ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA DETERMINAR PÉRDIDAS Y FUGAS DE LA URBANIZACIÓN LA COLINA DEL CANTÓN RUMIÑAHUI.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

JORGE LUIS CAMPAÑA QUISAGUANO

jorgeluis_@live.com

WALTER MIGUEL ORTEGA QUIÑONEZ

wmortega10@hotmail.com

DIRECTOR: ING. MSC. LUIS ÁNGEL JARAMILLO SÁNCHEZ.

luis.jaramillo@epn.edu.ec

Quito, Mayo 2016

DECLARACIÓN

Nosotros, Jorge Luis Campaña Quisaguano y Walter Miguel Ortega Quiñónez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

JORGE LUIS CAMPAÑA QUISAGUANO **WALTER MIGUEL ORTEGA QUIÑÓNEZ**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jorge Luis Campaña Quisaguano y Walter Miguel Ortega Quiñonez, bajo mi supervisión.

PROF. ING. MSC. LUIS JARAMILLO S.

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por haberme ayudado a cumplir mis metas.

A la Escuela Politécnica Nacional, en especial a los catedráticos de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental por impartir sus conocimientos para mi formación académica.

Al Ing. Luis Jaramillo por haberme guiado en el proceso de esta tesis.

Al GAD Municipal del Cantón Rumiñahui, en especial al Ing. Nelson Pedraza por brindarme la confianza para realizar este proyecto que es de suma importancia para su Cantón.

Walter Miguel

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres que han dado todo el esfuerzo para que yo ahora esté culminando esta etapa de mi vida y darles las gracias por apoyarme durante toda mi existencia.

Un agradeciendo a mi familia, a mis hermanos por haber confiado, a mis tíos en especial a mis tías Flor y Mery por su apoyo incondicional en los momentos más complicados.

A la Escuela Politécnica Nacional, a mí querida facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. A nuestro director de tesis Ing. Luis Jaramillo por ayudarnos con sus conocimientos y experiencia.

Al GAD Municipal del Cantón Rumiñahui, en especial al Ing. Nelson Pedraza director de Agua Potable por estar siempre pendiente de este proyecto y brindar su tiempo, conocimiento, apoyo en bien de solucionar los problemas.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida estudiantil a las que me encantaría agradecer su amistad, consejos, ánimo y compañía. Algunas están aquí conmigo y otras están en los recuerdos y en mi corazón, estén donde estén quiero darles las gracias por formar parte de esto.

Jorge Luis

DEDICATORIA

A Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban.

A mis padres Carlos y Betty, por todo su amor, sacrificio y apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida estudiantil.

A novia Valeria, por ayudarme y apoyarme siempre.

A mis hermanos Carlos y Gabriela, por estar siempre conmigo.

Walter Miguel

DEDICATORIA

A mis padres Guillermina y
Gustavo con mucho amor y cariño

les dedico todo mi esfuerzo

y trabajo puesto para

la realización de esta tesis.

Jorge Luis

CONTENIDO

DECLARACIÓN II

CERTIFICACIÓN III

AGRADECIMIENTO IV

AGRADECIMIENTO V

DEDICATORIA VI

DEDICATORIA VII

CONTENIDO VIII

ÍNDICE DE CUADROS XIII

ÍNDICE DE GRÁFICOS XV

RESUMEN XVII

ABSTRACT XVIII

PRESENTACIÓN XIX

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 1

1.1 ANTECEDENTES 1

1.2 OBJETIVOS 2

1.2.1 OBJETIVO GENERAL 2

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

1.3 ALCANCE 3

1.4 JUSTIFICACIÓN 4

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO 6

2.1 CLIMA 6

2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO 7

2.3 DESCRIPCIÓN DE ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS 8

2.3.1 ECONOMÍA Y EDUCACIÓN 8

2.3.2 SERVICIOS EXISTENTES 8

2.3.3 TRANSPORTE 8
2.4 DESCRIPCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA 9
2.4.1 PLANIMETRÍA DE LA ZONA 9
2.4.2 ALTIMETRÍA DE LA ZONA 9
CAPÍTULO 3: MARCO DE REFERENCIA 10
3.1 MARCO TEÓRICO 10
3.1.1 FLUJOS Y CONSUMOS 10
3.1.1.1 Flujo o Caudal 10
3.1.1.2 Consumo o Demanda 11
3.1.2 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE 12
3.1.3 PARÁMETROS DE DISEÑO 13
3.1.3.1 Período de Diseño 13
3.1.3.2 Población de Diseño 15
3.1.3.3 Área de Diseño 17
3.1.3.4 Densidad Poblacional 17
3.1.3.5 Dotación 17
3.1.3.6 Caudales de Diseño 19
3.1.3.7 Volúmenes de Almacenamiento 21
3.1.4 EPANET 2,0 22
3.2 GENERALIDADES SOBRE LAS FUGAS 26
3.2.1 ORIGEN DE LAS FUGAS 26
3.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS FUGAS 27
3.2.3 CAUSAS Y FACTORES COMUNES DE LAS FUGAS 28
3.2.4 MÉTODOS EMPLEADOS EN EL CONTROL DE FUGAS 31
3.2.5 ÍNDICES DE MEDICIÓN DE FUGAS Y NIVELES ACEPTABLES 33
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA O PROCEDIMIENTO 34
4.1 ANÁLISIS SOBRE LAS PÉRDIDAS DE AGUA 34
4.1.1 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE AGUA 34
4.1.1.1 Tanque de Reserva La Colina 34
4.1.2 ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA 36
4.1.2.1 Investigación de las redes de agua 36

4.1.3 DETERMINAR LAS PÉRDIDAS FÍSICAS DE AGUA 41
4.1.4 ANÁLISIS DE LOS ERRORES DE MEDICIÓN 41
4.1.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN COMERCIAL DE LECTURA DE MEDIDORES 42
4.1.5.1 Tipos de tarifa y número de propietarios 42
4.2 INVESTIGACIÓN SOBRE LAS PÉRDIDAS DE AGUA 44
4.2.1 MEDICIÓN DE CAUDALES 44
4.2.1.1 Caudal de ingreso y salida del tanque 44
4.2.1.2 Caudal de desborde 46
4.2.2 PARÁMETROS DE CONSUMO Y DE DEMANDA DEL SECTOR 47
4.3 EVALUACIÓN HIDRÁULICA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE 50
4.3.1 DIAGNÓSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL 53
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA EN EL SECTOR 54
5.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO SOBRE MEDIDORES 54
5.2 COMPARACIÓN ENTRE EL VOLUMEN DE AGUA PRODUCIDO Y VOLUMEN DE AGUA FACTURADA 57
5.3 BALANCE DE AGUA NO FACTURADA EN EL SECTOR 58
CAPÍTULO 6: REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN 61
6.1 PERÍODO DE DISEÑO 61
6.2 ANÁLISIS POBLACIONAL 61
6.2.1 POBLACIÓN ACTUAL 61
6.2.2 POBLACIÓN FUTURA 62
6.3 DENSIDAD POBLACIONAL 63
6.4 DOTACIÓN 64
6.5 CAUDALES DE CONSUMO 65
6.6 CAUDALES DE DISEÑO 66
6.7 CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE DE RESERVA 66

