por el uso.

La evaluación de la rugosidad de la tubería del distrito hidrométrico Ruta 46, consideró la propuesta de Genijew.

$$\varepsilon_t = \varepsilon_0 + a \times t \quad (\text{Ec. 2. 10})$$

Tabla 2. 4. Coeficientes *a* de la fórmula de Genijew.

Grupo	Características del agua	a
I	Agua con poco contenido mineral que no ocasiona corrosión.	$0.005 < a < 0.055$
	Agua con pequeño contenido de materia orgánica y de solución de hierro.	Valor medio = 0.025
II	Agua con poco contenido mineral que origina corrosión.	$0.055 < a < 0.018$
	Agua que contiene menos de 3 mg/l de materia orgánica y hierro en solución.	Valor medio = 0.07
III	Agua que origina fuerte corrosión y con escaso contenido de cloruros y sulfatos (menos de 100 a 150 mg/l).	$0.18 < a < 0.40$
	Agua con un contenido de hierro de más de 3 mg/l.	Valor medio = 0.20

...Sigue

.... Continúa

Grupo	Características del agua	a
IV	Agua que origina corrosión, con un gran contenido de cloruros y sulfatos (más de 500 a 700 mg/l).	$0.40 < a < 0.60$
	Agua impura con una gran cantidad de materia orgánica.	Valor medio = 0.51
V	Agua con cantidades importantes de carbonatos, pero con dureza pequeña permanente, con residuo denso de 2000 mg/l.	a varía de 0.6 a más que 1

Fuente: (Sotelo, 1982, pág. 287)
Elaboración: Adaptada por el autor

Pérdidas en accesorios.

El cálculo de las pérdidas menores en la red se utilizarán los factores de los accesorios recomendado por (Saldarriaga J. , 2007), que se muestran en la tabla 2.5.

Tabla 2. 5 Pérdidas para los accesorios.

Accesorio	$K_{men.}$
Unión	0.30
Codo 22.5°	0.16
Codo 45.0°	0.40
Codo 45.0°	0.20
Ye	0.30
Cruz	1.80
Te	0.30
Te lateral	1.80
Reductor	0.15
Válvula	0.20

Fuente: (Saldarriaga J. , 2007)
Elaboración: Adaptada por el autor

2.2.2.4 Variables de calibración.

Las variables de calibración son variables que se cambian para conseguir que las hipótesis de calibración se asimilen a las mediciones de campo. La forma correcta de especificar las variables de calibración es a partir de las variables topológicas. El problema de la calibración no se puede resolver con absoluta certeza. Solamente se puede buscar posibles soluciones y entre éstas, escoger la mejor con ciertos criterios (Saldarriaga & Salas, 2003).

2.3 Gestión de fugas.

La calibración además se puede utilizar como método para la detección de fugas.

2.3.1 Definición de fuga.

“Es una escape físico en cualquier punto del sistema de agua; esta puede ocurrir en conducciones, tanques de almacenamiento, redes de distribución, conexiones domiciliarias y dentro de las casas de los usuarios” (Bourguet Ortiz, 2004)

2.3.2 Clasificación.

Hay tres tipos básicos de fugas:

- **Visibles (Reportadas):** Estas emergen hacia la superficie del terreno o pavimento, no siempre emergen hacia la superficie en el lugar donde se origina la fuga, estas pueden emerger a una distancia considerable (Ochoa & Ortiz, 2001). Caudal promedio del flujo es de 500 L/h a 50000 L/h (Bourguet Ortiz, 2004).
- **No-visibles (No Reportadas):** Se infiltran en el suelo o pueden drenar hacia tuberías del alcantarillado o canales (Ochoa & Ortiz, 2001). Caudal promedio del flujo es de 10 L/h a 500 L/h.
- **De fondo (inevitable):** Son invisibles, existe una dificultad en su detección por su caudal muy bajo. Caudal promedio del flujo es de 10 L/h (Bourguet Ortiz, 2004)

2.3.3 Lugares donde ocurren las fugas.

Según el lugar donde ocurren, las fugas pueden dividirse en seis categorías:

- a) “Fugas en depósitos.
- b) Fugas en conducciones, líneas principales o secundarias de agua.
- c) Fugas en conexiones domiciliarias.
- d) Fugas en la caja del medidor.
- e) Fugas en caja de válvulas.
- f) Fugas intradomiciliarias.” (Ochoa & Ortiz, 2001)

2.3.4 Causas de origen de las fugas.

Las principales causas de ocurrencia de fugas son:

- “Presión alta.
- Corrosión externa.
- Corrosión interna.
- Efecto del tráfico de vehículos
- Mala calidad de los materiales y accesorios.

- Mala calidad de mano de obra.
- Edad de tuberías.
- Movimiento del suelo (sismos).” (Ochoa & Ortiz, 2001)

2.3.5 Etapas de fugas.

Las etapas de fugas dependen del procedimiento de identificarlas y el tiempo de duración de la fuga (Lambert & Hirner, 2000). Explican tres fases las cuales son:

“**Detección:** intervalo de tiempo de iniciación hasta donde la empresa operadora conoce de la existencia de la fuga, pero no la localiza

Localización: Tiempo de ubicación de la fuga con instrumentación acústica.

Reparación: Tiempo de reparación de la fuga luego de la localización por la empresa” (Benavides Muñoz, 2010).

2.3.6 Método matemático utilizado en la detección de fugas.

“El método más utilizado en los últimos años es el de análisis de flujos mínimos nocturnos (AFMN), ya que es una metodología simple y con elevada fiabilidad que ha llegado a ser un patrón internacional” (Escobar, 2011).

La metodología es ideal para sistemas con poca información sobre su infraestructura hidráulica (Abarca , 2012).

2.3.6.1 Análisis de Flujos Mínimos Nocturnos (AFMN)

El descubrimiento de fugas es la etapa anterior a la localización, confirmación y reparación de las mismas. Entre los métodos recomendados para las redes sectorizadas, está el del análisis de flujos mínimos nocturnos. Un indicador de la presencia de fugas es el aumento en el volumen de gasto nocturno (Benavides & Sanchez, 2010).

El análisis de caudales mínimos nocturnos es una práctica fácil de usar siempre que la red que se va a análisis esté sectorizada y que se tengan registros de caudal y presión continuos del mes específico.

Para reducir el volumen de pérdidas se puede aplicar las siguientes consideraciones: (Benavides H. M., 2008).

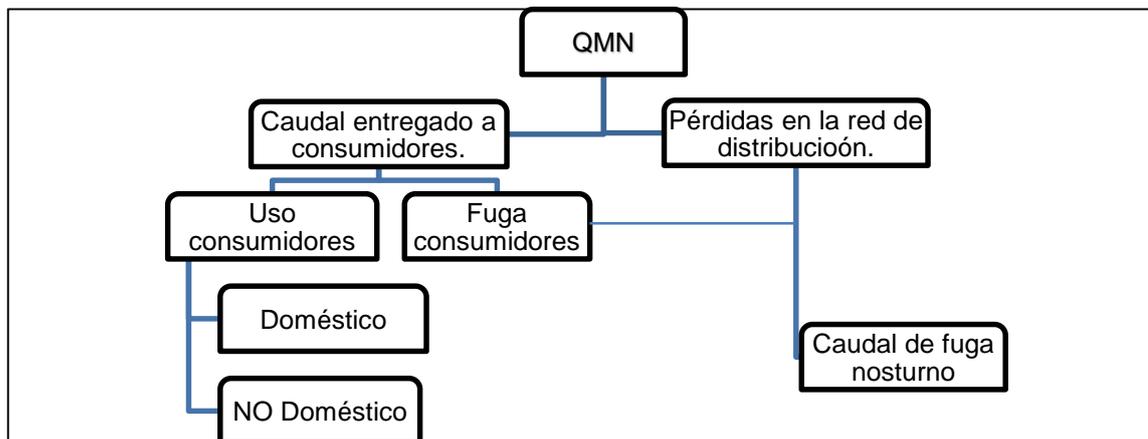
- Control activo de fugas; detección y localización.
- Reparaciones.

- Gestión de presión; reducción y control.
- Rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica.

Si existe variación de este caudal nocturno es signo de presencia de fugas en la red de agua, la misma se presenta si los consumos de un determinado sector ya sean industriales, domésticos o no-domésticos disminuyen a lo mínimo, en lo usual esto ocurre entre las 02h00 y 04h00 horas de la madrugada. (Abarca , 2012).

2.3.6.2 Generalidades del caudal mínimo nocturno.

En la gráfica 1.1, se muestra los dos principales elementos que conforman este caudal mínimo nocturno.



Gráfica 1. 1 Componentes del caudal minino nocturno

Fuente: (Abarca , 2012)
Elaboración: Adaptada por el autor

Caudal entregado a los consumidores: Es aquel caudal que se entrega a los respectivos usuarios sin importar el tipo de consumo.

Para los consumos nocturnos domésticos, esta metodología propone un valor de 1.7 L/viv/h que son los correspondientes a caudales entregados a las viviendas (Benavidez & Sánchez, 2010, citado en Lambert A. O. 2002). Al consumo no doméstico se le asigna un factor de 8 L/ (usuario no doméstico)/h. (Benavides & Sánchez, 2010, citado también en Arregui de la Cruz F. 2006).

Pérdidas en la de distribución: son pérdidas que ocurren dentro de la red de distribución y el lugar donde se den las mismas que pueden distinguir las roturas de la red o de las acometidas domiciliarias.

Para determinar el caudal de fugas latentes, en “Managing leakage” propone una ecuación 2.11, la cual considera el número de acometidas y la longitud de tuberías de la red de distribución.

$$Q_{FL} = (F \times Na) + (G \times L) \quad (\text{Ec. 2. 11})$$

Tabla 2. 6 valores de F y G para el cálculo de fugas latentes

Condiciones	Tuberías (l/km/h)	Acometidas (l/viv/h)
	G	F
Bueno	20	2
Medio	40	4
Malo	60	6

Fuente: (Benavides & Sanchez, 2010), citado por (U.K. Water Industry 1994)
Elaboración: Adaptada por el autor

2.3.6.3 Variación de consumos nocturnos

La variación de los consumos nocturnos está en función de los siguientes parámetros:

- Consumos aleatorios.
- Número de usuarios.
- Efectos de presión.

Si se aumentan los consumidores, se incrementa la dificultad e inseguridad para determinar un caudal base de fuga. (Abarca , 2012).

2.3.6.4 Corrección del caudal mínimo nocturno.

Factor corrector de la presión: la presión actúa directamente al caudal mínimo nocturno debido a que un incremento o disminución de este, genera que la magnitud del caudal aumente o disminuya sea el caso.

Tabla 2. 7. Factor corrector para estandarizar los QMN a una presión de 50 m c.a.

Presión Nocturna (m c.a)	15	20	30	40	50	60	70	80
Factor Corrector (FCP)	0.238	0.329	0.529	0.753	1	1.271	1.566	1.884

Fuente: (Abarca , 2012)
Elaboración: Adaptada por el autor

Factor corrector del intervalo de muestreo: El “Managing leakage” expone un factor de corrección del período de muestreo el cual estandariza todas las medidas y disminuye el efecto que introducen los diferentes periodos de muestreo, el valor que asume es de 60 min.

2.3.6.5 Extrapolación de caudales de fuga.

El caudal de fuga se ve afectado por la presión de una forma directa, es decir cualquier variación de la presión en el sector afectará a la magnitud de este, con la ecuación 2.12 se puede conocer los caudales de fuga que ocurren en cualquier instante de tiempo. (Abarca , 2012).

$$G_{fugas(t)} = Q_f[t_{QMN}] \times \left(\frac{P_t}{P_{[t_{QMN}]}} \right)^{N_1} \quad (Ec. 2. 12)$$

Para identificar si en el sistema de distribución de agua potable presenta roturas no detectadas se hace la resta entre caudal mínimo nocturno (QMN) medido y el inevitable, si el valor resultado de esta operación es positivo significa que si existen roturas en la red.

CAPÍTULO 3
MATERIALES Y MÉTODOS

Nomenclatura.

- pf - Población flotante
- f - Factor de simultaneidad.
- pe - Población estudiantil.
- Po - número de habitantes asignados al nudo.

3.1 Introducción.

El presente estudio radica en una investigación de carácter exploratorio, descriptivo, comprensivo y explicativo.

3.2 Análisis y evaluación del estado actual de la red en estudio.

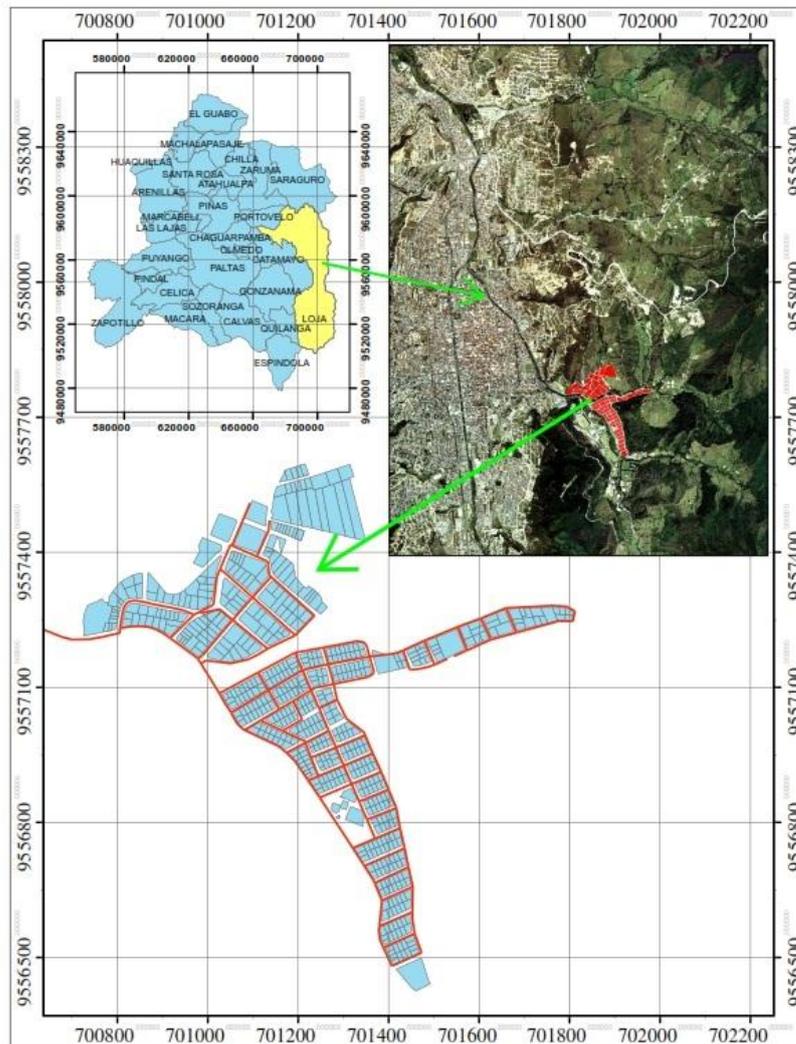
En este apartado se incluye el análisis del catastro y la sectorización del hidrométrico, así mismo la revisión topológica de la red. El conjunto de estas variables topológicas de la red conjuntamente con los datos recolectados en campo (presión y caudal) generan el modelo hidráulico calibrado. Igualmente se dio la evaluación de la red a través de una auditoria hídrica, y finalmente se calculó las fugas que se dan en el distrito.

3.2.1 Descripción de la zona de estudio.

3.2.1.1 Localización geográfica.

El estudio se lo realizó en la ciudad de Loja cabeza cantonal de la provincia de Loja, se encuentra a 2100 m s.n.m. y $04^{\circ} 30' 38''$ de latitud Sur, $79^{\circ} 05' 58''$ de longitud Oeste, sobre una extensión de 52 km².

La red de agua potable se encuentra ubicada en la parroquia El Sagrario. El nombre con la que los técnicos de la UMAPAL (2015) reconocen la red es como RUTA 46, el análisis se realizó desde la ubicación de una cámara subterránea que sirve para el monitoreo de la misma, hasta los sectores de La Estancia, Zamora Huayco y el sector Las Minas, todo este conjunto se lo denominó como distrito hidrométrico "Ruta 46" (ver gráfica 1.2)



Gráfica 1. 2. Localización de la zona de estudio
Fuente: SIGTIERRAS.

Elaboración: Propia

3.2.1.2 Clima.

El clima de la ciudad de Loja, cuenta con una temperatura promedio de 16°C y lluvia anual de 900mm. (Geo-Loja, 2007).

3.2.1.3 Geología y relieve.

El valle de Loja se localiza sobre una cuenca sedimentaria, que al ser afectada por movimientos de presión causaron levantamientos o hundimientos. Así, surgieron pliegues suaves al lado occidental de la hoya y marcada pendiente en la parte oriental. (Geo-Loja, 2007)

3.2.2 Sectorización hidráulica.

Es un instrumento de gestión colectiva para la administración y operación de sistemas de agua potable, fundamentalmente consiste en delimitar redes de distribución en sectores hidráulicos independientes y separados en los cuales es posible calcular las pérdidas de agua, establecer sus componentes, causas y propósitos de optimización de la red (Fragoso, Zurvia & Toxky, 2014). Para la sectorización del distrito hidrométrico caso de estudio, se consideró lo siguiente:

3.2.2.1 Sectorización del distrito hidrométrico.

La sectorización de la zona de estudio se la realizó acuerdo a la ruta de distribución que tiene la empresa UMAPAL. Con la planimetría otorgada por los técnicos de la UMAPAL y con visitas de campo se pudo localizar elementos de la red, nudo de control a la entrada del sistema y elementos urbanísticos de la zona.

3.2.2.2 Catastro de la red de abastecimiento y usuarios.

Consistió en la recopilación de información de la red de agua potable, sobre sus elementos geométricos, usuarios e infraestructura urbana. Con todas estas consideraciones se delimito teóricamente el sector a ser analizado.

En el catastro del sistema de distribución de agua potable para el distrito hidrométrico Ruta 46, permitió evidenciar los dos tipos de tuberías que existen en la red, con lo cual se puede calcular la variabilidad de la rugosidad de acuerdo a los años de servicio de la tubería.

3.2.2.3 Proyecto de sectorización.

Al confirmar la configuración de red, no se produjo ningún cambio con respecto al cierre de válvulas del sector, ya que el distrito hidrométrico "Ruta 46" se alimenta de un solo nudo de control. Con esta configuración actual de la red, se fijaron los lugares donde se recolectaran los datos (presión y caudal), se tomó en cuenta el relieve de la zona.

3.2.3 Monitoreo del sector hidrométrico.

El monitoreo en tiempo real del estado de las variables hidráulicas, fue desarrollado a través de la aplicación web GIS-GUSAP del Laboratorio Virtual de Fluidos, Hidráulica y Eficiencia Energética (FHEEL-V) del departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil en la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL).

1. Instalación de estaciones remotas para los sensores de presión y caudalímetro.
2. Instalación de sensor de presión en el nudo de control de la entrada al distrito.