6.8 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN 68

6.9 DISTRIBUCIÓN DE LOS CAUDALES EN LOS NODOS 70

6.10 DETERMINACIÓN DE DIÁMETROS Y CÁLCULO DE PRESIONES 70

6.11 DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CARGA 74

6.12 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD 75

6.13 RESULTADOS. 77

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 78

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 83

ANEXOS 85

ANEXO N° 1: PLANO TOPOGRÁFICO URBANIZACIÓN LA COLINA 86

ANEXO N° 2: PLANIMETRÍA URBANIZACIÓN LA COLINA 87

ANEXO N° 3: LECTURAS Y VOLUMENES FACTURADOS AÑO 2014 88

ANEXO N° 4: CONSUMOS Y DOTACIONES TARIFA RESIDENCIAL Y COMERCIAL 96

ANEXO N° 5: CAUDALES DE CONSUMO AÑO 2015 103

ANEXO N° 6: INFORME EPANET EVALUACÓN RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE 106

ANEXO N° 7: PLANO EVALUACIÓN RED DE DISTRIBUCIÓN 107

ANEXO N° 8: REPORTE BANCO DE PRUEBAS MEDIDORES 108

ANEXO N° 9: VOLUMEN DE AGUA PRODUCIDO QUE INGRESA AL TANQUE LA COLINA 111

ANEXO N° 10: VOLUMEN DE AGUA NO FACTURADA 113

ANEXO N° 11: VOLUMEN DE AGUA DESBORDADO 115

ANEXO N° 12: VOLUMEN DE PÉRDIDAS POR FUGAS Y TARIFA FIJA 117

ANEXO N° 13: BASES DE DISEÑO DAPAC 119

ANEXO N° 14: PLANO ÁREAS DE APORTACIÓN 121

ANEXO N° 15: CAUDALES DE CONSUMO AÑO 2040 122

ANEXO N° 16: PLANO CAUDALES DE CONSUMO AÑO 2040 125

ANEXO N° 17: INFORME EPANET REDISEÑO 126

ANEXO N° 18: PLANO REDISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN 127

ANEXO N° 19: PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR FUGAS NO VISIBLES 128

ANEXO N° 20: VÁLVULA DE ALTITUD 131

ANEXO N° 21: ALGORITMO DE GRADIENTE 136

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA URBANIZACIÓN LA COLINA 7

CUADRO 3.1. VIDA ÚTIL SUGERIDA PARA LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE 14

CUADRO 3.2. PERÍODO DE DISEÑO SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA PARA REDES MATRICES 14

CUADRO 3.3. NIVELES DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA 15

CUADRO 3.4. DOTACIONES RECOMENDADAS 18

CUADRO 3.5. DOTACIÓN NETA SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA 18

CUADRO 3.6. CAUDALES DE DISEÑO PARA LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE 19

CUADRO 4.1. DIÁMETRO DE TUBERÍA Y LONGITUD EXISTENTE DE ASBESTO CEMENTO 36

CUADRO 4.1. CONTINUACIÓN 37

CUADRO 4.1. CONTINUACIÓN 38

CUADRO 4.2. NÚMERO DE PROPIETARIOS Y TIPO DE TARIFAS 43

CUADRO 4.3 CAUDAL DE SALIDA A LA RED DE DISTRIBUCION EXISTENTE 45

CUADRO 4.4 CAUDAL DE INGRESO AL TANQUE DE RESERVA 45

CUADRO 4.4 CONTINUACIÓN 46

CUADRO 4.5 CAUDAL DE DESBORDE 46

CUADRO 4.6. PROMEDIO DE PERSONAS POR HOGAR SEGÚN PARROQUIAS 47

CUADRO 4.7. DOTACIÓN TARIFA RESIDENCIAL 48

CUADRO 4.8. DOTACIÓN TARIFA COMERCIAL 48

CUADRO 4.9. DENSIDAD POBLACIONAL AÑO 2015 49

CUADRO 5.1. ERRORES DE MEDICIÓN MEDIDORES 56

CUADRO 6.1. DENSIDAD POBLACIONAL AÑO 2010 64

CUADRO 6.2. DENSIDAD POBLACIONAL AÑO 2040 64

CUADRO 6.3. COMPARACIÓN DOTACIONES RECOMENDADAS 65

CUADRO 6.4. DIÁMETRO DE LA TUBERÍA NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN 70

CUADRO 6.4. CONTINUACIÓN 71

CUADRO 6.4. CONTINUACIÓN 72

CUADRO 6.4. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (HAZEN-WILLIAMS) 74

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA URBANIZACIÓN LA COLINA 7

GRÁFICO 3.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA EPANET 25

GRÁFICO 4.1. TANQUE DE RESERVA URBANIZACIÓN LA COLINA 35

GRÁFICO 4.2. CUARTO DE VÁLVULAS TANQUE DE RESERVA 35

GRÁFICO 4.3. RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE PARTE ALTA 39

GRÁFICO 4.4. RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE PARTE BAJA 40

GRÁFICO 4.5. MEDIDORES NO TOMADOS LA LECTURA AÑO 2014 42

GRÁFICO 4.6. DENSIDAD POBLACIONAL AÑO 2015 POR ZONAS 49

GRÁFICO 4.7. PRESIONES RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE URBANIZACIÓN LA COLINA (PERÍODO ESTÁTICO) 51

GRÁFICO 4.8. VELOCIDADES RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE URBANIZACIÓN LA COLINA (PERÍODO ESTÁTICO) 52

GRÁFICO 5.1. AÑOS DE SERVICIO DE LOS MEDIDORES 54

GRÁFICO 5.2. BANCO DE PRUEBAS PORTATIL 55

GRÁFICO 5.3. VOLUMEN DE AGUA PRODUCIDO 57

GRÁFICO 5.4. CONSUMOS MENSUALES FACTURADOS AÑO 2014 58

GRÁFICO 5.5. VOLUMEN DE AGUA NO FACTURADO 59

GRÁFICO 5.6. BALANCE DE AGUA 60

GRAFICO 6.1. SECTORES URBANIZACIÓN LA COLINA 63

GRÁFICO 6.2. NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN 69

GRÁFICO 6.3. PRESIONES NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN URBANIZACIÓN LA COLINA (PERÍODO ESTÁTICO) 73

GRÁFICO 6.5. VELOCIDADES NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN URBANIZACIÓN LA COLINA (PERÍODO ESTÁTICO) 76

RESUMEN

El presente estudio propone una evaluación de la red de distribución de agua potable para determinar sus condiciones hidráulicas mediante una modelación en el software EPANET, además de realizar un análisis de los registros de consumos facturados por GAD Municipal del Cantón Rumiñahui basado en las lecturas de los medidores de agua potable para el año 2014 en la Urbanización La Colina; y realizar aforos para determinar los caudales de: conducción, distribución, desborde del tanque de reserva, esto con el objetivo de obtener el volumen de agua gastado y compararlo con el volumen facturado, para así establecer un factor de pérdidas y fugas. De esta forma, una vez determinado el factor de fugas se investigará las causas de las mismas y en que magnitud se presentan

Además, se realizará un catastro de los medidores de agua potable instalados en la urbanización para verificar su correcto funcionamiento y el tiempo que llevan funcionando.

De acuerdo a los resultados de la evaluación de la red existente y del factor de fugas, el autor determinará si es necesario un plan de reestructuración y, de ser este el caso, se presentará un nuevo diseño de la red de distribución.

Al final del presente estudio se detallarán conclusiones y recomendaciones que ayuden al GAD Municipal del Cantón Rumiñahui a reducir el factor de pérdidas y fugas, con la intención de alcanzar recaudaciones eficientes y evitar el desperdicio del recurso hídrico.

ABSTRACT

The following paper aims to evaluate the water supply system to determine its hydraulic conditions through a software simulation on EPANET. Also, it intends to analyze the volume of water used by the residential area La Colina, through the examination of the water bills received by the Municipality of Rumiñahui during 2014; besides, this work purposes to apply a volumetric method in order to calculate the flow from the water reservoir to the residential water tank, the individual supply to the houses, and the overflow system; as a result, the used water volume can be compared with the billed water volume, which allow the researcher to establish data about leaks and water loss. Thus, the causes and magnitudes of the water leak factors will be determined and investigated.

Furthermore, this research will detail a cadaster of the registered water meters installed in the focus residential area to verify their proper functioning and time of use.

According to the results of the current water supply evaluation and the leak factors, the researcher will be able to determine if a restructuration plan is needed and, if so, a water supply redesign will be suggested.

At the end of this research, some conclusions and recommendations will be proposed to the Municipality of Rumiñahui, with the intention of reducing the water loss and leaks, getting most efficient collections and avoiding the waste of this important hydric resource.

PRESENTACIÓN

En el capítulo 1, se encuentra una breve introducción del proyecto, objetivos generales, específicos, alcance y la justificación para realizar la presente investigación.

En el capítulo 2, abarca una corta descripción del área del proyecto donde se incluye: el área, la población, tipos de vivienda, rutas de acceso, clima, ubicación geográfica, datos socios económicos, servicios existentes, topografía y planimetría de la urbanización.

En el capítulo 3, se incluye el marco teórico donde se explica las definiciones de caudales, demandas y consumos. Además se explica sobre: parámetros de diseño para una red de agua potable, software EPANET 2.0 y las generalidades de las fugas.

En el capítulo 4, contiene análisis sobre las pérdidas, errores en la medición, información comercial de las lecturas de los medidores, mediciones de caudales de conducción, distribución y la evaluación de: la red de distribución y el tanque de reserva. Además un catastro de los medidores instalados en la urbanización.

En el capítulo 5, se enfoca en el análisis de los resultados de campo: reportes del banco de pruebas portátiles a los medidores, comparación del volumen de agua ingresado al sector y el volumen facturado. Determinación del volumen no facturado y la pérdida que significa al GAD municipal del cantón Rumiñahui.

En el capítulo 6, comprende el rediseño la nueva red de distribución donde comprende: período de diseño, población actual y futura, densidades poblacionales, dotaciones, caudales de diseño, cálculo del volumen de reserva y las modelaciones en el programa EPANET 2.0.

En el capítulo 7, finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones de nuestro proyecto de titulación, con lo cual se buscará solucionar los problemas que presenta el sistema de agua potable de la urbanización La Colina.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas frecuentes en las empresas de agua potable son las pérdidas y fugas en las redes de distribución, en la actualidad el GAD Municipal del Cantón Rumiñahui ha detectado malas condiciones hidrosanitarias en la red de distribución de la Urbanización la Colina provocando pérdidas económicas en la recaudación y mal uso del recurso hídrico.

El estudio que se va a realizar está enfocado en la evaluación de la red de distribución y consumo de agua potable de la Urbanización la Colina con la finalidad de determinar las posibles pérdidas y fugas, además de cubrir la demanda actual y futura del servicio y mejorar la calidad de vida de este sector; esta urbanización posee todos los servicios básicos, colinda con la Avenida General Rumiñahui; se encuentra al noreste de la ciudad de Sangolquí, cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha.

El presente documento pretende dar una solución técnica a estos problemas, garantizando un abastecimiento y recaudación eficiente, además de proporcionar a las autoridades la evaluación y resultados de la red de distribución, determinando donde se producen las pérdidas y fugas.

1.1 ANTECEDENTES

El Tanque La Colina se encuentra a una altura 2535 msnm, es de formar circular cuyo diámetro es 13 m y una altura de desborde 2.9 m, pertenece al sistema Cashapamba cuya línea de conducción capta un caudal de las aguas de la vertiente Molinuco. De este tanque se ramifican dos redes principales que abastecen a todo la urbanización, una para la parte alta y la otra para la parte baja.

Con respecto al sistema existente en la urbanización se realizará un diagnóstico, ya que no se dispone de los planos de diseño, lo cual servirá para tomar una decisión, sí mejorar o realizar un nuevo diseño.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el porcentaje de pérdidas y fugas en la red de distribución de la Urbanización La Colina y contribuir con una solución para que el GAD Municipal del Cantón Rumiñahui obtenga una recaudación eficiente.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I. Proporcionar a las Autoridades una herramienta de utilidad que permita tomar una decisión respecto a que política de gestión de fugas y pérdidas debe ser aplicada.
II. Investigar sobre el sistema de Agua Potable y de consumos registrados o facturados por el Municipio del Cantón Rumiñahui.
III. Cuantificar los caudales de la red principal que abastece a la urbanización mediante aforos volumétricos.
IV. Determinar el número de usuarios del servicio de Agua Potable mediante la utilización de censos poblacionales.
V. Modelar la red existente de distribución de agua potable con la ayuda del software EPANET.

1.3 ALCANCE

En la actualidad, la red de distribución de Agua Potable de La Urbanización La Colina ha presentado gran cantidad de pérdidas y fugas durante su vida útil, debido a factores que no se han podido determinar, de acuerdo a la información presentada por el GAD Municipal del Cantón Rumiñahui. Estas pérdidas y fugas pueden ser visibles y no visibles y pueden darse principalmente a la edad de las tuberías, a las tomas clandestinas, al deterioro de los medidores, a la mala lectura del medidor, etc.

Sin embargo al no solucionarse estos problemas se continuará con una alta tasa de pérdidas y fugas poniendo en riesgo la estabilidad del sistema y presentando inconvenientes en las generaciones futuras.

Con la presente investigación se pretende dar una solución, garantizando un eficiente abastecimiento de Agua Potable en la Urbanización La Colina y proporcionando a las autoridades la evaluación y resultados de la red de distribución, al determinar el origen de las pérdidas y fugas; de tal modo de aprovechar de forma eficaz el caudal, evitando los desperdicios y obteniendo una eficiente recaudación por parte del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui.

Para la realización de este proyecto es necesario desarrollar las siguientes actividades:

- Análisis de la topografía del lugar por medio de planos proporcionados por el GAD Municipal del Cantón Rumiñahui
- Análisis de caudales de la red de distribución de Agua Potable de la Urbanización La Colina.
- Descripción del aspecto socio-económico y cultural de la población.
- Análisis poblacional en base a encuestas y censos realizados en la urbanización.
- Tabular datos de recaudaciones de años anteriores registrados en el GAD Municipal.
- Medición de caudales in-situ mediante aforos volumétricos.

- Analizar el funcionamiento de los medidores de agua potable instalados en la urbanización.
- Evaluación y rediseño de la red de abastecimiento de agua potable.