3. Remisión de la información de presión – caudal vía GPRS.
4. Recepción de datos, monitoreo y gestión a través de la aplicación web Kradac: K-Logger

3.2.4 Evaluación del estado actual de la red.

En la evaluación del estado actual de la red comprendió las siguientes etapas:

3.2.4.1 Información catastral base.

La información catastral fue proporcionada por la UMAPAL (2015), en formato digital (cad) e impreso para la zona de estudio, esta información fue:

1. Plano general con información base de los elementos geográficos y urbanos del distrito.
2. Plano del distrito georreferenciado con información de tuberías, válvulas e hidrantes.
3. Reportes de consumos mensuales del distrito.
4. Listado de usuarios del distrito.

3.2.4.2 Modelo hidráulico actual.

Población actual (pa): Mediante las encuestas realizadas y mediante el método de polígonos prediales se pudo determinar la población actual del distrito. El método de polígonos prediales está en asignar al nudo aguas abajo el número de predios a los que abastece (Paltín, 2012).

$$pa = N^{\circ}predios \times hab/predio \quad (Ec. 3.01)$$

Población flotante (pf): esta población no pertenece a la zona pero es abastecida por sus actividades que realiza en ella. Esta consiste especialmente en la población estudiantil que normalmente consumen 6 horas diarias durante 200 días académicos al año. La población flotante se calcula con la siguiente ecuación 3.02 (Paltín, 2012)

$$pf = f \times pe = \left(\frac{1}{\sqrt{pe - 1}} \right) \times pe \quad (Ec. 3.02)$$

Población de referencia (Po): Es la suma de la población actual más la población flotante, según la ecuación 3.03.

$$Po = pa + pf \quad (\text{Ec. 3. 03})$$

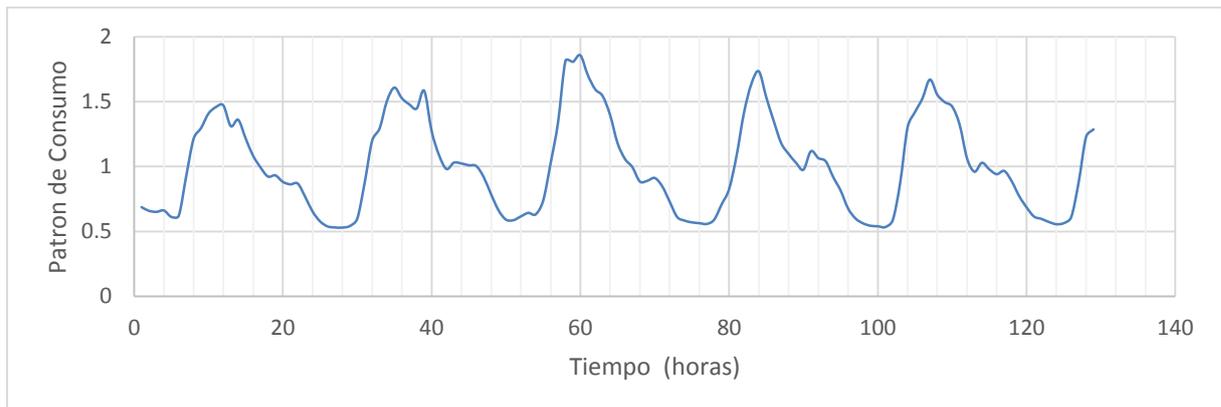
Demanda base: Para el presente trabajo se consideraron los volúmenes registrados en el nudo de control, ver tabla 4.3, la combinación de volúmenes y la población de referencia, dio paso a la obtención de las dotaciones para el periodo de estudio, se escogió el valor promedio para la dotación representativa.

Demanda en nudos: Para la demanda de cada nudo es el producto de la dotación calculada y el número de habitantes asignados al nudo, según indica la ecuación 3.04.

$$\text{Demanda base (l/s)} = \frac{\text{Dotacion} \times Po}{86400} \quad (\text{Ec. 3. 04})$$

Patrones de consumo:

Para la simulación de la red se debe tomar en cuenta los patrones de consumo de toda la red, este patrón se lo determino de los registros del nudo de control, se generó una curva de demanda para el distrito. Ver gráfica 1. 3



Gráfica 1. 3 Patrón de consumo.

Elaboración: Propia

CAPÍTULO 4
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Introducción.

En este apartado tiene la finalidad de dar a conocer los resultados obtenidos de la evaluación actual de la red, el balance hídrico, calibración, y la gestión de fugas, a través de análisis comparativos de datos.

4.1.1 Análisis y evaluación del estado actual de la red.

4.1.1.1 Sectorización.

La sectorización hidráulica del sistema de distribución de agua nació como una opción necesaria para su control, operación y mejora de la utilidad económica (Fragoso, Zurvia , & Toxky, 2014). Además permitió explicar la conducta de la demanda, al conocer las variables hidráulicas que intervienen en la misma.

4.1.1.2 Evaluación del estado actual de la red.

Topología y conservación de la red.

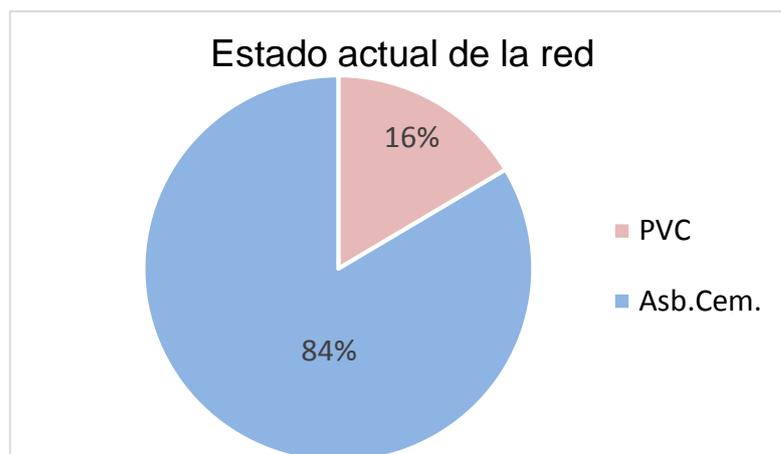
La red mixta del distrito hidrométrico “Ruta 46”, se compone de tres redes malladas y cuatro tramos cortos ramificados.

Las características topológicas (nudos y tuberías) de la red del distrito se detallan en el Anexo 1: Topología de la red del distrito hidrométrico Ruta 46

La situación de la red de abastecimiento y la ausencia de planes de gestión, mostraron un deficiente estado de conservación.

Estado actual de las red de distribución.

Con la información recolectada, el sistema está formado por dos tipos de tuberías, un total de 8613.7m de tuberías, el 84% corresponde a tuberías de asbesto cemento (AC) y el 16 % a tubería PVC, según se indica en la gráfica 1.5.



Gráfica 1. 4. Composición de la red por tipo de material.
Elaboración: Propia

De acuerdo a las declaraciones de miembros de la UMAPAL, la red de asbesto cemento tiene una edad de 30 años y la de PVC 7 años aproximadamente.

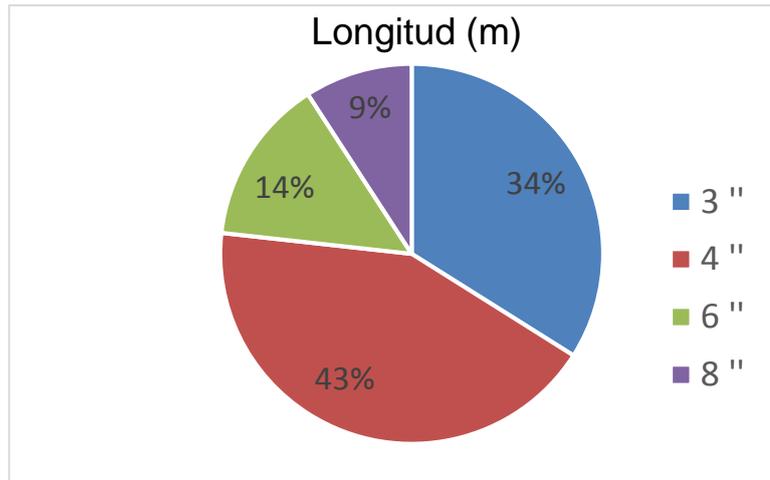
Asbesto Cemento.

A continuación se detallan diámetros y longitudes de la tubería, ver tabla 4.1.

Tabla 4. 1 Diámetros y longitudes de la red actual en asbesto cemento.

Diámetro nominal (pulg.)	Diámetro interno (mm)	Longitud (m)
3	75	2446.29
4	110	3079.02
6	160	1016.05
8	200	656.81
Total		7198.17

Fuente: UMAPAL, 2015.
Elaboración propia.



Gráfica 1. 5. Porcentaje de tuberías de AC.
Elaboración: Propia

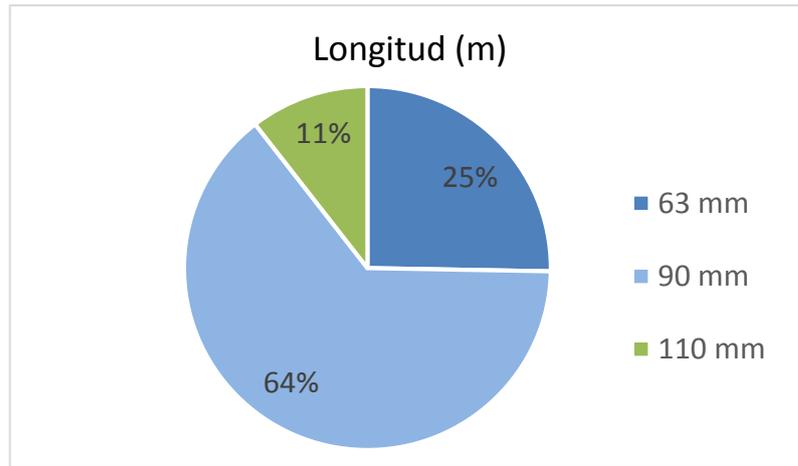
PVC.

A continuación se detallan diámetros y longitudes de la tubería, ver tabla 4.2.

Tabla 4. 2 Diámetros y longitudes de la red actual en PVC.

Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Longitud (m)
63	58.2	357.91
90	83	909.13
110	101.6	148.49
Total		1415.53

Fuente: UMAPAL, 2015
Elaboración propia.



Gráfica 1. 6. Porcentaje de tuberías de PVC
Elaboración: Propia

4.1.2 Modelo hidráulico de la red de distribución.

Población actual.

A partir del catastro que se determinó un número, 546 predios y con un promedio de 6 habitantes por predio. Al aplicar la ecuación 3.01, resultó que 3276 habitantes son al presente abastecidos en el distrito hidrométrico Ruta 46.

Población flotante.

Por medio de encuestas realizadas en el distrito hidrométrico existe una escuela y un jardín que cuenta con 500 y 40 alumnos, respectivamente, este dato se tomara para el cálculo de la población flotante, con base a la ecuación 3.02, dio como resultado una población flotante de 23 habitantes. Con un factor de simultaneidad de 0.043.

Población de referencia.

Con la ecuación 3.03, se calcula la población de referencia para el distrito hidrométrico Ruta 46 fue de 3299 habitantes, entre los cuales corresponden 3276 a la población actual y 23 habitantes como población flotante.

Volúmenes de consumo.

Los volúmenes de consumo se los cálculo de acuerdo a las mediciones del macro medidor ubicado en el nudo de control, esto nos dio como resultado los consumos diarios del distrito hidrométrico, como se puede ver en la tabla 4.3.

Tabla 4. 3. Volúmenes inyectados al distrito hidrométrico Ruta 46

VOLUMENES TOMADOS EN CAMPO EN DIFERENTES FECHAS			
FECHA	Días	Volumen (L)	V (m³)
05/06/2015	inicio	262093662	
12/06/2015	7	266955737	4862.1
24/06/2015	19	277053851	14960.2
10/07/2015	35	288682475	26588.8
31/07/2015	56	304332281	42238.6
01/07/2015	57	305241320	43147.7
03/07/2015	59	306802823	44709.2

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Con los volúmenes de la tabla antes mencionada se pudo calcular los volúmenes y dotaciones para distintos días como se muestra en la tabla 4.4.

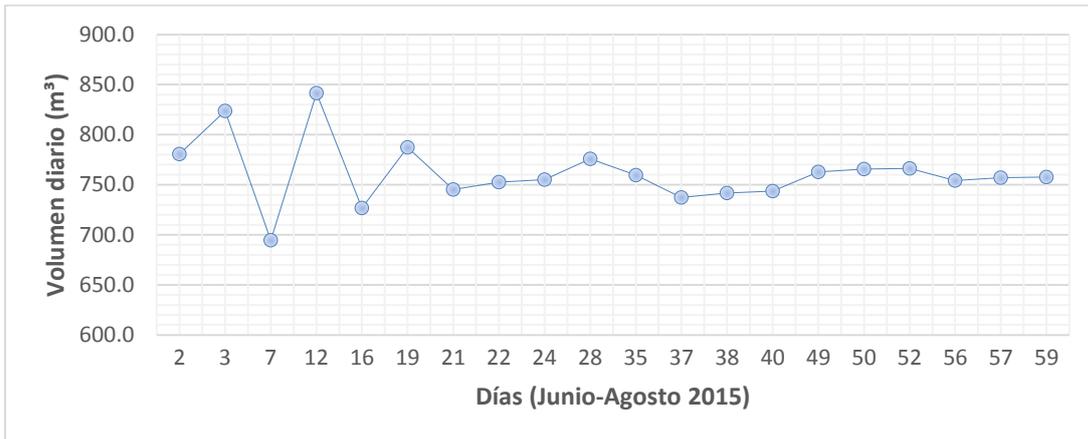
Tabla 4. 4. Calculo de dotaciones para el distrito.

Días	V (m³)	V diario (m³)	Dotación (l/hab/día)
2	1561.5	780.8	236.66
3	2470.5	823.5	249.63
7	4862.1	694.6	210.54
12	10098.1	841.5	255.07
16	11628.6	726.8	220.31
19	14960.2	787.4	238.67
21	15649.8	745.2	225.90
22	16558.8	752.7	228.15
24	18120.3	755.0	228.86
28	21726.7	776.0	235.21
35	26588.8	759.7	230.28
37	27278.4	737.3	223.48
38	28187.5	741.8	224.85
40	29749.0	743.7	225.44
49	37376.54	762.8	231.22
50	38285.58	765.7	232.10
52	39847.09	766.3	232.28
56	42238.62	754.3	228.63
57	43147.66	757.0	229.46
59	44709.16	757.8	229.70
		Promedio=	230.82 l/hab/día

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

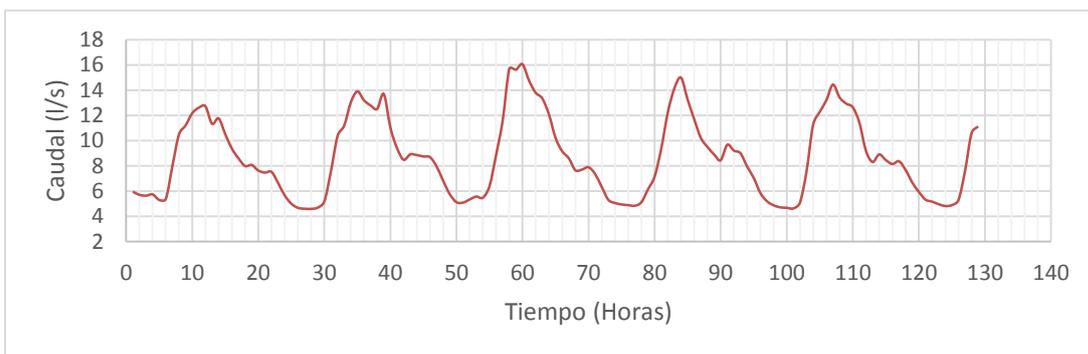
El valor promedio de todas las dotaciones calculadas se tomara como demanda base para el distrito, en nuestro caso sería de 230.82 l/hab/día.

En la gráfica 1.7, se muestra la tendencia actual de consumos en el distrito.



Gráfica 1. 7. Dotaciones por variación de volumen.
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

La gráfica 1.8, se presenta los datos de caudal registrados por 5 días en el nudo de control.



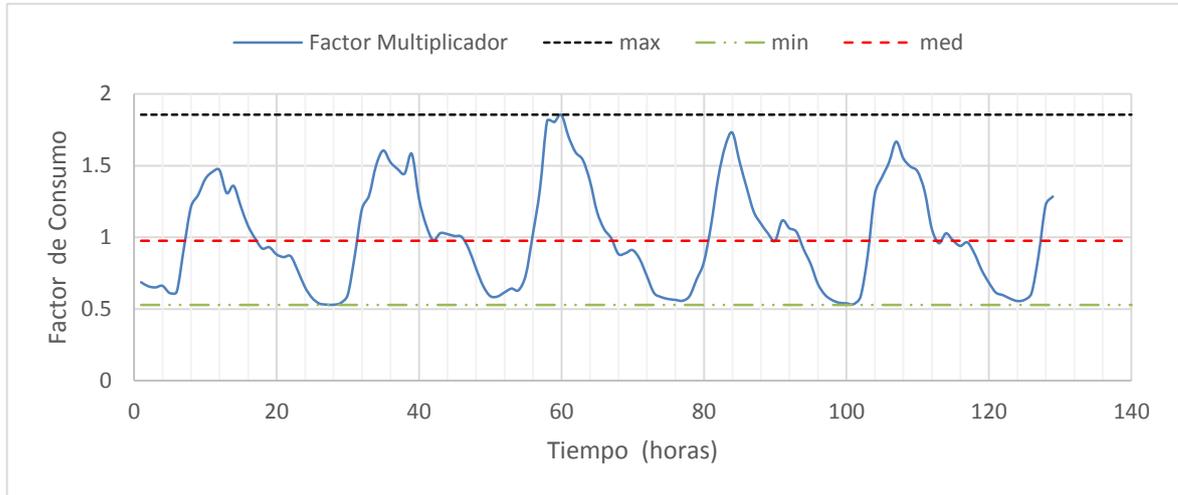
Gráfica 1. 8. Datos de caudal en el nudo de control.
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Demanda en nudos.

La demanda calculada para los nudos, de acuerdo a la ecuación 3.04, fue de 9.07 litros por segundo. Ver anexo 6.

Patrones de consumo.