La Evaluación de la red de distribución de Agua Potable para determinar pérdidas y fugas de la Urbanización La Colina, servirá para encontrar las causas y factores que intervienen en las pérdidas y fugas de agua, así como también para contribuir con una solución técnico-económica enfocada a los problemas que actualmente existen debido a las deficientes recaudaciones.

Una de las limitaciones que se tendrán en el presente proyecto es que para calcular los caudales de salida, llegada y de desborde del tanque de reserva no se utilizará un macromedidor para la medición de estos caudales con mayor precisión, es por esto que las variables para calcular el porcentaje de pérdidas y fugas en la red de distribución podrían variar si se utiliza un método más preciso de medición de caudales.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación permitirá identificar los problemas que se presentan en la red de distribución de la urbanización La Colina, pues está enfocada a regularizar las presiones de servicio en la red de distribución, y alcanzar condiciones de servicio que posibiliten la implementación de estrategias para la reducción y control de pérdidas y fugas en la zona de estudio.

Este estudio ayudará a determinar la población y dotación existente en la zona, además aportará con medidas para disminuir los coeficientes de pérdidas y fugas que después podrán ser aplicadas en otras urbanizaciones y Municipios, esto abrirá un gran campo de investigación para determinar causas y factores que intervienen en las pérdidas y fugas de agua, y así mejorar las condiciones hidrosanitarias en el sistema de distribución agua potable.

Con los resultados de la investigación se pretende sugerir una estrategia de gestión de pérdidas y fugas, la cual dará una pauta para la toma de medidas y decisiones

por parte del GAD Municipal que evitará el desperdicio de agua potable y pérdidas económicas por mala recaudación.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

La Urbanización la Colina se encuentra bajo la jurisdicción del cantón Rumiñahui, perteneciente a la provincia de Pichincha, está ubicada en una de las zonas de mayor plusvalía de la ciudad de Sangolquí, se sitúa a 15 km de la ciudad de Quito y a 1.5 km del centro de la ciudad de Sangolquí con las cuales se conecta mediante la autopista General Rumiñahui.

El área estimada de estudio es de 47 ha., con una población aproximada de 1800 habitantes, son de recursos económicos altos, la mayoría de las viviendas son de estructura de hormigón armado y mampostería de bloque.

El acceso principal se lo realiza por la Avenida General Rumiñahui, a la altura de la Escuela Politécnica del Ejercito (ESPE); las vías son de primer orden, todas asfaltadas.

La distribución de agua potable existente se la realiza por medio de conexiones domiciliarias; conformada por dos sectores, el sector residencial acoge la mayor parte de la urbanización y el sector comercial que colinda con la avenida General Rumiñahui.

2.1 CLIMA

El clima del Cantón Rumiñahui es templado, la temperatura promedio es de 16°C; en días soleados la temperatura puede llegar a 23°C y en las noches puede hasta los 8°C. La precipitación es de 1000mm^3/año. Esta zona está sujeta a dos estaciones; el verano se presenta entre los meses de Junio a Septiembre, este se caracteriza por una sequía prolongada y por vientos fuertes; el invierno se prolonga desde Octubre hasta Mayo, estos meses se caracterizan por precipitaciones continuas.

2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

Las coordenadas geográficas del área de estudios son:

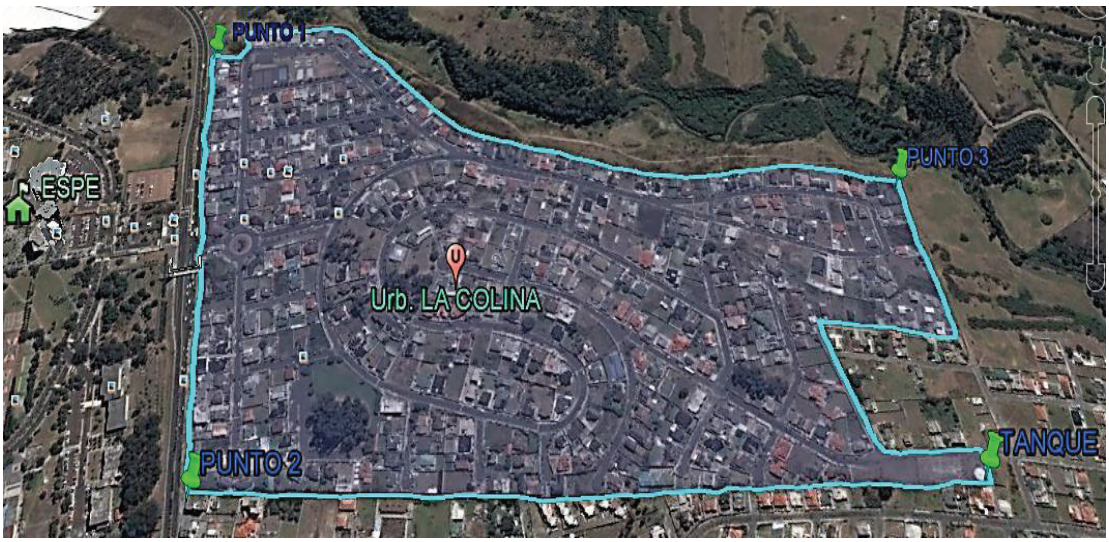
CUADRO 2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA URBANIZACIÓN LA COLINA

DESCRIPCIÓN	LATITUD	LONGITUD
Punto 1	9965485.51 m	784780.35 m
Punto 2	9964830.86 m	784883.53 m
Punto 3	9964977.25 m	785730.41 m
Tanque	9964582.34 m	785633.47 m

FUENTE: Google Earth

En cuanto a la altitud el punto más alto de la urbanización es donde está ubicado el tanque de reserva a 2535 msnm; y el punto más bajo es el “Punto 1” ubicado a 2487 msnm.

GRÁFICO 2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA URBANIZACIÓN LA COLINA



FUENTE: Google Earth

2.3 DESCRIPCIÓN DE ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS

2.3.1 ECONOMÍA Y EDUCACIÓN

De acuerdo a información del Censo de Población y Vivienda del 2010, el entorno socio-económico de los habitantes de la urbanización La Colina es de clase económica media alta, y sus principales ocupaciones son de tipo empresarial. En lo referente a educación, la mayoría de la población estudiantil que habita en la urbanización asiste a un centro de estudios.

2.3.2 SERVICIOS EXISTENTES

Según información del Censo de Población y Vivienda del 2010, la urbanización La Colina cuenta con vías pavimentadas, aceras y bordillos en todo su entorno; cuenta con servicios de alcantarillado y agua potable de forma permanente administrados por el GAD Municipal del Cantón Rumiñahui; la mayoría de viviendas son unifamiliares, además dispone de energía eléctrica y telefonía fija;

El servicio de energía eléctrica es administrado por la empresa eléctrica del cantón Rumiñahui, en este aspecto todos los domicilios cuentan con este servicio.

En lo referente a la telefonía fija los servicios son dados por CNT.

2.3.3 TRANSPORTE

La gran mayoría de los habitantes de la urbanización cuentan con su propio medio de transporte debido a que poseen automóviles de uso personales.

Por la autopista General Rumiñahui circulan diferentes cooperativas de transporte intercantonal entre las cuales están Vingala, Condorval, Marco Polo, etc. La tarifa mínima desde Quito hasta la urbanización La Colina es de 0,45 USD; desde la

urbanización hasta el centro de la ciudad de Sangolquí y sus alrededores la tarifa es de 0,25 USD.

2.4 DESCRIPCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA

Para el desarrollo del proyecto el GAD Municipal del Cantón Rumiñahui entregó la topografía del área del proyecto (ver anexo 1), esta información fue indispensable ya que permitieron tener una mejor visión en la fase y análisis de nuestro estudio; en base a esta información se estableció que el área del proyecto es de 47 hectáreas donde se incluye calles y áreas verdes.

De acuerdo al reconocimiento y a los planos entregados por el GAD Municipal del Cantón Rumiñahui se determinó que la topografía en la urbanización La Colina es regular; las pendientes están en el orden del 15% y no superan el 20%.

2.4.1 PLANIMETRÍA DE LA ZONA

La urbanización La Colina se encuentra lotizada y tiene vías por donde está implantada la malla de distribución de agua potable. (Ver anexo 2)

2.4.2 ALTIMETRÍA DE LA ZONA

Para el estudio fue necesario tomar en cuenta la altimetría de la zona ya que de esto dependerán las pendientes a ser tomadas en el proceso de evaluación.

En cuanto a la altimetría es de forma regular, presenta pendientes moderadas debido a que el punto más alto de la urbanización es 2535 msnm (tanque de reserva) y el punto más bajo es 2487 msnm. (Ver anexo 1)

CAPÍTULO 3

MARCO DE REFERENCIA

3.1 MARCO TEÓRICO

3.1.1 FLUJOS Y CONSUMOS

3.1.1.1 Flujo o Caudal

Se denomina flujo o caudal a la cantidad de agua que pasa a través de la sección de una tubería por unidad de tiempo. Se lo puede expresar en (l/s., m^3/s., etc.).

Existen algunos métodos para determinar el caudal. Mencionaremos el método volumétrico debido a que este método se utilizará para la medición de los caudales.

METODO VOLUMÉTRICO

Este método se basa en determinar el tiempo que tarda en llenarse un recipiente con una medida establecida, su fórmula es la siguiente:

$$Q = \frac{V}{t} \qquad (3.1)$$

Donde:

Q = Caudal

V = volumen del recipiente

t = tiempo

3.1.1.2 Consumo o Demanda[1]

Consumo o demanda es la cantidad de agua gastada, durante un tiempo determinado, en una localidad, en un sector de ella o en una de sus casas. Implica por consiguiente tres elementos: uno referente al sujeto que gasta el agua; otro que indica el volumen involucrado y el tercero que expresa el tiempo durante el cual se produce el gasto.

Se consideran como sujetos de consumo a:

- Toda la ciudad
- Un sector de ella
- Un conjunto de casas y se llama entonces demanda domiciliar
- Una casa determinada

Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias. Estas variaciones pueden expresarse en función del Consumo medio. Asimismo, durante una semana cualquiera observamos que en forma cíclica, ocurren días de máximo consumo y días de mínimo consumo. También resultará cierto que los consumos de agua presentarán variaciones hora a hora, mostrándose horas de máximo y horas de mínimo consumo[2].

Este consumo medio diario (Qm) puede ser obtenido:

- Como la sumatoria de las dotaciones asignadas a cada parcela en atención a su zonificación, de acuerdo al plano regulador de la ciudad.
- Como el resultado de una estimación de consumo per cápita para la población futura del período de diseño.
- Como el promedio de los consumos diarios registrados en una localidad durante un año de mediciones consecutivas.

Ello nos permite definir el Consumo Medio Diario como el promedio de los consumos diarios durante un año de registros, expresándolo en l/s. Asimismo,

---

[1] CEPIS, Manual sobre control de fugas y mediciones en redes de distribución de agua potable, Dtiapa, Lima-Perú, 1980

[2] Arrocha Revelo Simón, Abastecimientos de Agua, Segunda Edición, 1985

definimos Consumo Máximo Diario, como el día de máximo consumo de una serie de registros durante 365 días de un año; y se define también el Consumo Máximo Horario, como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo.

3.1.2 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

El diseño de la red de distribución de agua potable se lo realizará cumpliendo con las normas del Código Ecuatoriano de la Construcción y las bases de diseño del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui.

Los propósitos que se deben cumplir en el diseño de la red de distribución de agua potable son:[3]

- La función primaria de un sistema de distribución es proveer agua potable a los usuarios entre los que debe incluirse, además de viviendas, los servicios públicos, los comerciales y los de la pequeña industria; si las condiciones económicas del servicio, en general, y del suministro, en particular, son favorables, podrá atenderse, también, a la industria.
- El agua debe ser provista en la cantidad determinada y a una presión satisfactoria.
- La función secundaria del sistema de distribución es proveer agua, en cantidad y presión adecuadas, para extinguir incendios. Esta función podrá ser eliminada cuando se diseñe un sistema separado de abastecimiento para esta finalidad.

En cuanto al caudal de diseño y presiones establece:[4]

---

[3] Código Ecuatoriano de la Construcción. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposiciones de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Quito-Ecuador, 1992

[4] Código Ecuatoriano de la Construcción. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposiciones de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Quito-Ecuador, 1992

- Los caudales de diseño para redes de distribución serán: el máximo diario al final del período de diseño más incendio y se comprobará las presiones de la red de distribución para el caudal máximo horario al final de dicho período.
- En lo que a presión se refiere, se establece un mínimo de 10 m de columna de agua en los puntos y condiciones más desfavorables de la red. Para el caso de proyectos en los que el abastecimiento se realiza a través de grifos públicos, esta presión podrá ser reducida a 5 m.
- La presión estática máxima, no deberá, en lo posible, ser mayor a 70 m de columna de agua y presión máxima dinámica, 50m. Para lograr esto, la red podrá ser dividida en varias subredes interconectadas mediante estructuras o equipos reductores de presión convenientemente localizados.

De acuerdo a la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui para el diseño de la red de distribución de agua potable en lo referente a caudales y presiones se ajustará al Código Ecuatoriano de la Construcción en el capítulo Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposiciones de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

3.1.3 PARÁMETROS DE DISEÑO

3.1.3.1 Período de Diseño

Es el período de tiempo durante el cual se estima que una obra o estructura va a funcionar satisfactoriamente. El período de diseño depende de diferentes factores entre los más importantes citaremos:

- La vida útil de los equipamientos o de las estructuras del sistema.
- Tipo de material de la red de distribución.
- El crecimiento de la población futura, dependiendo de las necesidades comerciales e industriales.

El criterio a considerarse para la vida útil de los elementos de un sistema de agua potable, se sugiere en la siguiente tabla:

CUADRO 3.1 VIDA ÚTIL SUGERIDA PARA LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE

COMPONENTE	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principal y secundarias de la red :	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo a especificaciones del fabricante

FUENTE: Código Ecuatoriano de la Construcción. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposiciones de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

Con el fin de conocer la normativa a nivel latinoamericano se hará una comparación con el período de diseño sugerido en el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS2000) de Colombia.