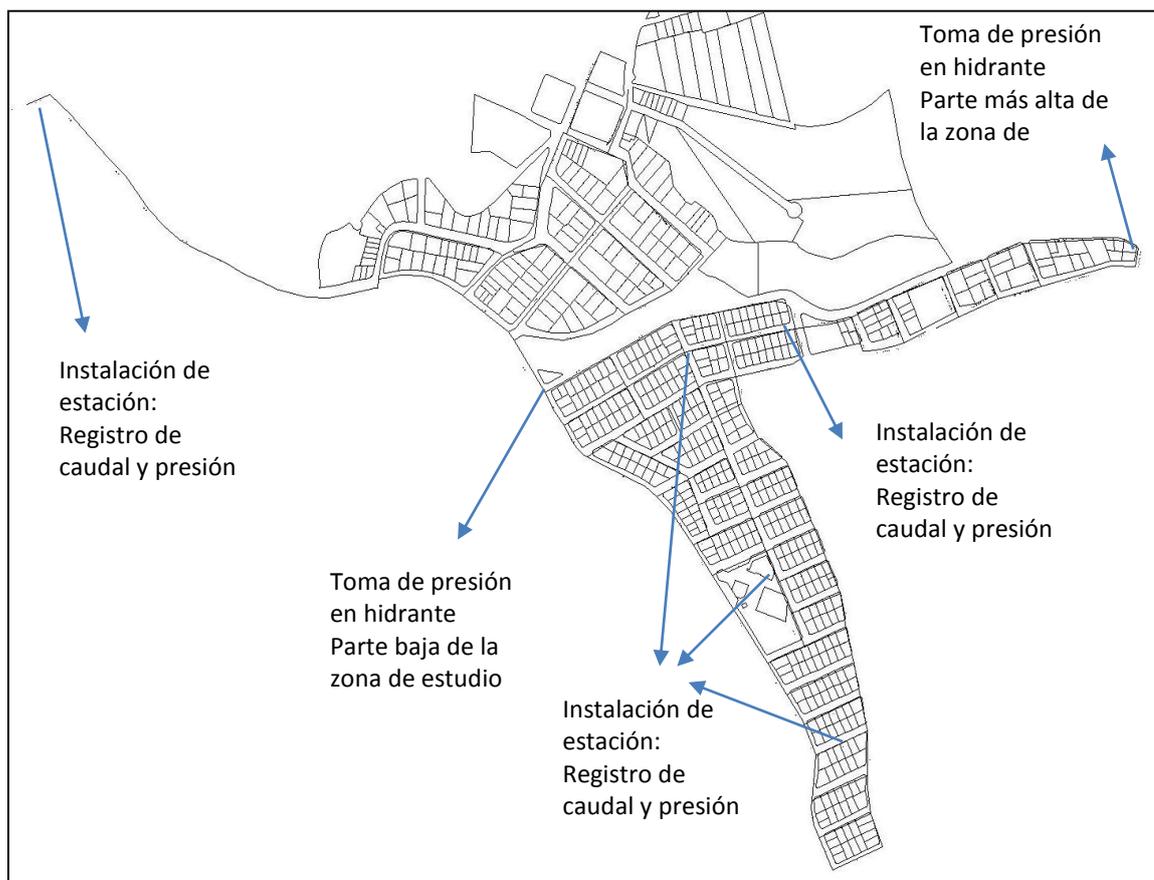
En el distrito hidrométrico Ruta 46 el patrón de consumo fue determinado con los datos del nudo de control, en la gráfica 1.9, se representan el factor de consumo y descritos en el Anexo 4: Patrones de consumo del distrito hidrométrico Ruta 46.



Gráfica 1. 9.Variación de los factores de consumo en el nudo de control
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

4.2 Calibración de la red actual.

A continuación se presentaran los datos que se utilizaron para la calibración de la red actual, en la gráfica 1.10, se puede observar los lugares donde se recolectaron los datos.

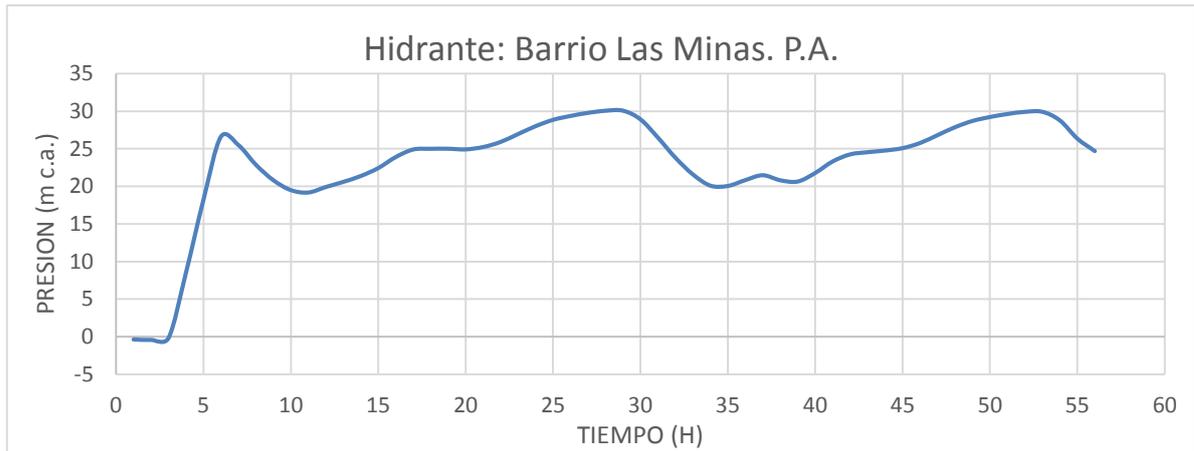


Gráfica 1. 10. Lugares donde se recolectaron los datos.
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

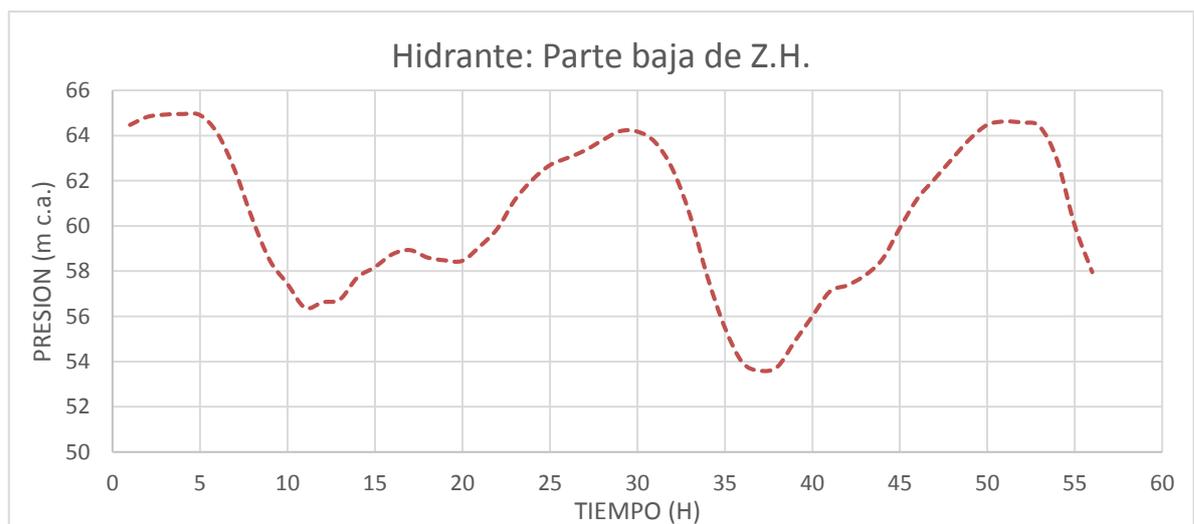
Los nudos correspondientes a la tomas de datos son los siguientes:

1. n 61 (Hidrante barrio Las Minas)
2. n 64 (Hidrante, parte baja de Zamora Huayco)
3. n 4 (Centro Infantil del Buen Vivir Z.H.)
4. n 107 (Nudo de control)
5. n 101 (Vivienda Sr. Fernando Celi)
6. n 58 (Vivienda Sra. Mariana Guzmán)

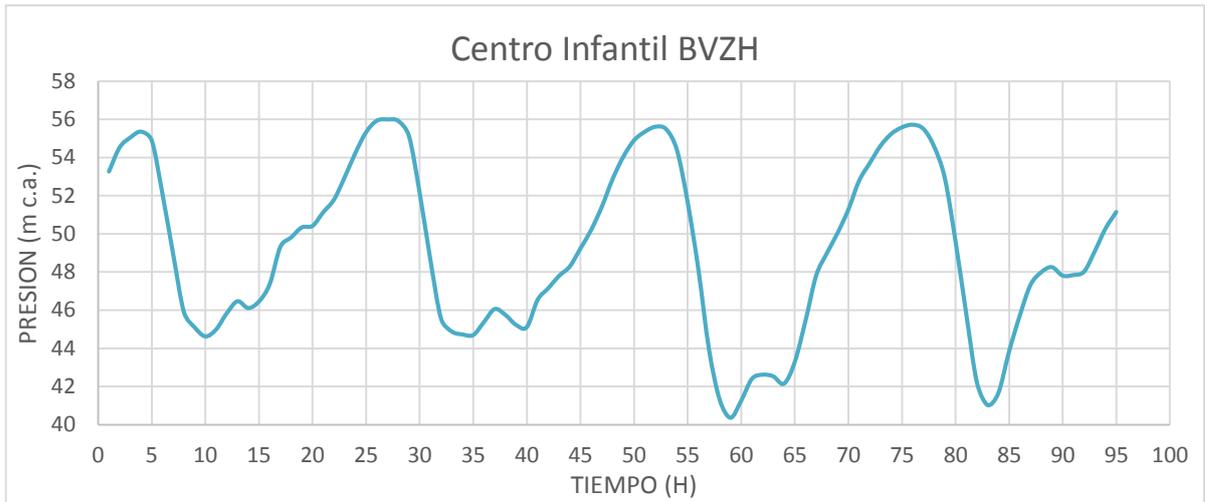
En el Anexo 3: Datos de presión, se puede observar los datos recolectados en campo.



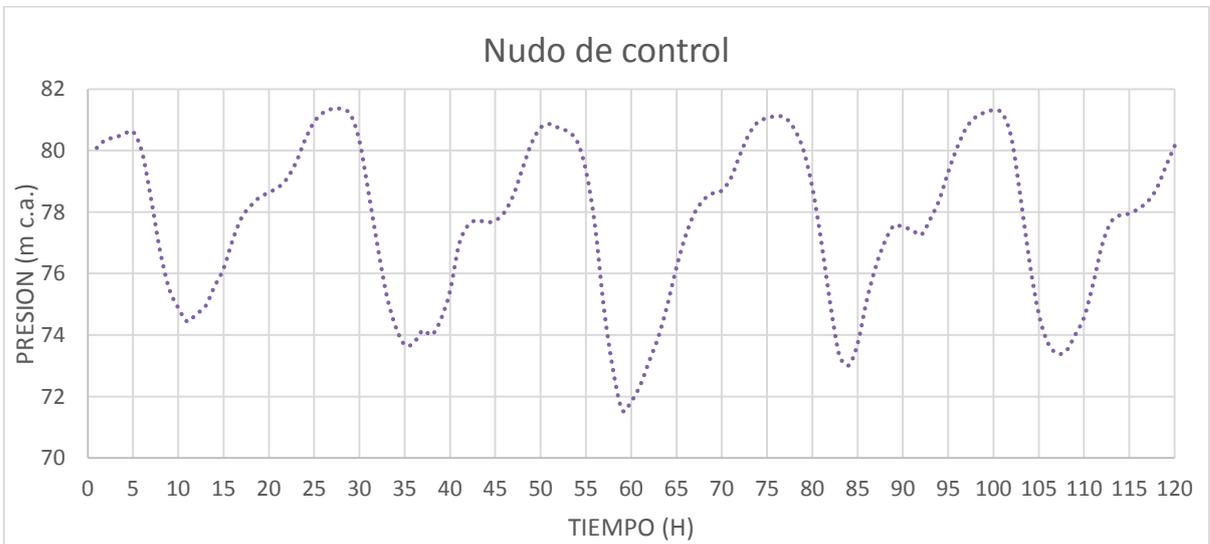
Gráfica 1. 11. Datos de presión en el nudo n61.
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo



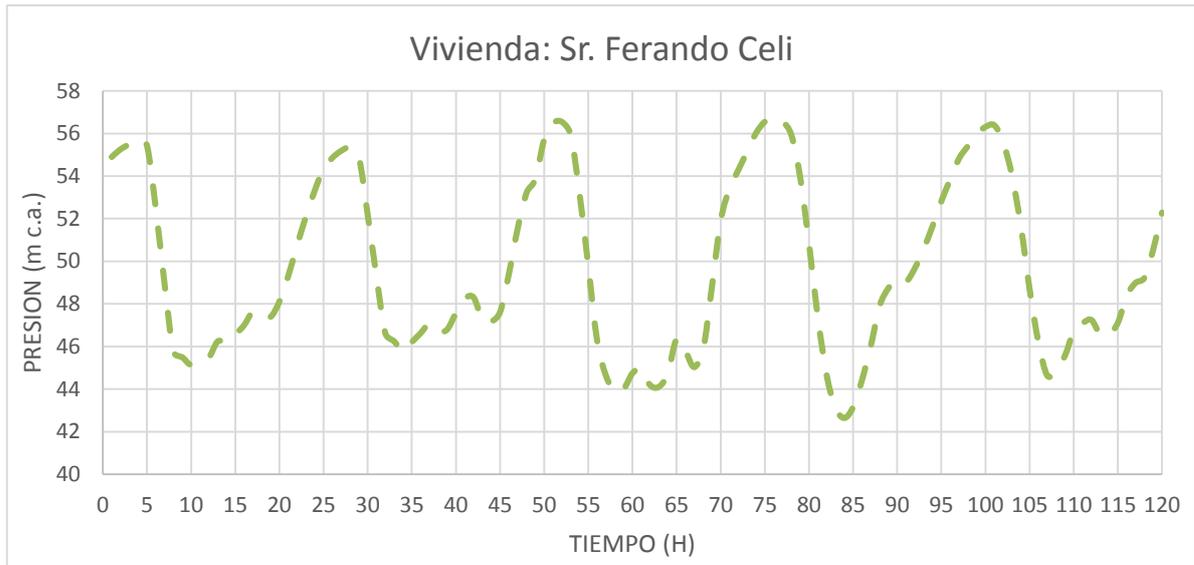
Gráfica 1. 12. Datos de presión en el Nudo n64.
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo



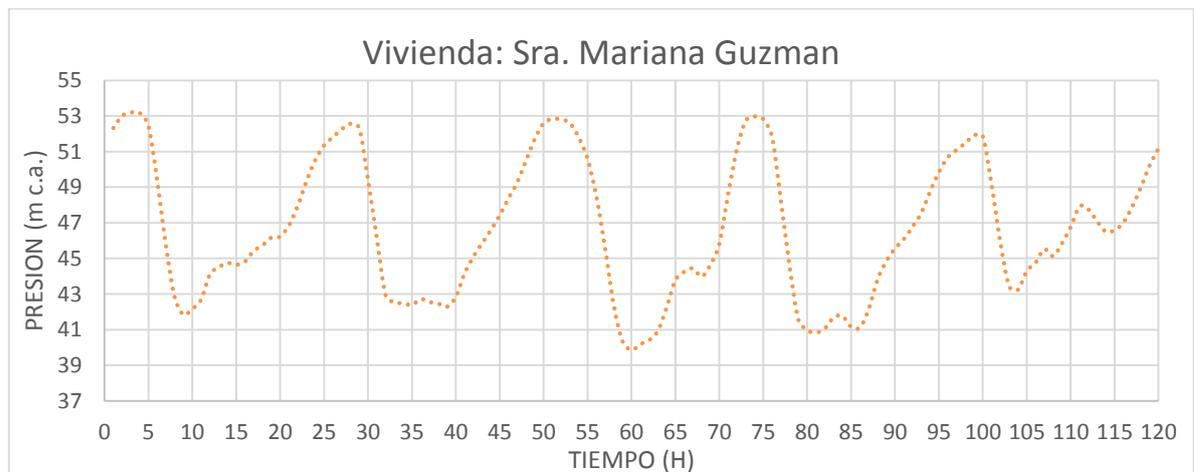
Gráfica 1. 13. Datos de presión en el nudo n4
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo



Gráfica 1. 14. .Datos de presión en el nudo n108
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo



Gráfica 1. 15. Datos de presión en el nudo n101
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo



Gráfica 1. 16 Datos de presión en el nudo n58
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo

Las gráficas 11, 12, 13, 14, 15 y 16 se observan la tendencia de las presiones en los diferentes puntos de control y su evolución temporal – diaria.

Para la calibración de la red se tomó a partir de la hora 25, ya que a partir de esa hora los datos son estables y no existen caídas de presión.

4.2.2 Cambio de rugosidad de la tubería por el uso.

Tabla 4. 5. Cambio de rugosidad.

Tubería	Rugosidad de la tubería (mm)	
	Nueva	Actual
Asbesto Cemento	0.025	0.9000
PVC	0.0015	0.2015

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

La rugosidad varía por los años de servicio que ha brindado, y se la calcula con la ecuación 2.10, que está en función de la edad de la tubería, rugosidad nueva y una factor a.

4.2.3 Pérdidas en accesorios.

Las pérdidas menores por accesorios se consideraron por cada tramo de tubería, las mismas se detallan en el anexo 5, estas pérdidas se utilizaron para generar el modelo hidráulico.

4.2.4 Modelo hidráulico (Ruta 46) calibrado.

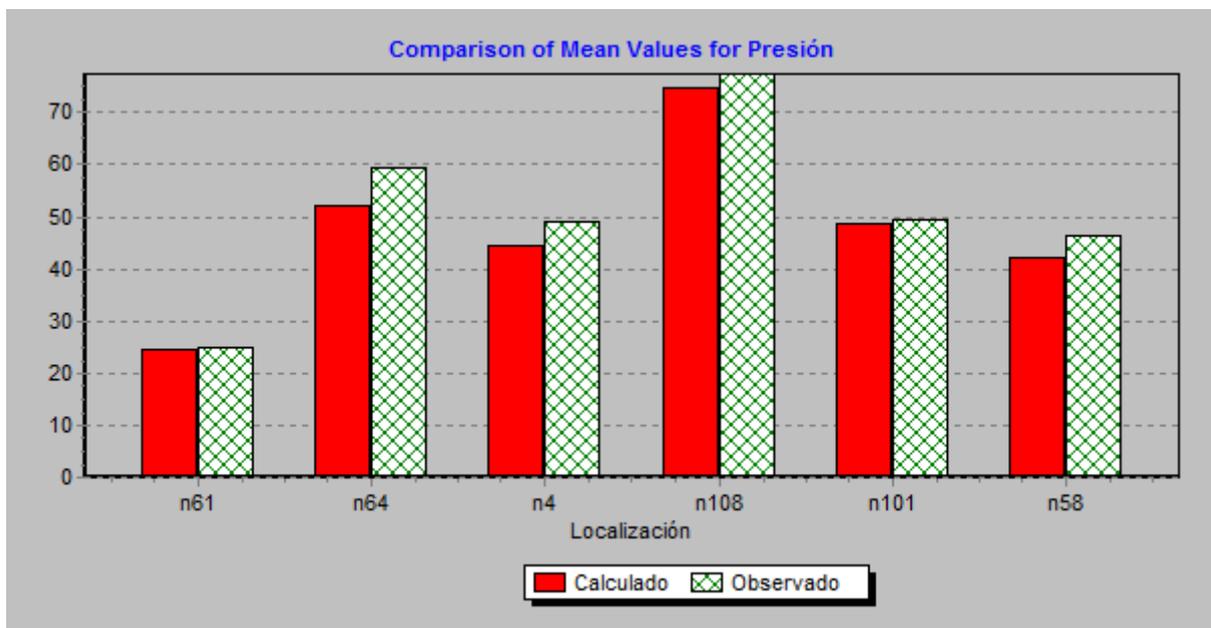
La calibración de la red, nos permitió comprobar si el modelo hidráulico simulado en el paquete informático Epanet 2,0 que es de versión libre, concuerda a las condiciones tomadas en campo.

A continuación se presentan las tablas y gráficas, donde se compara la presión tomada en campo con la presión simulada.