CUADRO 3.2 PERÍODO DE DISEÑO SEGUN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA PARA REDES MATRICES

NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	PERÍODO DE DISEÑO
Medio	20 años
Medio Alto	25 años
Alto	30 años

FUENTE: Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS2000) de Colombia

El nivel de complejidad del sistema se lo define en base a la población de diseño y la capacidad económica de los usuarios como se establece en el ART 11.- Niveles de Complejidad del sistema del Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS2000) de Colombia.

CUADRO 3.3 NIVELES DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA

NIVEL DE COMPLEJIDAD	POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (hab)	CAPACIDAD ECONÓMICA DE LOS USUARIOS
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

FUENTE: Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS2000) de Colombia

3.1.3.2 Población de Diseño

La población de diseño es un factor importante en el estudio y diseño de una red de distribución de agua potable, por lo que para estimar esta población se debe considerar aspectos socioeconómicos, demográficos, y regulaciones municipales del área en la cual se va a realizar el proyecto.

3.1.3.2.1 Índice de Crecimiento Poblacional

Es el aumento de la población de un país o un sector durante un período determinado, generalmente de un año, expresado como porcentaje.

3.1.3.2.2 Población Actual

La población actual es la que habita en la zona al momento de la elaboración de los estudios de diseño.

3.1.3.2.3 Población Futura

Para estimar las demandas dentro de la zona de estudio, es necesario determinar la población futura; para esto se definió los métodos poblacionales más apropiados que se ajustan al crecimiento poblacional del área de estudio, esta población se calculará utilizando los siguientes métodos:

De acuerdo a recomendaciones de la Dirección de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui se estableció utilizar dos métodos para el cálculo poblacional.

Método Geométrico

En este método supone que la población crece a una tasa constante, se expresa de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Pf = Pa\,(1 + r)^n \qquad (3.2)$$

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Tasa de crecimiento

n = Período entre el último censo y el último año del período de diseño

Método Exponencial

Se expresa de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Pf = Pa * e^{r*t} \qquad (3.3)$$

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Tasa de crecimiento

t = Período entre el último censo y el último año del período de diseño

3.1.3.3 Área de Diseño

Para determinar el área de diseño es necesario delimitar para cada nodo un área a la cual el sistema va a abastecer, esto de acuerdo a la topografía del terreno.

3.1.3.4 Densidad Poblacional

Se define como el número de habitantes por unidad de área. La densidad poblacional actual o futura se la determina aplicando la siguiente fórmula:

$$Dp = \frac{P}{A} \qquad (3.4)$$

Dp = Densidad Poblacional

P = Población

A = Área

3.1.3.5 Dotación

La dotación es el volumen de agua que consume diariamente en promedio cada habitante, incluyendo los consumos doméstico, industrial, comercial y público.

La dotación a adoptarse deberá ser capaz de satisfacer las necesidades de la población y se la expresará en litros/habitante-día.

Las dotaciones recomendadas en el Código Ecuatoriano de la Construcción en el son las siguientes:

CUADRO 3.4 DOTACIONES RECOMENDADAS

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

FUENTE: Código Ecuatoriano de la Construcción. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposiciones de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

Según el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) de Colombia, el período de diseño sugerido es el siguiente:

CUADRO 3.5 DOTACIÓN NETA SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA

NIVEL DE COMPLEJIDAD	DOTACIÓN NETA MÍNIMA (l/hab-día)	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (l/hab-día)
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio Alto	130	-
Alto	150	-

FUENTE: Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000) de Colombia

De acuerdo a las bases de diseño de la Dirección de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización (DAPAC) del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui la dotación de agua potable recomendada es de 250 l/hab.día (ver anexo 13).

3.1.3.6 Caudales de Diseño

En el estudio y diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable se deben tomar en cuenta los caudales que constan en la siguiente tabla:

CUADRO 3.6 CAUDALES DE DISEÑO PARA LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE

ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20%
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10%
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de Tratamiento	Máximo diario + 10%

FUENTE: Código Ecuatoriano de la Construcción. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposiciones de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

3.1.3.6.1 Caudal Medio Diario

Es el promedio de los caudales diarios consumidos por una población, dentro de una serie de registros medidos durante un año, se lo puede expresar en (l/s, m^3/s, etc.).

Este caudal será calculado mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{med} = \frac{P\ x\ D}{86400} \qquad (3.5)$$

Q_{med} = Caudal medio (l/s)

P = Población futura (hab)

D = Dotación (l/hab.día)

3.1.3.6.2 Caudal Máximo Diario[5]

El caudal máximo diario, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{máx\ diario} = k_{máx\ diario}\ x\ Q_{med} \qquad (3.6)$$

$Q_{máx\ diario}$ = Caudal máximo diario (l/s)

Q_{med} = Caudal medio diario (l/s)

$k_{máx\ diario}$ = coeficiente de variación del consumo máximo diario.

3.1.3.6.3 Caudal Máximo Horario[6]

El caudal máximo horario, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, según la siguiente ecuación:

$$Q_{máx\ horario} = k_{máx\ horario}\ x\ Q_{med} \qquad (3.7)$$

$Q_{máx\ horario}$ = Caudal máximo horario (l/s)

Q_{med}= Caudal medio diario (l/s)

$k_{máx\ horario}$ = coeficiente de variación del consumo máximo horario.

De acuerdo al Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) de Colombia el caudal máximo horario se calcula mediante la siguiente ecuación:

---

[5] Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, Bogotá – Colombia

[6] Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, Bogotá – Colombia

$$Q_{máx\ horario} = k_{máx\ horario}\ x\ Q_{máx\ diario} \qquad (3.8)$$

3.1.3.7 Volúmenes de Almacenamiento[7]

3.1.3.7.1 Volumen de Regulación

En caso de haber datos sobre las variaciones horarias del consumo se deberá determinar el volumen necesario para la regulación a base del respectivo análisis. En caso contrario, se pueden usar los siguientes valores:

a) Para poblaciones menores a 5 000 habitantes, se tomará para el volumen de regulación el 30% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño.

3.1.3.7.2 Volumen de protección contra incendios

Se utilizarán los siguientes valores:

a) Para poblaciones de hasta 3 000 habitantes futuros en la costa y 5 000 en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios.

3.1.3.7.3 Volumen de emergencia

Para poblaciones mayores de 5000 habitantes, se tomará el 25% del volumen de regulación como volumen para cubrir situaciones de emergencia. Para comunidades con menos de 5 000 habitantes no se calculará ningún volumen para emergencias.

---

[7] Código Ecuatoriano de la Construcción. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposiciones de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Quito-Ecuador, 1992

3.1.3.7.4 Volumen de planta de tratamiento

El volumen de agua para atender las necesidades propias de la planta de tratamiento debe calcularse considerando el número de filtros que se lavan simultáneamente. Así mismo, se debe determinar, los volúmenes necesarios para contacto del cloro con el agua, considerando los tiempos necesarios para estas operaciones y para consumo interno en la planta.

3.1.3.7.5 Volumen total

El volumen total de almacenamiento se obtendrá al sumar los volúmenes de regulación, emergencia, el volumen para incendios y el volumen de la planta de tratamiento.

3.1.4 EPANET 2,0[8]

EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones entre tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento.

EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de los distintos componentes químicos presentes en el agua, a lo largo del período de simulación discretizado en múltiples intervalos de tiempo. Además de la concentración de los distintos componentes químicos, puede también simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro.