Tabla 4. 6 Estadísticas de calibración para presión

Localización	Nº Obs.	Observ. Media	Calc. Media	Media	RMS
n61	23	24.75	24.55	1.365	1.623
n64	23	59.45	52.17	7.275	7.727
n4	23	49.01	44.64	4.365	4.867
n107	23	77.44	74.93	2.632	2.974
n101	23	49.33	48.51	1.466	1.857
n58	23	46.34	42.25	4.077	4.63
Sistema de red		51.05	47.84	3.532	4.468
Correlación entre los términos: 0.989					

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.



Gráfica 1. 17. Comparación de datos de presión.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados que arrojó la calibración se ajustan entre sí, ya que se obtiene una coincidencia entre los valores de campo con los de la simulación.

4.3 Auditoría del distrito hidrométrico Ruta 46

El resultado del cálculo del balance hídrico del distrito hidrométrico Ruta 46 para un tiempo de 30 días, se muestra en la tabla 4.7.

Tabla 4. 7. Balance Hídrico del Distrito Hidrométrico Ruta 46

código	Paso	Componente	Origen	Volumen (m³/mes)	Porcentual (%)
A	1	Ingreso al sistema	Medido	23256.04	100.00%
B	2	Agua exportada	Medido		
C		Consumo doméstico facturado medido	Medido	11547.17	49.65%
D		Consumo no domestico facturado medido	Medido	962.00	4.14%
E		Consumo doméstico facturado no medido	Estimado	53.67	0.23%
F		Consumo no domestico facturado no medido	Estimado	0	0.00%
G		Consumo facturado autorizado	Suma B-F	12562.83	54.02%
H	3	Consumo doméstico no facturado medido	Medido	0	0.00%
I		Consumo no doméstico no facturado medido	Medido	3.5	0.02%
J		Usuarios autorizados no facturados medidos	Medido	54	0.23%
K		Consumo doméstico no facturado no medido	Estimado	0	0.00%
L		Consumo no doméstico no facturado no medido	Estimado		0.00%
M		Usuarios autorizados no facturados no medidos	Medido		0.00%
N		Agua utilizada por la empresa de agua	Medido	3	0.01%
O		Consumo autorizado no facturado	Suma H-N	60.5	0.26%
P	4	Consumo autorizado	Suma G+O	12623.33	54.28%

....Sigue

.... Continúa

código	Paso	Componente	Origen	Volumen (m³/mes)	Porcentual (%)
Q	5	Consumo a través de conexiones ilegales	Estimación	236	1.01%
R		Consumo a través de medidores rotos y puenteados	Estimado	1472	6.33%
S		Pérdida de agua por errores de manejo de información	Estimado		0.00%
T		Supuestas pérdidas de agua	Suma Q-S	1707	7.35%
U		Total pérdidas de agua	Menos A-P	10632.70	45.72%
V		Pérdidas reales de agua	Menos U-T	8924.43	38.37%

Fuente: (Galindo Salazar, 2014, págs. 30-35)

Con los datos de tabla anterior se esquematiza los resultados del balance hídrico de acuerdo a las recomendaciones de IWA (2000), se muestra en la tabla 4.8.

Tabla 4. 8. Resumen del balance hídrico según la IWA (2000).

Volumen entrante al sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado facturado	Consumo facturado y medido 12509.17 m ³ 53.79%	Volumen facturado 12562.83 m ³ 54.02%
			Consumo facturado no medido 53.67 0.23%	
	12623.33 m ³ 54.28%	Consumo no autorizado facturado	Consumo no facturado medido 6.50 m ³ 0.03%	Volumen no facturado
			Consumo no facturado no medido 54.00 m ³ 0.23%	
	Pérdidas de agua	Pérdidas aparentes	Consumo no autorizado 1707 7.35%	
			Errores de medición y de manejo de información 0.00 m ³ 0.00%	
23256.04 m ³ 100%	1707.27 m ³ 7.35%	Pérdidas reales 8924.44 m ³ 38.37%	10693.20 m ³ 45.98%	
10632.70 m ³ 45.72%				

Fuente: Elaboración propia, en base a resultados obtenidos.

Indicadores de desempeño.

Los indicadores de gestión fueron calculados en base al balance hídrico de la red de abastecimiento, a continuación se detalla los resultados obtenidos:

Rendimiento volumétrico: $\eta = 62\%$

Índice de agua no contabilizada: $INAC = 45.98\%$

Pérdidas totales por acometida: $Op23 = 0.55 \text{ m}^3/\text{acometida}/\text{día}$

Pérdidas totales por longitud de tubería: $Op24 = 41.15 \text{ m}^3/\text{km}/\text{día}$

Pérdidas aparentes por volumen entrante en el sistema: $Op26 = 7.3\%$

Fugas reales por acometida: $Op27 = 460 \text{ l}/\text{acometida}/\text{día} = V_{if}$

Fugas reales por longitud de tubería: $Op28 = 34536 \text{ l}/\text{km}/\text{día}$

Umbral mínimo de fugas: $UMF = 62 \text{ l}/\text{acometida}/\text{día}$

Índice de fugas estructural: $IFE = 7.5$

Con estos resultados se determinó que el porcentaje de fugas del distrito hidrométrico es de 38%.

El IFE que resultó para el distrito hidrométrico Ruta 46 fue de 7.5, el cual lo ubica en la categoría C (Países desarrollados) y en categoría B (Países en vías de desarrollo). Los resultados dan como consecuencia que el agua es usada eficientemente.

4.4 Análisis de flujos mínimos nocturno (AFMN).

4.4.1 Introducción.

Para aplicar en nuestro caso la metodología de AFMN, se utilizó la misma información recolectada para el balance y calibración del distrito hidrométrico Ruta 46.

4.4.2 Descripción del caso de estudio.

El distrito hidrométrico tiene una área de 30.6 Ha, consta de 646 usuarios de los cuales 26 usuarios no domésticos y 620 son domésticos. El número de acometidas es de 646, la longitud promedio de acometida es de 2.5m, la longitud de acometida se considera desde la red matriz hasta la caja del medidor o contador. En la tabla 4.9, se resume los datos del sector hidrométrico.

Tabla 4. 9. Información del sector hidrométrico.

Información Básica del sector hidrométrico	
Identificación =	Ruta 46
Área =	30.6 Ha
Usuarios =	646
Número de conexiones (Acometidas) =	646
Longitud de la Red =	8.61 Km
Longitud promedio de acometidas =	2.5 m
Periodo de estudio =	Agosto
Días de registro de datos =	5 Días
Volumen inyectado en periodo =	23256.0 m ³
Volumen facturado en periodo =	12802.3 m ³

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

La red tiene una longitud total de 8.62 km con un caudal medio de 9.08 l/s, el periodo en el cual se recolectó los datos fueron en el mes de julio-agosto, durante el cual se registró un volumen de 23256.0 m³ y se facturó un volumen de 12802.3 m³.

El registro de datos (presión y caudal) con los cuales se aplicará la metodología de AFMN es de 5 días.

4.4.3 Registro de datos.

El registro de datos se lo realizó durante 5 días, los equipos instalados fueron:

- Caudalímetro para la macro medición del caudal en el nudo de control.
- Estaciones (registro y transmisión de datos).

El intervalo de registro de los instrumentos fue de 1 minuto, una vez registrada la información se procedió al análisis de la misma.

En el anexo 7, se puede observar los datos ordenados, y listos para que sean utilizados para la aplicación de la metodología de AFMN. En la tabla 4.10, se muestra un ejemplo de los datos ordenados.

Tabla 4. 10 Datos ordenados para el análisis.

Análisis de caudales y presiones							
Fecha	Hora (min)	Caudal (l/s)	Presiones (m c.a.)				P prom.
			Partes de la red				
			Zona Alta	Zona Media A	Zona Media B	Zona Baja	
07/30/15	00:00	6.47	52	53	43	80	57
07/30/15	00:01	6.31	52	53	44	80	57
07/30/15	00:02	6.15	53	53	45	80	58
07/30/15	00:03	6.55	53	53	44	80	57
07/30/15	00:04	6.31	53	53	44	80	57
07/30/15	00:05	6.39	52	52	50	80	59
07/30/15	00:06	6.15	52	53	51	80	59
07/30/15	00:07	6.55	52	53	51	80	59
07/30/15	00:08	6.15	52	53	51	80	59
07/30/15	00:09	6.55	52	53	51	80	59
07/30/15	00:10	6.15	52	53	52	80	59
07/30/15	00:11	5.99	52	54	52	80	59
07/30/15	00:12	5.83	52	54	51	80	60
07/30/15	00:13	6.07	52	54	51	80	59

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

4.4.4 Análisis de presión y caudal.

En las gráficas 1.18 y 1.19, se muestra la variación de caudal y presión respectivamente durante el tiempo de registro de datos, se pudo identificar el caudal máximo es de 18.75 (l/s) y ocurre a las 11:15 AM y el caudal mínimo de 4.3 (l/s) y ocurre a las 3:10 AM, mientras que la presión máxima es de 62 (m c.a.) y la presión mínima de 48 (m.c.a.) a las mismas horas del caudal máximo y mínimo.



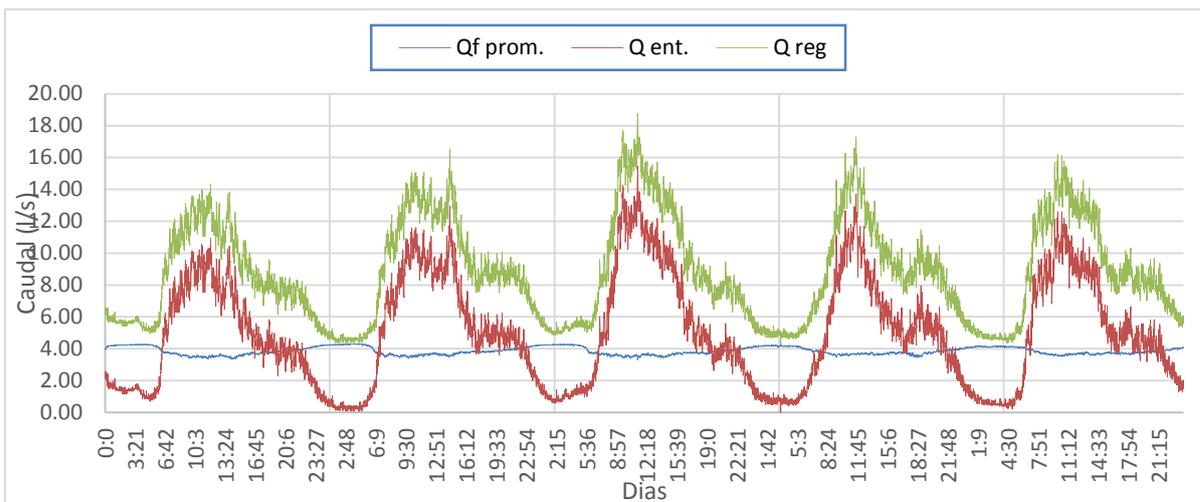
Gráfica 1. 18. Caudal en el nudo control
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.



Gráfica 1. 19. Presión en el nudo control
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

4.5 Extrapolación de caudal de fuga.

Los caudales extrapolados se calculan a partir de la ecuación 2.12, donde se toma en cuenta el caudal mínimo nocturno y la presión a la que ocurre este valor. Se adoptó el procedimiento de la tesis de (Abarca , págs. 72-74). Ver anexo 8, se presentan los datos. En la gráfica 1.20, se resume los caudales inyectados, extrapolados y registrados.



Gráfica 1. 20. Evolución de caudales registrados, entregados y fugados.
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

4.6 Consumos generados en el distrito hidrométrico.

Este análisis se alcanza mediante la valoración de las fugas mediante el caudal inyectado al distrito. El análisis de estos consumos se dividen en dos partes importantes las cuales son:

- Estimación del caudal que reciben los usuarios. Ver tabla 4.11.
- Estimación de fugas latentes en función de la infraestructura de la red. Ver tabla 4.12

Tabla 4. 11. Caudal entregado

Tipos de consumos	Características	# usuarios	q unitario (l/h)	Caudal total (l/h)
Excepcionales	Domésticos			
	No Domésticos			
Nocturnos Domésticos	$1.7 \times N_v =$	620	1.7	1054
Nocturnos no Domésticos	$8 \times N_u =$	26	8	207
SUB TOTAL (A)				1262

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo. Tomado de (Benavides & Sanchez, 2010)

Tabla 4. 12. Fugas latentes.

Tramo	Estado	Longitud (Km)	Factor G (L/km/h)	Caudal Total (L/h)
Tuberías de distribución	Bueno		20	
	Medio	8.61	40	344.4
	Malo		60	
SUB TOTAL (B)				344.4
Tramo	Estado	# Usuarios	Factor F (L/Usuario/h)	Caudal Total (L/h)
Acometidas	Bueno		2	
	Medio	646	4	2584
	Malo		6	
SUB TOTAL (C)				2584
(D=B+C)				2928.4
AZNP (m c.a.)		56	PCF	1.163
SUB TOTAL CORREGIDO (E)=				3405.73

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo. Tomado de (Benavides & Sanchez, 2010)

El factor corrector (PCF) se toma de la tabla 2.7, de acuerdo a la presión promedio a la que ocurre el QMN.

Como parte final se calcula el caudal nocturno inevitable y su desviación estándar, ver tabla 4.13.

Tabla 4. 13. Caudal inevitable y desviación estándar en una unidad de medida.

caudal mínimo nocturno inevitable	(L/h)	(A+E)=	4667.73
	(m ³ /h)		4.67
	(L/s)		1.30

Desviación estándar	Características	N° usuarios	Caudal total (L/h)
En consumo doméstico	3.8 (Nu) ^{0.5}	620	94.62
	2.4 (Nh) ^{0.5}		
En consumo no doméstico	11.0 (Nnd) ^{0.5}	26	56.09
SUB TOTAL (C)			150.71

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo. Tomado de (Benavides & Sanchez, 2010)

El valor máximo y mínimo del caudal nocturno fugado que se puede esperar en el distrito se indica a continuación.

Tabla 4. 14. Caudal fugado nocturno.

Caudal	L/h	m ³ /h	l/s
Máximo	4818.44	4.82	1.34
Inevitable	4667.73	4.67	1.30
Mínimo	4517.02	4.52	1.25

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

Estos caudales se los obtuvo al utilizar la desviación estándar que se calculó para este caso. Ver tabla 4.13.

A continuación se presenta unos resúmenes de caudales mínimos nocturnos registrados y calculados en el distrito hidrométrico Ruta 46.

Tabla 4. 15. Resumen de caudales.

QMN REG		4.30 l/s
QMN EXT.Q	máximo	4.30 l/s
	inevitable	3.85 l/s
	mínimo	3.31 l/s
QMN fugas latentes	máximo	1.34 l/s
	inevitable	1.30 l/s
	mínimo	1.25 l/s

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

El sector tiene un caudal mínimo nocturno inevitable de 1.30 l/s, ver tabla 4.16.

Tabla 4. 16. Existencia de roturas en la red.

QMN Registrado	QMN inevitable	Resta entre 1 y 2	SI (3) positivo existe fuga.
1	2	3	
3.85 l/s	1.30 l/s	2.55 l/s	SI

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de campo.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Del objetivo general.

Del balance hídrico del distrito hidrométrico Ruta 46 se obtuvo que el 45.98% del volumen de agua que ingresa al sistema de distribución se fuga o se pierde en la red de distribución de agua potable.

Los datos del balance hídrico y de la evaluación del sistema sirvieron para la calibración de la red del distrito hidrométrico Ruta 46, la simulación se la desarrolló en un software libre (Epanet 2.0). Con la cual la variación de la rugosidad se vio afectada por la vida útil de la red tanto así que la tubería de asbesto cemento paso a tener una rugosidad de 0.025 a 0.900, y el PVC de 0.0015 a 0.2015.

De los objetivos específicos.

En el distrito hidrométrico Ruta 46 durante un periodo de 5 días (07-30-2015 a 08-03-2015) se registró un caudal mínimo nocturno de 4.3 l/s a las 03:10 AM, a una presión máxima de 62 m c.a.

En el distrito hidrométrico Ruta 46, se pudo determinar el caudal mínimo inevitable (fuga de fondo) de 1.3 l/s.

Calibración de la red.

La correlación entre los datos calculados y observados de la calibración es de 0.989, la variabilidad que existe, es que la presión fluctúa en los contadores domiciliarios, donde se tomaron los ratos.

Del balance hídrico.

El volumen facturado y no facturado del distrito hidrométrico es de 54.02% y 45.98% respectivamente, y teniendo una perdidas reales del 38.37%.

El distrito hidrométrico tiene un índice de fugas estructural de 7.5, si bien es un valor bastante bueno, según la distribución que hace Lambert, en este cálculo la metodología no incluye o supone el racionamiento de agua que por lo cual se tiene ser minuciosos a la hora de interpretar este indicador

RECOMENDACIONES

Como principal recomendación se hace énfasis la instalación en la red de distribución la macro medición y micro medición con lo que se podrá conocer los volúmenes que ingresan al sistema y la cantidad de agua que se entrega a los usuarios.

Realizar un diagnóstico de la red de abastecimiento por un periodo de tiempo de al menos 365 días, a fin de sustentar o revocar los resultados preliminares de la auditoría hídrica efectuada en el distrito hidrométrico Ruta 46.

Evaluar la calidad de agua después del racionamiento que se producen en la red, para que con estos resultados ajustar la metodología QMN, en las que se consideren o impliquen las características de nuestro entorno.

REFERENCIAS

1. Abarca , D. C. (2012). *Técnicas de detección y localización de fugas de agua en redes de distribución*. Loja. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/3529>
2. Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J. M., Perena, R., Cubillo, F., Cabrera, E., . . . Duarte, P. (2006). *Performance Indicators for Water Supply Services. Second Edition manual of Best Practices*. London IWA.
3. AWWA. (2003). Applying worldwide BMPs in water loss control. American Water Works Association. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/41311550>
4. Benavides Muñoz, H. (2010). *DIAGNÓSTICO DE LA SOSTENIBILIDAD DE UN ABASTECIMIENTO DE AGUA E IDENTIFICACIÓN DE LAS PROPUESTAS QUE LA MEJOREN*. Valencia.
5. Benavides, H. M. (2008). *Auditoría de redes de distribución de agua. Metodologías existentes. Dificultades de aplicación y alternativas para soslayarlas en el Ecuador*. España-Valencia.
6. Benavides, H., & Sanchez, J. (2010). Gestión para la eficiencia hidráulica y energética en sistemas de distribución de agua. *SISTEMAS DE SANAMIENTO, EFICIENCIA ENERGETICA*, 180-199. Obtenido de http://www.lenhs.ct.ufpb.br/wp-content/uploads/arquivos/Livro_Eficiencia_Energetica.pdf
7. Bourguet Ortiz, V. (2004). *Estrategia y Organizacion para la Deteccion de Fugas*. Centro mexicano de capacitacion en agua y saneamiento. Mexico.
8. Cabrera, E., Almandoz, J., Arrigue, F., & Garcia-Serra, J. (1999). AUDITORÍA DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA. Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4820598>
9. Escobar, J. (2011). *Método de los caudales minimos nocturnos: revisión de sus bases científicas, evaluación de errores potenciales y propuestas para su mejora*. Valencia - España.
10. Farley, M., & Trow, S. (2003). *Losses in Water Distribucion Networks* (Primera ed.). IWA.
11. Fragoso, L., Zurvia , R., & Toxky, G. (2014). *LASECTORIZACION EN LA OPTIMIZACION HIDRAULICA DE REDES DE AGUA POTABLE*.
12. Fuentes, O., Palma, A., & Rodriguez, K. (2010). *Estimación y localización de fugas en una red de tuberías de agua potable usando algoritmos genéticos*. Mexico.
13. Galindo Salazar, D. C. (2014). *Herramientas para el estudio de la incertidumbre asociada a la estimación del Balance Hídrico en el Sistema de Acueducto de la ciudad de Bogotá*. Bogota-Colombia. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/46232/1/02300448.2014.pdf>
14. Galindo, D. (2014). Herramientas para el estudio de la incertidumbre asociada a la estimación del Balance Hídrico en el Sistema de Acueducto de la ciudad de Bogotá. *Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá, Colombia.

15. Geo-Loja. (2007). Informe Perspectivas del Medio Ambiente Urbano en la Loja: PNUMA.
16. IWA. (2000). *Losses from water supply systems, IWA Blues Pages*.
17. Lambert, A., & Hirner, W. (2000). Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. *IWA/Blue Pages*.
18. Liemberger, R. (15-19 de Mayo de 2006). DVGW-W 392 The German Water Loss Guidelines. Italy. Obtenido de <http://www.fondazioneamga.org/public/liembergergemaggio06.pdf>
19. Liemberger, R., & McKenzie, R. (2005). *Accuracy Limitations of the ILI - Is it an Appropriate Indicator for Developing Countries?* Obtenido de http://www.miya-water.com/user_files/Data_and_Research/miyas_experts_articles/2_NRW/02_Accuracy%20Limitations%20of%20the%20ILI%20-%20Is%20it%20an%20Appropriate%20Indicator%20for%20Developing%20Countries.pdf
20. Metola, D. (2009). *Elaboración del modelo matemático de la red de agua potable de Maspalomas (Gran Canaria), y estudio de sectorización de la misma*. Valencia.
21. Ochoa, L., & Ortiz, V. (2001). *REDUCCIÓN INTEGRAL DE PÉRDIDAS DE AGUA POTABLE*. Mexico: IMTA.
22. Paltín Saraguro, G. V. (2012). Rediseño de la red de distribución de agua potable para el distrito hidrométrico La Tebaida y su propuesta de gestión mediante monitoreo remoto y virtual (ampliación del Laboratorio Virtual de Fluidos, Hidráulica y Eficiencia Energética). Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec//handle/123456789/4272>
23. Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica de tuberías*. (E. Ariza, Ed.) Colombia: Alfaomega, 2007.
24. Saldarriaga, J., & Salas, D. (2003). CALIBRACION DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE BAJO UN AMBIENTE DE FUGAS. *Seminario Internacional La Hidroinformática en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*, 225-233. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/agua2003/cali.pdf>
25. Sotelo, G. (1982). *Hidráulica General* (Vol. I). Mexico. doi:968-18-0503-8
26. Takahashi, S., Saldarriaga, J., & Vega, C. (2008). Calibración de Redes de Distribución con Métodos de Inteligencia Artificial. 10. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/48884210/12-Calibracion-Redes-Distribucion-Metodos-Inteligencia-Artificial#scribd>
27. Thornton, J., Sturm, R., & Kunkel, G. (2008). *Water Loss Control*. The McGraw-Hill Companies. doi:10.1036/0071499180

ANEXOS

Anexo 1: Topología de la red del distrito hidrométrico Ruta 46

A continuación se indica la topología de los nudos con su respectiva codificación.

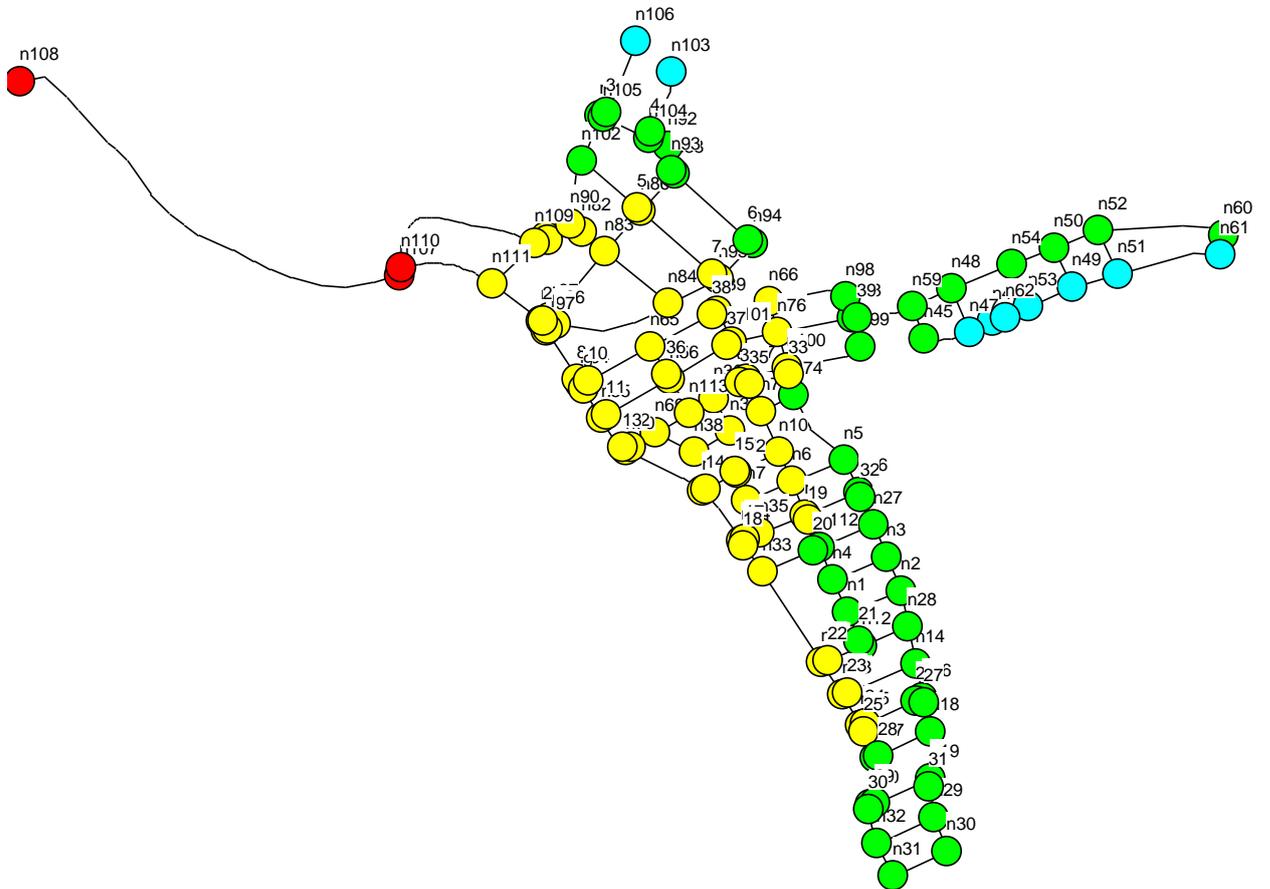
Tabla 1. Datos de tuberías de la red actual.

ID Nudo	Cota (m)	ID Nudo	Cota (m)	ID Nudo	Cota (m)
n1	2125.87	n58	2128.25	n110	2109.48
n2	2131.62	n59	2128.99	n111	2113.84
n3	2133.67	n60	2137.93	n112	2125.79
n4	2125.84	n61	2145.87	n113	2122.29
n5	2130.07	n62	2143.56	1	2117.17
n6	2124.67	n64	2118.5	2	2116.98
n7	2123.13	n65	2121.61	3	2136.67
n9	2125.03	n66	2125.12	4	2136.41
n10	2122.94	n67	2122.86	5	2124.83
n11	2122	n69	2121.85	6	2125.83
n12	2125.91	n70	2120.78	7	2123.51
n13	2123.85	n71	2121.75	8	2118.5
n14	2129.97	n72	2122.24	9	2118.5
n15	2125.2	n73	2122.89	10	2118.5
n16	2131.74	n74	2125.94	11	2120.1
n17	2126.61	n76	2125.25	12	2120.78
n18	2132.09	n78	2116.98	13	2120.78
n19	2128.69	n80	2117.11	14	2121.75
n20	2126.69	n81	2116.88	15	2122.24
n26	2129.49	n82	2119.94	17	2122.83
n27	2133.36	n83	2122.04	18	2122.83
n28	2131.04	n84	2122.26	19	2125.03
n29	2129.9	n86	2124.83	20	2125.79
n30	2130.4	n87	2117.45	21	2125.91
n31	2130.82	n88	2129.33	22	2122
n32	2129.68	n90	2119.48	23	2123.85
n33	2123.67	n91	2136.76	24	2125.2
n34	2122.83	n92	2134.86	25	2125.2
n35	2123.42	n93	2129.64	26	2131.74
n36	2122.52	n94	2125.83	27	2131.74
n37	2122.43	n95	2123.51	28	2126.61
n38	2121.78	n96	2117.66	29	2126.69
n39	2122.18	n97	2117.17	30	2126.69
n43	2142.98	n98	2127.6	31	2128.69

ID Nudo	Cota (m)	ID Nudo	Cota (m)	ID Nudo	Cota (m)
n45	2135.82	n99	2133.1	32	2129.49
n47	2141.81	n100	2125.14	33	2125.14
n48	2129.44	n101	2122	34	2122.86
n49	2146	n102	2128.23	35	2122.86
n50	2130.91	n103	2147.02	36	2122.15
n51	2146	n104	2136.41	37	2122
n52	2137.07	n105	2136.67	38	2122.18
n53	2144.66	n106	2147.35	39	2128.25
n54	2129.47	n107	2107.65	Embalse 40	2168.1
n55	2120.1	n107	2096.95	Depósito 16	2167.77
n56	2122.15	n109	2115.74		

Anexo 2: Modelo Hidráulico actual.

Modelo hidráulico de la red actual.



Gráfica 1. Modelo Hidráulico actual de la red.

Anexo 3: Datos de presión

Se presentan los datos de presión recolectados en campo, por los equipos instalados. Los datos fueron recolectados en 6 puntos del distrito. Los datos presentados son los promedios de la hora.

Tabla 2. Datos de presión registrados en campo.

Nudo: n 61		Nudo: n 64		Nudo: n 101	
Tiempo (h)	Presión (m c.a.)	Tiempo (h)	Presión (m c.a.)	Tiempo (h)	Presión (m c.a.)
1	-0.35	1	64.47	1	54.90
2	-0.41	2	64.83	2	55.26
3	-0.16	3	64.93	3	55.50
4	8.53	4	64.95	4	55.75
5	18.22	5	64.91	5	55.44
6	26.62	6	64.10	6	52.48
7	25.50	7	62.44	7	48.92
8	22.89	8	60.30	8	45.75
9	20.83	9	58.46	9	45.50
10	19.52	10	57.43	10	45.13
11	19.20	11	56.38	11	45.34
12	19.92	12	56.62	12	45.47
13	20.61	13	56.75	13	46.24
14	21.39	14	57.72	14	46.20
15	22.44	15	58.18	15	46.56
16	23.91	16	58.75	16	47.00
17	24.91	17	58.93	17	47.63
18	25.01	18	58.60	18	47.47
19	25.02	19	58.47	19	47.39
20	24.93	20	58.46	20	48.12
21	25.24	21	59.10	21	49.31
22	25.92	22	59.88	22	50.75
23	26.96	23	61.15	23	52.10
24	28.01	24	62.04	24	53.32
25	28.85	25	62.69	25	54.35
26	29.38	26	63.01	26	54.86
27	29.79	27	63.34	27	55.19
28	30.07	28	63.79	28	55.35
29	30.07	29	64.19	29	54.90
30	28.93	30	64.18	30	52.21
31	26.50	31	63.72	31	49.30
32	23.83	32	62.53	32	46.63
33	21.61	33	60.49	33	46.25

Nudo: n 61	
Tiempo	Presión
(h)	(m c.a.)
34	20.11
35	20.06
36	20.84
37	21.49
38	20.82
39	20.65
40	21.79
41	23.32
42	24.26
43	24.55
44	24.78
45	25.09
46	25.78
47	26.82
48	27.88
49	28.71
50	29.23
51	29.63
52	29.92
53	29.93
54	28.78
55	26.36
56	24.70

Nudo: n 64	
Tiempo	Presión
(h)	(m c.a.)
34	57.76
35	55.50
36	53.96
37	53.59
38	53.76
39	54.89
40	56.00
41	57.09
42	57.37
43	57.80
44	58.52
45	59.90
46	61.20
47	62.09
48	62.98
49	63.84
50	64.47
51	64.62
52	64.57
53	64.40
54	62.90
55	60.01
56	57.95

Nudo: n 101	
Tiempo	Presión
(h)	(m c.a.)
34	45.77
35	46.21
36	46.62
37	47.06
38	46.71
39	46.80
40	47.57
41	48.24
42	48.31
43	47.27
44	47.18
45	47.62
46	49.41
47	51.55
48	53.21
49	53.87
50	55.72
51	56.48
52	56.55
53	55.95
54	53.21
55	49.77
56	46.29

Nudo: n 107	
Tiempo	Presión
(h)	(m c.a.)
1	80.09
2	80.36
3	80.42
4	80.54
5	80.61
6	79.95
7	78.43
8	76.73
9	75.50
10	74.89
11	74.45
12	74.69
13	74.94
14	75.58

Nudo: n 4	
Tiempo	Presión
(h)	(m c.a.)
1	53.27
2	54.53
3	55.05
4	55.36
5	54.88
6	52.07
7	48.92
8	45.90
9	45.10
10	44.63
11	44.99
12	45.85
13	46.47
14	46.12

Nudo: n 58	
Tiempo	Presión
(h)	(m c.a.)
1	52.32
2	53.01
3	53.20
4	53.18
5	52.45
6	49.37
7	45.70
8	42.81
9	41.84
10	42.17
11	42.68
12	44.09
13	44.51
14	44.74

Nudo:	n 107
Tiempo	Presión
(h)	(m c.a.)
15	76.16
16	77.09
17	77.83
18	78.21
19	78.49
20	78.64
21	78.80
22	79.09
23	79.62
24	80.36
25	80.93
26	81.24
27	81.36
28	81.35
29	81.18
30	80.31
31	78.65
32	76.90
33	75.31
34	74.27
35	73.68
36	73.75
37	74.15
38	74.01
39	74.52
40	75.43
41	76.96
42	77.58
43	77.74
44	77.66
45	77.73
46	77.99
47	78.56
48	79.42
49	80.25
50	80.75
51	80.87
52	80.74
53	80.62
54	80.32
55	79.36

Nudo:	n 4
Tiempo	Presión
(h)	(m c.a.)
15	46.46
16	47.37
17	49.33
18	49.81
19	50.34
20	50.42
21	51.14
22	51.80
23	52.97
24	54.25
25	55.33
26	55.93
27	56.00
28	55.92
29	55.13
30	52.15
31	48.63
32	45.55
33	44.89
34	44.73
35	44.70
36	45.39
37	46.06
38	45.76
39	45.23
40	45.12
41	46.55
42	47.15
43	47.80
44	48.29
45	49.24
46	50.21
47	51.43
48	52.87
49	54.04
50	54.90
51	55.35
52	55.61
53	55.48
54	54.41
55	51.68

Nudo:	n 58
Tiempo	Presión
(h)	(m c.a.)
15	44.65
16	44.82
17	45.43
18	45.74
19	46.17
20	46.23
21	46.86
22	47.95
23	49.35
24	50.53
25	51.36
26	51.81
27	52.25
28	52.56
29	52.31
30	49.44
31	46.16
32	42.95
33	42.52
34	42.49
35	42.39
36	42.72
37	42.55
38	42.47
39	42.29
40	42.84
41	44.16
42	45.10
43	45.86
44	46.60
45	47.43
46	48.39
47	49.29
48	50.51
49	51.72
50	52.60
51	52.83
52	52.81
53	52.59
54	51.79
55	50.58

Anexo 4: Patrones de consumo del distrito hidrométrico Ruta 46.

Factores de demanda del sistema de abastecimiento actual

Indica los valores numéricos de la curva de demanda en función del tiempo, calculada en términos del caudal máximo registrado.

Los caudales que se utilizaron para calcular el factor multiplicador, corresponden a un sector hidrométrico cuyas características como la variación temporal del consumo y la cultura poblacional son similares en el distrito.

Tabla 3. Factor demanda.

Hora	Factor								
1	0.69	25	0.58	49	0.66	73	0.61	97	0.60
2	0.66	26	0.54	50	0.59	74	0.58	98	0.56
3	0.65	27	0.53	51	0.59	75	0.57	99	0.54
4	0.66	28	0.53	52	0.62	76	0.56	100	0.54
5	0.61	29	0.54	53	0.64	77	0.56	101	0.53
6	0.62	30	0.60	54	0.63	78	0.59	102	0.59
7	0.92	31	0.87	55	0.74	79	0.71	103	0.87
8	1.21	32	1.20	56	1.02	80	0.83	104	1.30
9	1.30	33	1.29	57	1.34	81	1.07	105	1.42
10	1.41	34	1.50	58	1.81	82	1.41	106	1.52
11	1.46	35	1.61	59	1.81	83	1.64	107	1.67
12	1.47	36	1.53	60	1.86	84	1.73	107	1.55
13	1.31	37	1.48	61	1.70	85	1.53	109	1.50
14	1.36	38	1.45	62	1.59	86	1.35	110	1.46
15	1.22	39	1.58	63	1.54	87	1.18	111	1.32
16	1.07	40	1.27	64	1.40	88	1.10	112	1.06
17	0.99	41	1.09	65	1.18	89	1.03	113	0.96
18	0.92	42	0.98	66	1.06	90	0.98	114	1.03
19	0.93	43	1.03	67	0.99	91	1.12	115	0.98
20	0.88	44	1.02	68	0.88	92	1.06	116	0.94
21	0.86	45	1.01	69	0.89	93	1.04	117	0.97
22	0.87	46	1.00	70	0.91	94	0.92	118	0.89
23	0.77	47	0.92	71	0.85	95	0.81	119	0.77
24	0.65	48	0.79	72	0.73	96	0.68	120	0.69

Anexo 5: Pérdidas menores en la red de distribución.

Tabla 4. Pérdidas menores.