---

[8] U.S. Environmental Protection Agency, Manual del Usuario EPANET 2.0, Cincinnati-USA.

Dos de los requisitos fundamentales para poder construir con garantías un modelo de la calidad del agua son la potencia de cálculo y la precisión del modelo hidráulico utilizado. EPANET contiene un simulador hidráulico muy avanzado que ofrece las siguientes características:

- No existe límite en el tamaño de la red que se desea analizar
- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, o Chezy-Manning
- Contempla pérdidas menores en codos, accesorios, etc.
- Admite bombas de velocidad fija o variable.
- Calcula la energía consumida y el coste de bombeo de las estaciones
- Determina el consumo energético y sus costes.
- Permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, válvulas de retención, y reguladoras de presión o caudal.
- Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo.
- Permite modelar tomas de agua cuyo caudal dependa de la presión.

Además del modelo hidráulico, EPANET también tiene las siguientes capacidades en la modelización de la calidad del agua:

- Realiza el seguimiento a lo largo del tiempo de materiales no reactivos que se encuentren en la red
- Modeliza el comportamiento de un material reactivo tanto si aumenta su concentración como si se disipa a lo largo del tiempo
- Simula el tiempo de permanencia (o envejecimiento) del agua mientras fluye por la red.
- Permite seguir la evolución en el tiempo de la fracción del caudal que llega a cada nudo de la red procedente de un nudo determinado.
- Simula reacciones que tienen lugar tanto en la composición del agua como en las paredes de la tubería.
- Utiliza ecuaciones cinéticas polinómicas para modelizar las reacciones en la composición del agua
- Utiliza coeficientes y ecuaciones lineales para modelizar las reacciones en la pared de la tubería

- Tiene en cuenta las limitaciones de la conservación de la masa en la modelización de las reacciones de la pared de tubería
- Permite el crecimiento o descenso de la reacción hasta una concentración límite
- Emplea coeficientes generales en las reacciones que pueden ser modificados tubería por tubería
- Permite que los coeficientes de las reacciones de pared sean correlativos con la rugosidad de la tubería
- Permite a lo largo del tiempo entradas de concentración o masa en cualquier punto de la instalación
- Modeliza los depósitos de tres formas: de mezcla completa, de caudal desplazable (plug flow), o con dos compartimentos de mezcla.

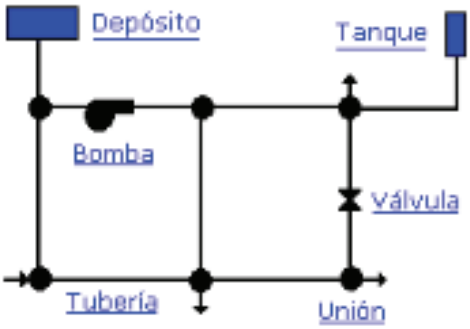
Mediante estas características, EPANET permite estudiar fenómenos relacionados con la calidad del agua, tales como:

- La mezcla de agua procedente de diferentes fuentes
- El envejecimiento del agua mientras fluye por la red.
- La pérdida del cloro residual
- El crecimiento de los subproductos derivados de la cloración.
- El seguimiento del avance de un contaminante, tras su intromisión en la red.

ELEMENTOS DEL SISTEMA

EPANET modeliza un sistema de distribución de agua cómo una serie de líneas conectadas a nudos. Las líneas representan tuberías, bombas y válvulas de control. Los nudos representan conexiones, tanques y depósitos. La figura de abajo nos muestra cómo estos objetos pueden ser conectados para representar una red.

GRÁFICO 3.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA EPANET



FUENTE: EPANET 2.0

ANÁLISIS HIDRÁULICO

El modelo de simulación hidráulica de EPANET calcula las alturas piezométricas en los nudos y los caudales en las líneas, dados los niveles iniciales en los embalses y depósitos, y la sucesión en el tiempo de las demandas aplicadas en los nudos. De un instante al siguiente se actualizan los niveles en los depósitos conforme a los caudales calculados que entran o salen de los mismos, y las demandas en los nudos y niveles en los embalses conforme a sus curvas de modulación. Para obtener las alturas y caudales en un determinado instante se resuelven simultáneamente las ecuaciones de conservación del caudal en los nudos y las ecuaciones de pérdidas en todos los tramos de la red. Este proceso, conocido como equilibrio hidráulico, requiere el uso de métodos interactivos para resolver las ecuaciones de tipo no lineal involucradas. EPANET emplea a tal fin el "Algoritmo de Gradiente" (ver anexo 21).

El intervalo de cálculo hidráulico utilizado para llevar a cabo la simulación en período extendido (equivale a una sucesión de estados permanentes, en la que los niveles de los depósitos son actualizados tras cada etapa) puede ser fijado por el usuario. Sin embargo, en ocasiones el intervalo utilizado por EPANET internamente puede ser más corto, por alguna de las siguientes razones:

- Cuando ocurre el siguiente período de obtención de resultados
- Cuando ocurre el siguiente período del patrón de tiempo
- Cuando se produce el llenado o vaciado de un tanque

- Cuando se activa un control simple o un control programado

3.2 GENERALIDADES SOBRE LAS FUGAS

3.2.1 ORIGEN DE LAS FUGAS

Las fugas son caudales de agua no controlados que se pueden producir en cualquier punto de un sistema de agua potable, pueden ocurrir en tanques de almacenamiento, conducciones y redes, acometidas domiciliarias y dentro de los domicilios.

FUGAS EN LOS TANQUES

Estas fugas pueden darse debido a fisuras o reboses. Las fugas por fisuras pueden ser visibles o no. Cerrando la salida y la entrada y verificando que estas válvulas cierren herméticamente, se mide la altura que desciende el agua, esta altura multiplicada por el tiempo dará el volumen perdido.

Las fugas por rebose cuando se producen, son de gran magnitud por lo que se deberá planificar la inspección y el mantenimiento de las válvulas de control del nivel en el tanque, sean flotadores o válvulas de altitud.

FUGAS EN LAS CONDUCCIONES Y TUBERÍAS PRINCIPALES

Estas fugas se presentan con mayor frecuencia en las uniones y en el cuerpo del tubo. Las fugas en las conducciones se producen en las uniones flexibles, como la gibault o dresser.

Las fugas en las tuberías principales se presentan debido a la corrosión, esfuerzos concentrados y sobrepresiones produciendo rajaduras o perforación de la tubería.

FUGAS EN LAS ACOMETIDAS O TUBERÍAS DE SERVICIO

Estas fugas se presentan también en las uniones y en el cuerpo del tubo. Los daños en las acometidas son de menor trascendencia que los daños en las conducciones y en las redes, pero se presentan con una frecuencia mucho mayor.

FUGAS DENTRO DE LOS DOMICILIOS

Estas fugas se presentan generalmente por mal funcionamiento de los flotadores, por desgaste de los empaques en grifos o válvulas de servicio y por tuberías rotas expuestas o empotradas en la construcción.

3.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS FUGAS[9]

Existen varias formas de clasificar de las fugas sin utilizar su magnitud expresada en unidad de flujo. De esta forma, para propósitos prácticos, clasificaremos los volúmenes de las fugas en tres categorías:

Categoría 1: se incluyen dentro de esta categoría los volúmenes de fugas muy pequeños, aquellos que se presentan en las juntas y uniones de tuberías o piezas especiales y que son prácticamente sudor o goteo. Estas no son detectables con las técnicas normales. Sólo se perciben cuando son visibles.