Tramo	Nudo		Diámetro (mm)	longitud (m)	Km
	Inicio	Final			
p118	n107	n107	200	565.8	28.61
p129	n107	n110	200	11.13	0.30
p120	n109	n110	110	212.8	11.73
p121	n110	n111	150	118.3	6.00
p83	n111	n109	110	72.92	3.90
p84	n109	n80	110	49.37	2.70
1	n80	n90	110	33.65	1.91
p115	n90	n102	110	79.84	4.61
p114	n102	n91	110	59.47	3.00
p85	n91	n105	101.6	91.15	4.50
p117	3	n106	101.6	102.6	5.10
p79	2	n87	110	10.11	0.71
p80	n87	n83	110	106	6.90
p81	n83	n86	110	66.5	5.10
p82	n86	n88	110	61.57	3.30
4	n88	n93	110	12	0.71
p86	n92	n93	110	30.63	1.91
3	n104	n92	101.6	27.13	1.50
1	n105	n104	101.6	24	0.90
p116	n103	4	58.2	86.21	4.35
p90	n96	1	110	12.9	1.16
p95	n84	n96	110	144	8.02
p89	n95	n84	110	68.42	3.6
p88	n94	n95	110	60.7	3.00
p87	n88	6	110	133.8	6.60
p78	n86	7	110	126.4	6.30
p113	5	n102	110	95.7	4.91
p77	n83	n84	110	100.2	4.80
p76	n82	n83	110	37.3	2.21
p75	n81	n82	110	42.64	2.51
p74	n80	n81	110	3.81	0.00
p71	n111	n78	150	75.76	3.06
p72	n78	n97	150	13.28	0.60
p73	n97	8	150	77.61	3.60
p57	10	n65	110	97.21	5.10
p58	n65	38	110	93.15	4.50
p59	n39	n66	110	63.94	3.30
p91	n66	n98	110	97.44	5.62

p107	n98	n58	110	28.28	1.20
p47	n76	n58	75	93	4.65
p111	n101	n76	75	57.94	4.50
p112	n56	37	75	87.91	6.00
p46	11	n56	75	96.15	4.95
p63	n69	12	110	41.05	2.25
p62	n113	n69	110	48.99	2.70
p61	n36	n113	110	34.61	1.80
p60	34	n36	110	47.5	2.10
p106	n100	n67	110	51.96	4.61
p107	n99	n100	110	94.5	4.91
p92	n58	n99	110	35.8	1.50
p70	n76	n66	75	39	1.80
p69	n76	n100	75	45.43	2.25
p37	n39	n101	110	43.39	2.10
p38	n101	n67	110	47.51	2.10
p56	n65	36	75	45.8	2.10
p128	n56	n113	74	48	2.10
p119	n55	9	150	49.43	2.70
p96	13	n55	150	50.29	2.70
p97	n70	n71	150	106.2	5.40
p98	n34	n71	150	77.62	3.90
p33	n33	18	150	46.27	2.40
p32	n11	n33	150	133.9	6.60
p104	n69	n38	75	54.04	3.00
p105	n38	15	75	58.12	3.11
p103	n72	n7	75	35.22	1.80
p34	n7	n35	75	44.07	2.10
p39	35	n73	110	43.58	2.40
p66	n10	n73	110	53.93	2.70
p8	n6	n10	110	40.84	3.60
p7	n9	n6	110	43.83	4.05
p126	n112	19	150	44.34	3.90
p125	n4	n112	150	42.31	2.40
p6	n1	n4	150	43.43	2.40
p5	n1	21	150	46.07	2.40
p68	33	n74	75	35.46	1.80
p102	n74	n5	75	102.7	6.22
p17	n5	n26	75	43.71	2.40
p18	32	n27	75	44.98	2.40
p19	n27	n3	75	42.6	2.40
p20	n3	n2	75	44.61	2.40
p21	n27	n28	75	45.41	2.40
p35	n36	n37	75	46.05	2.10
p36	n37	n38	75	50.3	2.40

p64	14	n72	75	47.02	3.90
p65	n72	n10	75	58.27	2.85
p4	n6	n7	75	59.37	3.00
p3	n5	n6	75	69.91	3.60
p15	n35	17	110	24.63	1.35
p123	n9	n35	110	60.83	3.45
p16	n9	n26	110	69.91	3.90
p124	n33	20	75	76.8	4.20
p127	n112	n27	75	70.86	3.60
p2	n3	n4	75	70.34	3.30
p1	n1	n2	110	70.09	3.60
p9	22	n12	110	53.44	2.70
p122	n12	n28	75	59.72	2.85
p10	23	n14	75	97.51	4.95
p11	24	26	110	82.84	4.05
p12	28	n18	75	74.94	3.75
p13	n19	29	75	79.52	4.05
p14	n29	n32	75	75.63	3.75
p27	n20	n31	75	72.18	3.60
p31	n13	n11	150	47.25	2.40
p99	n15	n13	150	44.02	2.40
p30	n17	25	110	42.3	2.40
p29	n20	n17	110	57.32	3.00
p100	n32	30	110	49.68	2.70
p28	n31	n32	110	45.05	2.10
p22	n28	n14	75	46.15	2.40
p23	n14	n16	75	42.27	2.40
p24	27	n18	75	44.45	2.40
p25	n18	n19	75	56.63	3.00
p101	31	n29	75	48.22	2.70
p26	n29	n30	75	45.3	2.10
p94	39	n59	83	75.76	3.90
p48	n59	n48	83	51.76	2.70
p49	n48	n54	83	79.41	4.20
p50	n54	n50	83	55.51	3.00
p51	n50	n52	83	59.39	3.00
p109	n52	n60	83	155.3	7.91
p52	n60	n61	83	23.31	0.90
p110	n61	n51	83	128.2	6.60
p53	n51	n49	83	58.14	3.00
p54	n49	n53	83	57.89	3.00
p55	n53	n62	83	31.03	1.50
p40	n43	n47	83	31.27	1.80
p93	n47	n45	83	55.87	2.70

p41	n45	n59	58.2	45.4	2.70
p42	n47	n48	58.2	58.44	3.30
p45	n53	n54	58.2	56.16	3.30
p43	n49	n50	58.2	52.45	3
p44	n51	n52	58.2	59.38	3.3

Anexo 6: Asignación de caudal a los nudos

Tabla 5. Caudal en nudos.

Nudo	Numero de Predios	Habitantes - Predio	Población Inicial + Población Flotante	Demanda total (l/s)
n110	18	107	110	0.29
n111	13	78	79	0.21
n109	7	42	43	0.11
n82	7	42	43	0.11
n90	1	6	6	0.02
n102	3	18	18	0.05
n91	5	30	30	0.07
n106	2	12	12	0.03
n103	8	48	49	0.13
n92	4	24	24	0.06
n88	4	24	24	0.06
n86	5	30	30	0.07
n94	12	72	72	0.19
n95	6	36	36	0.1
n83	6	36	36	0.1
n84	7	42	42	0.11
n96	3	18	18	0.05
n78	8	48	49	0.13
n30	8	48	49	0.361
n31	4	24	24	0.06
n29	6	36	36	0.1
n32	6	36	36	0.1
n19	6	36	36	0.1
n20	7	42	42	0.11
n18	7	42	42	0.11
n17	6	36	36	0.1
n16	8	48	48	0.13
n15	5	30	30	0.07
n14	9	54	55	0.15
n13	9	54	55	0.15
n11	7	42	42	0.11
n12	5	30	30	0.07
n28	2	12	12	0.03
n2	6	36	36	0.1
n1	6	36	36	0.1
n3	9	54	54	0.14
n4	6	36	36	0.119

Nudo	Numero de Predios	Habitantes - Predio	Población Inicial + Población Flotante	Demanda total (l/s)
n27	6	36	36	0.1
n112	8	48	48	0.13
n33	8	48	48	0.13
n35	14	84	86	0.23
n34	7	42	42	0.11
n26	6	36	36	0.1
n9	9	54	55	0.15
n7	7	42	42	0.11
n6	7	42	42	0.11
n5	6	36	36	0.1
n10	6	36	36	0.1
n72	9	54	54	0.14
n71	9	54	54	0.14
n70	5	30	30	0.07
n69	8	48	48	0.13
n38	9	54	54	0.14
n37	11	66	68	0.18
n73	6	36	36	0.1
n74	3	18	18	0.05
n113	8	48	48	0.13
n36	7	42	42	0.11
n67	6	36	36	0.1
n100	7	42	42	0.11
n99	8	48	48	0.13
n55	11	66	68	0.18
n56	10	60	62	0.17
n101	3	18	18	0.05
n76	14	84	84	0.22
n64	10	60	60	0.16
n65	9	54	55	0.15
n39	8	48	48	0.13
n66	10	60	61	0.16
n98	3	18	18	0.05
n59	6	36	36	0.1
n48	3	18	18	0.05
n43	9	54	54	0.14
n54	2	12	12	0.03
n53	1	6	6	0.02
n50	4	24	24	0.06
n49	1	6	6	0.02

Nudo	Numero de Predios	Habitantes - Predio	Población Inicial + Población Flotante	Demanda total (l/s)
n52	6	36	37	0.1
n51	2	12	12	0.03
n60	7	42	43	0.11
n61	6	36	36	0.1
	546	3276	3299	9.07

Anexo 7: Análisis de Caudales y Presiones

Tabla 6. Caudales y presiones para el análisis de flujo nocturno.

Fecha	Hora	Caudal (l/s)	Presiones (m c.a.)					P prom.
			Partes de la Red					
			Zona Alta	Zona Media A	Zona Media B	Zona Baja		
07/30/15	00:00	6.47	52	53	43	80	57	
07/30/15	01:00	5.75	53	54	54	80	61	
07/30/15	02:00	5.75	53	55	55	80	61	
07/30/15	03:00	5.59	54	55	55	81	61	
07/30/15	04:00	5.42	53	55	55	81	61	
07/30/15	05:00	5.1	53	55	55	81	61	
07/30/15	06:00	5.99	53	50	51	80	58	
07/30/15	07:00	9.28	49	43	47	77	54	
07/30/15	08:00	11.12	48	45	44	76	53	
07/30/15	09:00	12.57	44	44	46	74	52	
07/30/15	10:00	12.57	42	41	45	74	51	
07/30/15	11:00	13.29	41	44	45	74	51	
07/30/15	12:00	12.57	38	42	47	74	51	
						76		
07/30/15	13:00	10.4	40	45	48		52	
07/30/15	14:00	10.72	38	42	40	76	49	
07/30/15	15:00	9.76	37	46	48	77	52	
07/30/15	16:00	9.2	42	48	43	77	53	
07/30/15	17:00	8.48	39	47	49	78	53	
07/30/15	18:00	8.23	45	48	47	78	55	
07/30/15	19:00	6.79	45	47	48	79	55	
07/30/15	20:00	7.59	45	46	47	79	54	
07/30/15	21:00	6.55	48	49	52	80	57	
07/30/15	22:00	7.51	48	49	51	79	57	
07/30/15	23:00	6.39	50	51	55	80	59	
07/31/15	00:00	4.94	53	53	55	81	61	
07/31/15	01:00	4.7	53	54	55	81	61	
07/31/15	02:00	4.54	53	54	55	81	61	
07/31/15	03:00	4.62	54	55	56	81	61	
07/31/15	04:00	4.7	53	55	56	81	61	
07/31/15	05:00	4.62	52	54	55	81	61	
07/31/15	06:00	5.26	45	47	48	81	55	
07/31/15	07:00	9.28	43	46	44	77	52	
07/31/15	08:00	10.8	44	47	45	76	53	
07/31/15	09:00	11.69	40	46	48	75	52	
07/31/15	10:00	13.37	43	45	44	74	51	

07/31/15	11:00	11.85	45	43	44	75	52
07/31/15	12:00	12.57	46	45	44	74	52
07/31/15	13:00	11.85	44	43	47	75	52
07/31/15	14:00	13.85	45	44	46	73	52
07/31/15	15:00	11.85	45	47	47	75	53
07/31/15	16:00	9.76	44	47	47	77	54
07/31/15	17:00	9.68	47	51	48	77	56
07/31/15	18:00	8.32	46	50	48	78	56
07/31/15	19:00	9.04	44	50	48	77	55
07/31/15	20:00	9.04	45	51	49	77	56
07/31/15	21:00	7.99	48	52	51	78	57
07/31/15	22:00	8.56	50	53	52	78	58
07/31/15	23:00	7.27	51	54	54	79	59
08/01/15	00:00	6.55	51	56	54	80	60
08/01/15	01:00	5.34	51	56	55	81	61
08/01/15	02:00	4.86	52	56	55	81	61
08/01/15	03:00	5.1	52	55	56	81	61
08/01/15	04:00	5.42	52	56	56	81	61
08/01/15	05:00	5.59	51	54	54	81	60
08/01/15	06:00	5.59	43	45	45	81	53
08/01/15	07:00	7.99	41	44	46	78	52
08/01/15	08:00	8.23	44	45	47	78	54
08/01/15	09:00	13.21	44	45	48	74	53
08/01/15	10:00	15.86	42	44	46	72	51
08/01/15	11:00	15.78	44	43	49	72	52
08/01/15	12:00	14.74	43	47	49	72	53
08/01/15	13:00	13.69	43	49	47	73	53
08/01/15	14:00	11.93	41	44	42	75	50
08/01/15	15:00	13.37	43	47	48	74	53
08/01/15	16:00	11.12	44	48	49	76	54
08/01/15	17:00	10.4	44	48	47	76	54
08/01/15	18:00	9.6	43	45	49	77	53
08/01/15	19:00	8.56	43	49	46	78	54
08/01/15	20:00	7.75	45	50	49	79	56
08/01/15	21:00	8.23	46	50	50	78	56
08/01/15	22:00	8.23	44	52	52	78	57
08/01/15	23:00	6.31	45	53	53	80	58
08/02/15	00:00	5.59	46	54	54	81	59
08/02/15	01:00	4.94	48	55	56	81	60
08/02/15	02:00	5.1	48	55	57	81	60
08/02/15	03:00	4.94	47	56	57	81	60
08/02/15	04:00	4.62	47	56	56	81	60
08/02/15	05:00	4.94	48	55	54	81	59
08/02/15	06:00	5.02	49	51	46	81	57
08/02/15	07:00	6.55	51	47	47	80	56

08/02/15	08:00	7.59	52	45	43	79	55
08/02/15	09:00	10.4	53	39	44	76	53
08/02/15	10:00	12.81	53	37	44	74	52
08/02/15	11:00	15.06	53	41	44	72	53
08/02/15	12:00	14.98	53	40	47	72	53
08/02/15	13:00	11.85	52	41	43	75	53
08/02/15	14:00	10.32	52	46	42	76	54
08/02/15	15:00	10.16	49	44	45	76	53
08/02/15	16:00	8.64	45	44	46	78	53
08/02/15	17:00	8.23	43	50	47	78	54
08/02/15	18:00	8.48	37	47	46	78	52
08/02/15	19:00	9.28	39	50	46	77	53
08/02/15	20:00	9.28	39	48	49	77	53
08/02/15	21:00	7.99	41	53	53	78	56
08/02/15	22:00	7.51	41	53	53	79	57
08/02/15	23:00	6.55	42	54	55	80	58
08/03/15	00:00	5.34	44	55	55	81	59
08/03/15	01:00	4.86	47	55	56	81	60
08/03/15	02:00	4.94	44	56	57	81	59
08/03/15	03:00	4.86	45	56	57	81	60
08/03/15	04:00	4.62	43	56	56	81	59
08/03/15	05:00	4.54	46	55	57	81	60
08/03/15	06:00	5.42	48	52	55	81	59
08/03/15	07:00	9.68	51	51	50	77	57
08/03/15	08:00	11.93	52	45	47	75	55
08/03/15	09:00	12.09	53	40	45	75	53
08/03/15	10:00	14.98	53	40	44	72	52
08/03/15	11:00	15.3	53	44	42	72	53
08/03/15	12:00	13.61	53	42	44	73	53
08/03/15	13:00	12.89	51	48	43	74	54
08/03/15	14:00	12.49	42	47	46	74	52
08/03/15	15:00	9.92	40	47	47	77	53
08/03/15	16:00	7.91	40	49	50	78	54
08/03/15	17:00	8.96	40	48	49	78	54
08/03/15	18:00	8.96	39	46	50	78	53
08/03/15	19:00	8.48	41	48	51	78	55
08/03/15	20:00	7.91	43	48	52	78	55
08/03/15	21:00	7.43	41	51	52	79	56
08/03/15	22:00	6.31	38	52	53	80	56
08/03/15	23:00	6.15	44	54	55	80	58
08/03/15	00:00	6.08	45	55	55	80	59

Anexo 8: Extrapolación de caudal de fuga

Nomenclatura.

- P_{QMN} - Presión donde ocurre el caudal minino nocturno.
 Q_{MN} - Caudal minino nocturno.
 Q_f - Caudal fugado.
 $Q_{f\text{ prom.}}$ - caudal fugado promedio.
 $Q_{ent.}$ - Caudal entrante.
 $Q_{reg.}$ - Caudal registrado.

Los días tomados fueron los que tenían los datos más estables y no existían cortes o racionamiento de agua, los mismos que fueron de 07-30-15 a 08-03-15 un total de 5 días, para el análisis de mínimos nocturnos.

Tabla 7. Caudal fuga.

		$Q_{MN} = 4.30 \text{ l/s}$								$P_{QMN} = 62 \text{ m c.a.}$		
Valores de exponente N_1												
	1	1.02	1.04	1.06	1.08	1.1	1.12	1.14	1.15	Evaluación de caudales		
Caudal Fugado												
fecha	Q_{f1}	$Q_{f1.02}$	$Q_{f1.04}$	$Q_{f1.06}$	$Q_{f1.08}$	$Q_{f1.1}$	$Q_{f1.12}$	$Q_{f1.14}$	$Q_{f1.15}$	$Q_{f\text{ prom.}}$	$Q_{ent.}$	Q_{reg}
07/30/15	3.98	3.97	3.96	3.96	3.95	3.94	3.94	3.93	3.93	3.95	2.52	6.47
07/30/15	4.22	4.22	4.22	4.22	4.22	4.21	4.21	4.21	4.21	4.22	1.53	5.75
07/30/15	4.24	4.24	4.24	4.24	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23	1.52	5.75
07/30/15	4.26	4.26	4.26	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	1.34	5.59
07/30/15	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	1.16	5.42
07/30/15	4.25	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	0.86	5.10
07/30/15	4.08	4.08	4.08	4.06	4.06	4.06	4.05	4.05	4.04	4.06	1.93	5.99
07/30/15	3.77	3.76	3.75	3.74	3.73	3.73	3.72	3.71	3.70	3.74	5.54	9.28
07/30/15	3.72	3.71	3.70	3.69	3.68	3.67	3.66	3.65	3.65	3.68	7.44	11.12
07/30/15	3.63	3.62	3.60	3.59	3.58	3.57	3.56	3.54	3.54	3.58	8.99	12.57
07/30/15	3.54	3.52	3.51	3.50	3.48	3.47	3.46	3.44	3.44	3.48	9.09	12.57
07/30/15	3.56	3.55	3.54	3.52	3.51	3.50	3.48	3.47	3.46	3.51	9.78	13.29
07/30/15	3.52	3.51	3.49	3.48	3.47	3.45	3.44	3.43	3.42	3.47	9.10	12.57
07/30/15	3.64	3.63	3.61	3.60	3.59	3.58	3.57	3.55	3.55	3.59	6.81	10.40
07/30/15	3.42	3.41	3.39	3.37	3.36	3.34	3.33	3.31	3.31	3.36	7.36	10.72
07/30/15	3.62	3.61	3.59	3.58	3.57	3.56	3.55	3.53	3.53	3.57	6.19	9.76
07/30/15	3.66	3.65	3.64	3.63	3.62	3.60	3.59	3.58	3.58	3.62	5.58	9.
07/30/15	3.72	3.71	3.70	3.68	3.67	3.66	3.65	3.64	3.64	3.67	4.81	8.48
07/30/15	3.80	3.79	3.78	3.78	3.77	3.76	3.75	3.74	3.73	3.77	4.46	8.23
07/30/15	3.83	3.82	3.81	3.80	3.79	3.78	3.77	3.77	3.76	3.79	3.00	6.79
07/30/15	3.79	3.78	3.77	3.76	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.75	3.84	7.59

fecha	Qf 1	Qf 1.02	Qf 1.04	Qf 1.06	Qf 1.08	Qf 1.1	Qf 1.12	Qf 1.14	Qf 1.15	Qf prom.	Q ent.	Q reg
07/30/15	3.97	3.97	3.96	3.95	3.95	3.94	3.94	3.93	3.93	3.95	2.60	6.55
07/30/15	3.95	3.94	3.94	3.93	3.92	3.92	3.91	3.90	3.90	3.92	3.59	7.51
07/30/15	4.11	4.11	4.10	4.10	4.09	4.09	4.09	4.08	4.08	4.09	2.30	6.39
07/31/15	4.22	4.22	4.22	4.22	4.21	4.21	4.21	4.21	4.21	4.21	0.73	4.94
07/31/15	4.24	4.24	4.24	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23	0.47	4.70
07/31/15	4.26	4.26	4.26	4.26	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	0.29	4.54
07/31/15	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	0.34	4.62
07/31/15	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	4.28	0.42	4.70
07/31/15	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	4.24	4.23	4.24	0.38	4.62
07/31/15	3.86	3.85	3.84	3.83	3.82	3.81	3.81	3.80	3.79	3.82	1.44	5.26
07/31/15	3.65	3.64	3.63	3.62	3.61	3.59	3.58	3.57	3.57	3.61	5.67	9.28
07/31/15	3.70	3.69	3.68	3.67	3.65	3.64	3.63	3.62	3.62	3.66	7.14	10.80
07/31/15	3.66	3.65	3.64	3.62	3.61	3.60	3.59	3.58	3.57	3.61	8.08	11.69
07/31/15	3.58	3.57	3.56	3.54	3.53	3.52	3.50	3.49	3.48	3.53	9.84	13.37
07/31/15	3.61	3.60	3.58	3.57	3.56	3.55	3.53	3.52	3.52	3.56	8.29	11.85
07/31/15	3.65	3.64	3.62	3.61	3.60	3.59	3.58	3.56	3.56	3.60	8.97	12.57
07/31/15	3.64	3.63	3.62	3.61	3.59	3.58	3.57	3.56	3.55	3.60	8.25	11.85
07/31/15	3.63	3.62	3.61	3.59	3.58	3.57	3.56	3.54	3.54	3.58	10.27	13.85
07/31/15	3.72	3.71	3.70	3.69	3.68	3.67	3.66	3.65	3.64	3.68	8.17	11.85
07/31/15	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.70	3.69	3.68	3.68	3.71	6.05	9.76
07/31/15	3.87	3.86	3.86	3.85	3.84	3.83	3.82	3.81	3.81	3.84	5.84	9.68
07/31/15	3.87	3.87	3.86	3.85	3.84	3.83	3.83	3.82	3.81	3.84	4.48	8.32
07/31/15	3.83	3.82	3.81	3.80	3.79	3.78	3.77	3.76	3.76	3.79	5.25	9.04
07/31/15	3.89	3.88	3.87	3.86	3.85	3.85	3.84	3.83	3.83	3.85	5.19	9.04
07/31/15	3.99	3.98	3.98	3.97	3.97	3.96	3.96	3.95	3.95	3.97	4.02	7.99
07/31/15	4.04	4.03	4.03	4.02	4.02	4.01	4.01	4.00	4.00	4.02	4.54	8.56
08/01/15	4.13	4.13	4.13	4.12	4.12	4.12	4.11	4.11	4.11	4.12	3.15	7.27
08/01/15	4.19	4.19	4.19	4.19	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18	2.37	6.55
08/01/15	4.24	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23	4.23	1.11	5.34
08/01/15	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	0.60	4.86
08/01/15	4.26	4.26	4.26	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	0.85	5.10
08/01/15	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	1.16	5.42
08/01/15	4.19	4.19	4.19	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18	4.17	4.18	1.41	5.59
08/01/15	3.72	3.71	3.70	3.69	3.68	3.67	3.66	3.65	3.64	3.68	1.91	5.59
08/01/15	3.66	3.65	3.63	3.62	3.61	3.60	3.59	3.58	3.57	3.61	4.38	7.99
08/01/15	3.74	3.73	3.72	3.71	3.69	3.68	3.67	3.66	3.66	3.70	4.53	8.23
08/01/15	3.68	3.66	3.65	3.64	3.63	3.62	3.61	3.60	3.59	3.63	9.58	13.21
08/01/15	3.55	3.54	3.52	3.51	3.50	3.48	3.47	3.46	3.45	3.50	12.36	15.86
08/01/15	3.61	3.60	3.59	3.58	3.56	3.55	3.54	3.53	3.52	3.56	12.22	15.78
08/01/15	3.68	3.67	3.66	3.65	3.64	3.63	3.62	3.60	3.60	3.64	11.10	14.74
08/01/15	3.70	3.68	3.67	3.66	3.65	3.64	3.63	3.62	3.61	3.65	10.04	13.69
08/01/15	3.52	3.50	3.49	3.47	3.46	3.45	3.43	3.42	3.41	3.46	8.47	11.93
08/01/15	3.67	3.66	3.65	3.64	3.63	3.61	3.60	3.59	3.59	3.63	9.74	13.37

fecha	Qf 1	Qf 1.02	Qf 1.04	Qf 1.06	Qf 1.08	Qf 1.1	Qf 1.12	Qf 1.14	Qf 1.15	Qf prom.	Q ent.	Q reg
08/01/15	3.76	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.70	3.69	3.68	3.72	7.40	11.12
08/01/15	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.70	3.69	3.68	3.68	3.71	6.69	10.40
08/01/15	3.72	3.71	3.70	3.69	3.67	3.66	3.65	3.64	3.64	3.68	5.92	9.60
08/01/15	3.76	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.70	3.69	3.68	3.72	4.84	8.56
08/01/15	3.88	3.87	3.86	3.86	3.85	3.84	3.83	3.82	3.82	3.85	3.90	7.75
08/01/15	3.91	3.91	3.90	3.89	3.88	3.88	3.87	3.86	3.86	3.88	4.35	8.23
08/01/15	3.94	3.94	3.93	3.92	3.92	3.91	3.90	3.90	3.89	3.92	4.31	8.23
08/02/15	4.02	4.01	4.01	4.00	3.99	3.99	3.98	3.98	3.98	3.99	2.32	6.31
08/02/15	4.09	4.09	4.09	4.08	4.08	4.08	4.08	4.08	4.06	4.08	1.51	5.59
08/02/15	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19	4.18	4.18	4.18	4.18	4.19	0.75	4.94
08/02/15	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19	4.18	4.18	4.18	4.18	4.19	0.91	5.10
08/02/15	4.19	4.19	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18	4.17	4.17	4.18	0.76	4.94
08/02/15	4.19	4.19	4.19	4.18	4.18	4.18	4.18	4.17	4.17	4.18	0.44	4.62
08/02/15	4.13	4.13	4.13	4.13	4.12	4.12	4.12	4.11	4.11	4.12	0.82	4.94
08/02/15	3.97	3.96	3.95	3.95	3.94	3.94	3.93	3.92	3.92	3.94	1.08	5.02
08/02/15	3.90	3.89	3.88	3.88	3.87	3.86	3.85	3.85	3.84	3.87	2.68	6.55
08/02/15	3.81	3.80	3.79	3.78	3.77	3.76	3.75	3.75	3.74	3.77	3.82	7.59
08/02/15	3.70	3.69	3.68	3.67	3.66	3.65	3.64	3.62	3.62	3.66	6.74	10.40
08/02/15	3.63	3.62	3.61	3.59	3.58	3.57	3.56	3.55	3.54	3.58	9.23	12.81
08/02/15	3.66	3.65	3.64	3.63	3.62	3.61	3.60	3.58	3.58	3.62	11.44	15.06
08/02/15	3.70	3.69	3.67	3.66	3.65	3.64	3.63	3.62	3.61	3.65	11.33	14.98
08/02/15	3.68	3.67	3.65	3.64	3.63	3.62	3.61	3.60	3.59	3.63	8.22	11.85
08/02/15	3.76	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.70	3.69	3.68	3.72	6.60	10.32
08/02/15	3.73	3.72	3.70	3.69	3.68	3.67	3.66	3.65	3.65	3.68	6.48	10.16
08/02/15	3.71	3.70	3.69	3.68	3.67	3.66	3.65	3.64	3.63	3.67	4.97	8.64
08/02/15	3.79	3.78	3.77	3.76	3.75	3.74	3.73	3.72	3.72	3.75	4.48	8.23
08/02/15	3.63	3.62	3.60	3.59	3.58	3.57	3.55	3.54	3.54	3.58	4.90	8.48
08/02/15	3.70	3.69	3.68	3.67	3.66	3.64	3.63	3.62	3.62	3.66	5.62	9.28
08/02/15	3.72	3.71	3.70	3.69	3.68	3.67	3.66	3.65	3.64	3.68	5.60	9.28
08/02/15	3.92	3.91	3.91	3.90	3.89	3.88	3.88	3.87	3.87	3.89	4.10	7.99
08/03/15	3.94	3.94	3.93	3.92	3.92	3.91	3.90	3.89	3.89	3.92	3.59	7.51
08/03/15	4.02	4.02	4.01	4.01	4.00	4.00	3.99	3.98	3.98	4.00	2.55	6.55
08/03/15	4.11	4.11	4.10	4.10	4.10	4.09	4.09	4.09	4.08	4.10	1.24	5.34
08/03/15	4.18	4.18	4.18	4.17	4.17	4.17	4.17	4.16	4.16	4.17	0.69	4.86
08/03/15	4.15	4.14	4.14	4.14	4.13	4.13	4.13	4.13	4.12	4.13	0.81	4.94
08/03/15	4.16	4.16	4.16	4.16	4.15	4.15	4.15	4.14	4.14	4.15	0.71	4.86
08/03/15	4.12	4.12	4.12	4.11	4.11	4.11	4.10	4.10	4.10	4.11	0.51	4.62
08/03/15	4.16	4.16	4.15	4.15	4.15	4.15	4.14	4.14	4.14	4.15	0.39	4.54
08/03/15	4.11	4.10	4.10	4.10	4.09	4.09	4.09	4.08	4.08	4.09	1.33	5.42
08/03/15	3.98	3.97	3.97	3.96	3.96	3.95	3.94	3.94	3.93	3.96	5.72	9.68
08/03/15	3.81	3.80	3.79	3.78	3.77	3.76	3.76	3.75	3.74	3.77	8.16	11.93
08/03/15	3.71	3.70	3.69	3.68	3.67	3.66	3.64	3.63	3.63	3.67	8.42	12.09
08/03/15	3.66	3.64	3.63	3.62	3.61	3.60	3.59	3.57	3.57	3.61	11.37	14.98

fecha	Qf 1	Qf 1.02	Qf 1.04	Qf 1.06	Qf 1.08	Qf 1.1	Qf 1.12	Qf 1.14	Qf 1.15	Qf prom.	Q ent.	Q reg
08/03/15	3.67	3.66	3.65	3.64	3.63	3.62	3.61	3.59	3.59	3.63	11.67	15.30
08/03/15	3.69	3.67	3.66	3.65	3.64	3.63	3.62	3.61	3.60	3.64	9.97	13.61
08/03/15	3.76	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.70	3.69	3.69	3.72	9.17	12.89
08/03/15	3.65	3.64	3.63	3.62	3.60	3.59	3.58	3.57	3.56	3.61	8.88	12.49
08/03/15	3.69	3.68	3.67	3.66	3.65	3.64	3.62	3.61	3.61	3.65	6.27	9.92
08/03/15	3.78	3.77	3.76	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.71	3.74	4.17	7.91
08/03/15	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.70	3.69	3.68	3.67	3.71	5.25	8.96
08/03/15	3.70	3.69	3.67	3.66	3.65	3.64	3.63	3.62	3.61	3.65	5.31	8.96
08/03/15	3.80	3.79	3.78	3.77	3.76	3.75	3.74	3.73	3.73	3.76	4.72	8.48
08/03/15	3.85	3.84	3.83	3.83	3.82	3.81	3.80	3.79	3.79	3.82	4.09	7.91
08/03/15	3.90	3.89	3.88	3.87	3.87	3.86	3.85	3.84	3.84	3.87	3.56	7.43
08/03/15	3.90	3.89	3.88	3.87	3.87	3.86	3.85	3.84	3.84	3.87	2.44	6.31
08/03/15	4.06	4.05	4.05	4.05	4.04	4.04	4.03	4.03	4.02	4.04	2.11	6.15
08/03/15	4.11	4.10	4.10	4.10	4.09	4.09	4.08	4.08	4.08	4.09	1.98	6.08

Anexo 9: Hoja de Excel para el análisis de flujos mínimos nocturnos.

ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS GENERADOS EN EL SECTOR						
CAUDAL ENTREGADO A LOS USUARIOS						
Total consumo de usuarios con más de 500 l/h en horas nocturnas (Se deben medir individualmente)				l/h	Sub-Total (l/h)	
			Domésticos			
			No domésticos			
Estimación del consumo doméstico nocturno						
					Sub-Total (l/h)	
1.7	l/viv/h	# Viviendas=		1.7 x # Viv.	0	
0.6	l/hab/h	# Habitantes=		0.6 x # Hab.	0	
Estimación del consumo no doméstico nocturno						
Simplificado:					Sub-Total (l/h)	
8	l/usuario/h	# Usu. No doms		8 x Usu. No doms.	0	
Caudal total entregado a usuarios (Consumos A) :						
FUGAS LATENTES						
	Condición red (G)			Condición	Long. (Km)	Sub-Total (l/h)
Tuberías de distribución	Bueno	20	l/km/h			0
	Medio	40	l/km/h			
	Malo	60	l/km/h			
	Condición red (F)			Condición	Long. (Km)	Sub-Total (l/h)
Acometidas	Bueno	2	l/viv/h			0
	Medio	4	l/viv/h			
	Malo	6	l/viv/h			
TOTAL (l/h) B =						
Factor de corrección de Presión (FCP)						
Presión media nocturna=			m c.a.	FCP=	Valores de tablas	
TOTAL CORREG. (l/h) C =					0	
caudal mínimo nocturno inevitable (fugas latentes + consumos) =					l/h	
caudal mínimo nocturno inevitable =					0 m ³ /h	
caudal mínimo nocturno inevitable =					0 l/s	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR EN UNA MEDIDA						
Estimación del consumo doméstico :			Sub-total (l/h)	Total (l/h)		
3.8	√#viviendas					
2.4	√#hab.					
Estimación del consumo no doméstico :						
11	√#uso no doms.					
			TOTAL =			

Anexo 10: Resultados de la modelación hidráulica de la red.

Presenta las características topológicas de la red en nudos, tuberías y accesorios de la red de distribución. Así como también las variables hidráulicas calculadas en el modelo hidráulico.

Página 1

03/01/2016 22:55:08

```
*****
*                               *
*               E P A N E T     *
*      Análisis Hidráulico y de Calidad      *
*      de Redes Hidráulicas a Presión        *
*               Versión 2.0 Ve              *
*                               *
*      Traducido por:                  *
*      Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos *
*      Universidad Politécnica de Valencia *
*****
```

Archivo de Entrada: RED. ZAMORA HUAYCO ACTUAL, con deposito presión de hora promedio - copia.NET

Tabla Línea - Nudo:

ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro
Línea	Inicial	Final	m	mm
p1	n1	n2	70.09	110
p2	n3	n4	70.34	75
p3	n5	n6	69.91	75
p4	n6	n7	59.37	75
p5	n1	21	46.07	150
p6	n1	n4	43.43	150
p7	n9	n6	43.83	110
p8	n6	n10	40.84	110
p9	22	n12	53.44	110
p10	23	n14	97.51	75
p11	24	26	82.84	110
p12	28	n18	74.94	75
p13	n19	29	79.52	75
p14	n29	n32	75.63	75
p15	n35	17	24.63	110
p16	n9	n26	69.91	110
p17	n5	n26	43.71	75
p18	32	n27	44.98	75
p19	n27	n3	42.6	75

p20	n3	n2	44.61	75
p21	n2	n28	45.41	75
p22	n28	n14	46.15	75
p23	n14	n16	42.27	75
p24	27	n18	44.45	75
p25	n18	n19	56.63	75
p26	n29	n30	45.3	75
p27	n30	n31	72.18	75
p28	n31	n32	45.05	110
p29	n20	n17	57.32	110
p30	n17	25	42.3	110
p31	n13	n11	47.25	150
p32	n11	n33	133.9	150
p33	n33	18	46.27	150

Página 2

prueba

Tabla Línea - Nudo: (continuación)

ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro
Línea	Inicial	Final	m	mm
p34	n7	n35	44.07	75
p35	n36	n37	46.05	75
p36	n37	n38	50.3	75
p37	n39	n101	43.39	110
p38	n101	n67	47.51	110
p39	35	n73	43.58	110
p40	n43	n47	31.27	83
p41	n45	n59	45.4	58.2
p42	n47	n48	58.44	58.2
p43	n49	n50	52.45	58.2
p44	n51	n52	59.38	58.2
p45	n53	n54	56.16	58.2
p46	11	n56	96.15	75
p47	n76	n58	93	75
p48	n59	n48	51.76	83
p49	n48	n54	79.41	83
p50	n54	n50	55.51	83
p51	n50	n52	59.39	83
p52	n60	n61	23.31	83

p53	n51	n49	58.14	83
p54	n49	n53	57.89	83
p55	n53	n62	32.03	83
p56	n65	36	45.8	75
p57	10	n65	97.21	110
p58	n65	38	93.15	110
p59	n39	n66	63.94	110
p60	34	n36	47.5	110
p61	n36	n113	34.61	110
p62	n113	n69	48.99	110
p63	n69	12	41.05	110
p64	14	n72	47.02	75
p65	n72	n10	58.27	75
p66	n10	n73	53.93	110
p67	n73	n74	43.83	75
p68	33	n74	35.46	75
p69	n76	n100	45.43	75
p70	n76	n66	39	75
p71	n111	n78	75.76	150
p72	n78	n97	13.28	150
p73	n97	8	77.61	150
p74	n80	n81	3.811	110
p75	n81	n82	42.64	110
p76	n82	n83	37.3	110
p77	n83	n84	100.2	110
p78	n86	7	126.4	110
p79	2	n87	10.11	110
p80	n87	n83	106	110

Página 3

prueba

Tabla Línea - Nudo: (continuación)

ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro
Línea	Inicial	Final	m	mm
p81	n83	n86	66.5	110
p82	n86	n88	61.57	110
p83	n111	n109	72.92	110
p84	n109	n80	49.37	110
p85	n91	n105	91.15	101.6
p86	n92	n93	30.63	110
p87	n88	6	133.8	110
p88	n94	n95	60.7	110
p89	n95	n84	68.42	110

p90	n96	1	12.9	110
p91	n66	n98	97.44	110
p92	n58	n99	35.8	110
p93	n47	n45	55.87	83
p94	39	n59	75.76	83
p95	n84	n96	144	110
p96	13	n55	50.29	150
p97	n70	n71	106.2	150
p98	n34	n71	77.62	150
p99	n15	n13	44.02	150
p100	n32	30	49.68	110
p101	31	n29	48.22	75
p102	n74	n5	102.7	75
p103	n72	n7	35.22	75
p104	n69	n38	54.04	75
p105	n38	15	58.12	75
p106	n100	n67	51.96	110
p107	n99	n100	94.5	110
p108	n98	n58	28.28	110
p109	n52	n60	155.3	83
p110	n51	n61	128.2	83
p112	n56	37	87.91	75
p113	5	n102	95.7	110
p114	n102	n91	59.47	110
p115	n90	n102	79.84	110
p116	n103	4	86.21	58.2
p117	3	n106	102.6	101.6
p118	n108	n107	565.8	200
p119	n55	9	49.43	150
p120	n109	n110	212.8	110
p121	n110	n111	118.3	150
p122	n12	n28	59.72	75
p123	n9	n35	60.83	110
p124	n33	20	76.8	75
p125	n4	n112	42.31	150
p126	n112	19	44.34	150
p127	n112	n27	70.86	75
p128	n56	n113	48	75

ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro
----	------	------	----------	----------

Línea	Inicial	Final	m	mm
p129	n107	n110	11.13	200
1	n80	n90	33.65	110
2	n105	n104	24	101.6
3	n104	n92	27.13	101.6
4	n88	n93	12	110
p111	n101	n76	57.94	75
14	16	n108	1005	300
15	16	40	100	300
5	n97	1	No Disponible	110 Válvula
6	n78	2	No Disponible	110 Válvula
7	n105	3	No Disponible	101.6 Válvula
8	n104	4	No Disponible	58.3 Válvula
9	5	n86	No Disponible	110 Válvula
10	6	n94	No Disponible	110 Válvula
11	7	n95	No Disponible	110 Válvula
17	n55	11	No Disponible	75 Válvula
18	n71	14	No Disponible	75 Válvula
19	15	n72	No Disponible	75 Válvula
20	n34	17	No Disponible	110 Válvula
21	n34	18	No Disponible	150 Válvula
22	n9	19	No Disponible	150 Válvula
23	20	n112	No Disponible	75 Válvula
24	21	n12	No Disponible	150 Válvula
25	22	n11	No Disponible	110 Válvula
26	n13	23	No Disponible	75 Válvula
31	n17	28	No Disponible	75 Válvula
32	n20	29	No Disponible	75 Válvula
34	31	n19	No Disponible	75 Válvula
35	n26	32	No Disponible	75 Válvula
38	33	n100	No Disponible	75 Válvula
39	38	n39	No Disponible	110 Válvula
40	37	n101	No Disponible	75 Válvula
41	36	n56	No Disponible	75 Válvula

42	n58	39	No Disponible	83 Válvula
12	n64	8	No Disponible	150 Válvula
13	n64	10	No Disponible	110 Válvula
16	n70	13	No Disponible	160 Válvula
44	n70	12	No Disponible	110 Válvula
45	n64	9	No Disponible	160 Válvula
48	n16	26	No Disponible	110 Válvula
49	n16	27	No Disponible	75 Válvula
50	n15	24	No Disponible	110 Válvula
51	n15	25	No Disponible	110 Válvula
52	n20	30	No Disponible	110 Válvula
53	n67	34	No Disponible	110 Válvula
54	n67	35	No Disponible	110 Válvula

Página 5

prueba

Resultados de Nudo:

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad
Nudo	LPS	m	m	
n1	0.10	2176.56	50.69	0.00
n2	0.10	2176.56	44.94	0.00
n3	0.13	2176.56	42.89	0.00
n4	0.12	2176.56	50.72	0.00
n5	0.10	2176.57	46.49	0.00
n6	0.11	2176.57	51.90	0.00
n7	0.11	2176.57	53.44	0.00
n9	0.14	2176.56	51.53	0.00
n10	0.10	2176.57	53.63	0.00
n11	0.11	2176.56	54.56	0.00
n12	0.08	2176.56	50.65	0.00
n13	0.14	2176.55	52.70	0.00
n14	0.14	2176.55	46.58	0.00
n15	0.08	2176.55	51.35	0.00
n16	0.12	2176.55	44.81	0.00
n17	0.10	2176.54	49.93	0.00
n18	0.11	2176.54	44.45	0.00
n19	0.10	2176.54	47.85	0.00
n20	0.11	2176.54	49.85	0.00
n26	0.10	2176.56	47.07	0.00

n27	0.10	2176.56	43.20	0.00
n28	0.03	2176.56	45.52	0.00
n29	0.10	2176.54	46.64	0.00
n30	0.35	2176.53	46.13	0.00
n31	0.06	2176.54	45.72	0.00
n32	0.10	2176.54	46.86	0.00
n33	0.12	2176.56	52.90	0.00
n34	0.11	2176.57	53.74	0.00
n35	0.22	2176.57	53.15	0.00
n36	0.11	2176.59	54.07	0.00
n37	0.17	2176.59	54.16	0.00
n38	0.13	2176.59	54.81	0.00
n39	0.12	2176.59	54.41	0.00
n43	0.13	2176.53	33.55	0.00
n45	0.00	2176.53	40.71	0.00
n47	0.00	2176.53	34.72	0.00
n48	0.05	2176.53	47.09	0.00
n49	0.02	2176.51	30.51	0.00
n50	0.06	2176.51	45.60	0.00
n51	0.03	2176.51	30.51	0.00
n52	0.10	2176.51	39.44	0.00
n53	0.02	2176.51	31.85	0.00
n54	0.03	2176.52	47.05	0.00
n55	0.17	2176.66	56.56	0.00
n56	0.16	2176.61	54.46	0.00
n58	0.00	2176.57	48.32	0.00
n59	0.10	2176.54	47.55	0.00

Página 6
Resultados de Nudo: (continuación)

prueba

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
n60	0.11	2176.51	38.58	0.00
n61	0.10	2176.51	30.64	0.00
n62	0.00	2176.51	32.95	0.00

n64	0.15	2176.72	58.22	0.00
n65	0.14	2176.63	55.02	0.00
n66	0.15	2176.58	51.46	0.00
n67	0.10	2176.58	53.72	0.00
n69	0.12	2176.61	54.76	0.00
n70	0.08	2176.62	55.84	0.00
n71	0.13	2176.59	54.84	0.00
n72	0.13	2176.58	54.34	0.00
n73	0.10	2176.58	53.69	0.00
n74	0.05	2176.58	50.64	0.00
n76	0.21	2176.58	51.33	0.00
n78	0.12	2176.91	59.93	0.00
n80	0.00	2176.95	59.84	0.00
n81	0.00	2176.95	60.07	0.00
n82	0.11	2176.93	56.99	0.00
n83	0.10	2176.92	54.88	0.00
n84	0.11	2176.91	54.65	0.00
n86	0.08	2176.92	52.09	0.00
n87	0.00	2176.91	59.46	0.00
n88	0.06	2176.92	47.59	0.00
n90	0.02	2176.94	57.46	0.00
n91	0.08	2176.92	40.16	0.00
n92	0.06	2176.92	42.06	0.00
n93	0.00	2176.92	47.28	0.00
n94	0.18	2176.91	51.08	0.00
n95	0.10	2176.91	53.40	0.00
n96	0.05	2176.89	59.23	0.00
n97	0.00	2176.89	59.72	0.00
n98	0.05	2176.57	48.98	0.00
n99	0.12	2176.57	43.47	0.00
n100	0.11	2176.58	51.44	0.00
n101	0.05	2176.59	54.59	0.00
n102	0.05	2176.92	48.69	0.00
n103	0.12	2176.91	29.89	0.00
n104	0.00	2176.92	40.51	0.00

n105	0.00	2176.92	40.25	0.00
n106	0.03	2176.92	29.57	0.00
n107	0.00	2177.24	68.59	0.00
n108	0.00	2177.70	80.75	0.00
n109	0.11	2177.02	61.28	0.00
n110	0.28	2177.23	67.75	0.00
n111	0.20	2177.02	63.18	0.00
n112	0.12	2176.56	50.77	0.00
n113	0.12	2176.60	54.31	0.00

Página 7
Resultados de Nudo: (continuación)

prueba

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad
Nudo	LPS	m	m	
1	0.00	2176.89	59.72	0.00
2	0.00	2176.91	59.93	0.00
3	0.00	2176.92	40.25	0.00
4	0.00	2176.92	40.51	0.00
5	0.00	2176.92	52.09	0.00
6	0.00	2176.91	51.08	0.00
7	0.00	2176.91	53.40	0.00
8	0.00	2176.72	58.22	0.00
9	0.00	2176.72	58.22	0.00
10	0.00	2176.72	58.22	0.00
11	0.00	2176.66	56.56	0.00
12	0.00	2176.62	55.84	0.00
13	0.00	2176.62	55.84	0.00
14	0.00	2176.59	54.84	0.00
15	0.00	2176.58	54.34	0.00
17	0.00	2176.57	53.74	0.00
18	0.00	2176.57	53.74	0.00
19	0.00	2176.56	51.53	0.00
20	0.00	2176.56	50.77	0.00
21	0.00	2176.56	50.65	0.00
22	0.00	2176.56	54.56	0.00
23	0.00	2176.55	52.70	0.00
24	0.00	2176.55	51.35	0.00
25	0.00	2176.55	51.35	0.00

26	0.00	2176.55	44.81	0.00	
27	0.00	2176.55	44.81	0.00	
28	0.00	2176.54	49.93	0.00	
29	0.00	2176.54	49.85	0.00	
30	0.00	2176.54	49.85	0.00	
31	0.00	2176.54	47.85	0.00	
32	0.00	2176.56	47.07	0.00	
33	0.00	2176.58	51.44	0.00	
34	0.00	2176.58	53.72	0.00	
35	0.00	2176.58	53.72	0.00	
36	0.00	2176.61	54.46	0.00	
37	0.00	2176.59	54.59	0.00	
38	0.00	2176.59	54.41	0.00	
39	0.00	2176.57	48.32	0.00	
40	0.00	2180.00	0.00	0.00	Embalse
16	-8.72	2177.83	10.06	0.00	Depósito

Página 8
Resultados de Línea:

prueba

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
p1	0.14	0.01	0.00		Abierto
p2	-0.07	0.02	0.01		Abierto
p3	-0.09	0.02	0.01		Abierto
p4	-0.12	0.03	0.02		Abierto
p5	0.44	0.03	0.01		Abierto
p6	-0.68	0.04	0.03		Abierto
p7	-0.57	0.06	0.09		Abierto
p8	-0.65	0.07	0.12		Abierto
p9	-0.25	0.03	0.01		Abierto
p10	0.09	0.02	0.01		Abierto
p11	0.21	0.02	0.01		Abierto
p12	0.06	0.01	0.01		Abierto
p13	-0.06	0.01	0.01		Abierto
p14	-0.09	0.02	0.01		Abierto
p15	-0.63	0.07	0.10		Abierto
p16	0.08	0.01	0.00		Abierto
p17	0.21	0.05	0.07		Abierto
p18	0.19	0.04	0.06		Abierto
p19	0.17	0.04	0.04		Abierto

p20	0.11	0.02	0.02	Abierto
p21	0.15	0.03	0.03	Abierto
p22	0.23	0.05	0.10	Abierto
p23	0.18	0.04	0.05	Abierto
p24	0.26	0.06	0.13	Abierto
p25	0.22	0.05	0.09	Abierto
p26	0.18	0.04	0.05	Abierto
p27	-0.17	0.04	0.04	Abierto
p28	-0.22	0.02	0.01	Abierto
p29	-0.58	0.06	0.09	Abierto
p30	-0.74	0.08	0.14	Abierto
p31	-1.26	0.07	0.08	Abierto
p32	-1.11	0.06	0.06	Abierto
p33	-1.42	0.08	0.10	Abierto
p34	0.11	0.03	0.02	Abierto
p35	0.18	0.04	0.05	Abierto
p36	0.01	0.00	0.00	Abierto
p37	0.50	0.05	0.06	Abierto
p38	0.59	0.06	0.09	Abierto
p39	0.72	0.08	0.13	Abierto
p40	-0.13	0.02	0.01	Abierto
p41	-0.17	0.06	0.17	Abierto
p42	0.04	0.01	0.02	Abierto
p43	-0.04	0.02	0.01	Abierto
p44	0.00	0.00	0.00	Abierto
p45	-0.14	0.05	0.08	Abierto
p46	0.54	0.12	0.52	Abierto
p47	0.17	0.04	0.04	Abierto

Página 9
Resultados de Línea: (continuación)

prueba

ID	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km	
p48	0.46	0.09	0.19	Abierto
p49	0.45	0.08	0.18	Abierto
p50	0.29	0.05	0.08	Abierto
p51	0.19	0.04	0.03	Abierto
p52	-0.01	0.00	0.00	Abierto
p53	-0.14	0.03	0.02	Abierto

p54	-0.12	0.02	0.01	Abierto
p55	0.00	0.00	0.00	Abierto
p56	0.45	0.10	0.36	Abierto
p57	1.96	0.21	0.88	Abierto
p58	1.37	0.14	0.43	Abierto
p59	0.75	0.08	0.14	Abierto
p60	-0.77	0.08	0.15	Abierto
p61	-1.06	0.11	0.27	Abierto
p62	-0.76	0.08	0.15	Abierto
p63	-1.32	0.14	0.41	Abierto
p64	0.36	0.08	0.25	Abierto
p65	0.20	0.05	0.07	Abierto
p66	-0.54	0.06	0.07	Abierto
p67	0.08	0.02	0.01	Abierto
p68	0.19	0.04	0.05	Abierto
p69	0.07	0.02	0.01	Abierto
p70	-0.18	0.04	0.05	Abierto
p71	5.75	0.33	1.48	Abierto
p72	6.15	0.35	1.68	Abierto
p73	6.88	0.39	2.10	Abierto
p74	1.40	0.15	0.39	Abierto
p75	1.40	0.15	0.47	Abierto
p76	1.30	0.14	0.40	Abierto
p77	0.52	0.05	0.07	Abierto
p78	0.34	0.04	0.03	Abierto
p79	-0.53	0.06	0.06	Abierto
p80	-0.53	0.06	0.08	Abierto
p81	0.15	0.02	0.01	Abierto
p82	0.25	0.03	0.01	Abierto
p83	0.38	0.04	0.04	Abierto
p84	2.39	0.25	1.30	Abierto
p85	0.32	0.04	0.04	Abierto
p86	0.11	0.01	0.00	Abierto
p87	0.30	0.03	0.02	Abierto

p88	0.12	0.01	0.00	Abierto
p89	0.37	0.04	0.04	Abierto
p90	0.73	0.08	0.14	Abierto
p91	0.41	0.04	0.05	Abierto
p92	-0.20	0.02	0.00	Abierto
p93	-0.17	0.03	0.02	Abierto
p94	0.73	0.13	0.43	Abierto

Página 10

prueba

Resultados de Línea: (continuación)

ID	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km	
p95	0.78	0.08	0.15	Abierto
p96	-4.05	0.23	0.77	Abierto
p97	2.65	0.15	0.33	Abierto
p98	-2.16	0.12	0.22	Abierto
p99	-1.02	0.06	0.05	Abierto
p100	-0.41	0.04	0.04	Abierto
p101	0.18	0.04	0.06	Abierto
p102	0.22	0.05	0.09	Abierto
p103	0.34	0.08	0.21	Abierto
p104	0.44	0.10	0.35	Abierto
p105	0.31	0.07	0.18	Abierto
p106	-0.55	0.06	0.09	Abierto
p107	-0.33	0.03	0.03	Abierto
p108	0.36	0.04	0.03	Abierto
p109	0.09	0.02	0.01	Abierto
p110	0.11	0.02	0.01	Abierto
p112	0.40	0.09	0.30	Abierto
p113	-0.52	0.05	0.07	Abierto
p114	0.40	0.04	0.04	Abierto
p115	0.96	0.10	0.23	Abierto
p116	-0.12	0.05	0.07	Abierto
p117	0.03	0.00	0.00	Abierto
p118	8.72	0.28	0.82	Abierto

p119	-4.77	0.27	1.06	Abierto
p120	-2.11	0.22	1.02	Abierto
p121	6.33	0.36	1.81	Abierto
p122	0.11	0.03	0.02	Abierto
p123	-0.52	0.06	0.07	Abierto
p124	0.19	0.04	0.06	Abierto
p125	-0.86	0.05	0.04	Abierto
p126	-0.88	0.05	0.04	Abierto
p127	0.07	0.02	0.01	Abierto
p128	0.43	0.10	0.30	Abierto
p129	8.72	0.28	0.74	Abierto
1	0.98	0.10	0.35	Abierto
2	0.29	0.04	0.03	Abierto
3	0.17	0.02	0.01	Abierto
4	-0.11	0.01	0.00	Abierto
p111	0.26	0.06	0.14	Abierto
14	8.72	0.12	0.12	Abierto
15	0.00	0.00	0.00	Cerrado
5	-0.73	0.08	0.00	Abierto Válvula
6	-0.53	0.06	0.00	Abierto Válvula
7	0.03	0.00	0.00	Abierto Válvula
8	0.12	0.05	0.00	Abierto Válvula
9	0.52	0.05	0.00	Abierto Válvula
10	0.30	0.03	0.00	Abierto Válvula

Página 11

prueba

Resultados de Línea: (continuación)

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
11	0.34	0.04	0.00		Abierto Válvula
17	0.54	0.12	0.00		Abierto Válvula
18	0.36	0.08	0.00		Abierto Válvula
19	0.31	0.07	0.00		Abierto Válvula
20	0.63	0.07	0.00		Abierto Válvula
21	1.42	0.08	0.00		Abierto Válvula
22	0.88	0.05	0.00		Abierto Válvula

23	0.19	0.04	0.00	Abierto Válvula
24	0.44	0.03	0.00	Abierto Válvula
25	0.25	0.03	0.00	Abierto Válvula
26	0.09	0.02	0.00	Abierto Válvula
31	0.06	0.01	0.00	Abierto Válvula
32	0.06	0.01	0.00	Abierto Válvula
34	-0.18	0.04	0.00	Abierto Válvula
35	0.19	0.04	0.00	Abierto Válvula
38	-0.19	0.04	0.00	Abierto Válvula
39	1.37	0.14	0.00	Abierto Válvula
40	0.40	0.09	0.00	Abierto Válvula
41	0.45	0.10	0.00	Abierto Válvula
42	0.73	0.13	0.00	Abierto Válvula
12	-6.88	0.39	0.01	Abierto Válvula
13	1.96	0.21	0.00	Abierto Válvula
16	-4.05	0.20	0.00	Abierto Válvula
44	1.32	0.14	0.00	Abierto Válvula
45	4.77	0.24	0.00	Abierto Válvula
48	-0.21	0.02	0.00	Abierto Válvula
49	0.26	0.06	0.00	Abierto Válvula
50	0.21	0.02	0.00	Abierto Válvula
51	0.74	0.08	0.00	Abierto Válvula
52	0.41	0.04	0.00	Abierto Válvula
53	-0.77	0.08	0.00	Abierto Válvula
54	0.72	0.08	0.00	Abierto Válvula