Categoría 2: En esta categoría están las fugas pequeñas, superiores a la categoría 1, que en conjunto contribuyen en alto porcentaje a las pérdidas totales de un sector. No son aparentes, excepto cuando se efectúa una inspección detallada y algunas veces el uso de técnicas más sofisticadas como: medición, sectores de abastecimiento y sondeos con equipos acústicos y/o electrónicos.

Categoría 3: Esta categoría encierra las grandes fugas que, normalmente, son percibidas. En el caso de la red distribuidora el agua aflora a la superficie. Ocurre

[9] CEPIS, Control de las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento de agua potable, Dtipa, Lima-Perú, 1981

normalmente debido a la rotura de la tubería y provoca baja presión, ruido en los edificios y falta de agua.

Las fugas de la categoría 3 generalmente son detectadas y reparadas independientemente en los programas especiales de detección de fugas.

En la categoría 2 existen fugas que pueden ser detectadas por programas especiales y reparadas económicamente. No obstante, existen también fugas pequeñas que no sería económico repararlas. Lo mismo ocurre con las fugas de la categoría 1.

3.2.3 CAUSAS Y FACTORES COMUNES DE LAS FUGAS[10]

Dentro de los factores que afectan el desperdicio por fugas, anotamos los siguientes:

ALTA PRESIÓN

Normalmente, la presión máxima permisible en sistemas de distribución es de 70 mca. Aun cuando esta presión es relativamente alta, aquellas en exceso sobre este valor aumentarán el consumo, el desperdicio y dañarán los accesorios intradomiciliarios.

La presión en un sistema de distribución tiene tres efectos que deben considerarse:

- Una fuga existente aumentará su magnitud con la presión.
- La incidencia de la fuga aumenta con la presión.
- El consumo aumenta con la presión.

[10] CEPIS, Manual sobre control de fugas y mediciones en redes de distribución de agua potable, Dtiapa, Lima-Perú, 1980

CORROSIÓN EXTERNA

Los problemas asociados con tuberías ferrosas, principales y de servicio, son bien conocidos y el debilitamiento causado por la corrosión las hace más susceptibles a fallas.

CORROSIÓN INTERNA

El acarreo de aguas corrosivas o agresivas puede causar en ocasiones ataque a las tuberías metálicas, causando debilitamiento y fugas.

EFECTOS DEL TRÁFICO

Las tuberías antiguas ubicadas bajo superficies no diseñadas para aceptar las cargas impuestas por el tráfico moderno son muy susceptibles a fracturarse, especialmente aquellas con uniones rígidas. Las tuberías de instalación reciente pueden sufrir daños similares si la profundidad y compactación del terreno sobre las mismas no son adecuadas.

MOVIMIENTOS DEL SUELO

Esta es una causa bien conocida de fugas, especialmente en suelos arcillosos que se expanden y contraen de acuerdo con el contenido de humedad. Los temblores afectan las tuberías produciendo fugas, en mayor o menor grado dependiendo de su intensidad.

MALA CALIDAD DE MATERIALES Y ACCESORIOS

La mala calidad de los materiales y accesorios redunda en una vida útil corta, reparaciones defectuosas y frecuentes que implican a su vez desperdicios de agua.

MALA CALIDAD DE MANO DE OBRA

Mala calidad de mano de obra implica trabajos defectuosos y de mayor duración en la ejecución. Por lo tanto es indispensable el adiestrar al personal en las técnicas de fontanería más adecuadas y al mismo deberá dotársele del equipo y herramientas necesarias.

DEFECTOS DENTRO DE LOS DOMICILIOS

Un alto porcentaje de las fugas dentro de los domicilios se debe a malos empaques en las válvulas y a flotadores defectuosos. En algunos casos es rentable para el acueducto proceder por su cuenta a realizar estas reparaciones, siempre y cuando se motive al usuario de que debe continuar manteniendo sus instalaciones en buen estado.

EDAD DE LAS TUBERIAS

En general, la corrosión externa e interna se incrementa con el tiempo y por consiguiente conforme más deterioradas son las tuberías, mayor incidencia de fugas se presentan.

GOLPE DE ARIETE

Los resultados de este efecto son las fallas debidas a altas presiones que producen fracturas en las tuberías principales y de servicio y desplazamientos de los bloques de anclaje. Debe adiestrarse al personal a abrir y cerrar las válvulas con tiempo suficiente para impedir la formación de ondas de sobrepresión.[11]

El golpe de ariete es un fenómeno transitorio y por tanto de régimen variable, en que la tubería ya no es rígida y el líquido es compresible. Este fenómeno se produce

---

[11] CEPIS, Manual sobre control de fugas y mediciones en redes de distribución de agua potable, Dtiapa, Lima-Perú, 1980

en los conductos al cerrar o abrir una válvula y al poner en marcha o parar una maquina hidráulica, o también al disminuir bruscamente el caudal.[12]

3.2.4 MÉTODOS EMPLEADOS EN EL CONTROL DE FUGAS

Los métodos empleados en el control de fugas que pueden ser utilizados en un sistema de abastecimiento de agua pueden ser:

a) Control no organizado de fugas
b) Sondeo
c) Medición en sectores
d) Trazadores

a. Control no organizado de fugas[13]

En este caso se reparan las fugas visibles, o sea, las que afloran a la superficie. Este método es recomendado solamente donde existe agua abundante y donde las características del suelo permiten que las fugas subterráneas sean rápidamente notorias.

b. Sondeo[14]

Se define el sondeo como la "metodología de campo que consiste en pasar una varilla de sondeo, hidrófono, geófono o detector electrónico sobre los accesorios expuestos y sobre las tuberías para localizar las fugas".

El ruido que produce el agua al escapar es el resultado de alguno de los siguientes factores:

- Turbulencia que produce vibraciones mecánicas en el tubo.

---

[12] Mataix Claudio. (1982), "Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas", 2da edición. Ediciones del Castillo. Madrid-España.

[13] CEPIS, Control de las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento de agua potable, Dtipa, Lima-Perú, 1981

[14] CEPIS, Prevención de fugas y métodos empleados en la localización de las mismas, Dtipa, Lima- Perú, 1980

- Turbulencia que produce el chorro de agua de la fuga, en la cavidad, con burbujas de aire explotando por cavitación.
- Choques del agua contra las paredes de la cavidad, piedras del subsuelo, etc.

Hasta donde sea posible, para localizar fugas es preferible el sondeo directo sobre las tuberías y sobre los accesorios. Esto produce mejores resultados que aquéllos obtenidos por sondeo indirecto, o sea, sondeo llevado a cabo sobre la superficie del terreno.

c. Medición en sectores[15]

Consiste en subdividir las zonas de abastecimiento en sectores menores o "sectores de fugas", de tal forma que a cada uno de ellos le entre el agua por un solo punto en donde se coloca un medidor o un pitómetro. Cerrando escalonadamente las válvulas desde el punto más alejado hacia el medidor, de tal forma que al cerrar algunas claves queden sectores sin agua, se determina que tramos de estos sectores tienen mayor incidencia de fugas y en ellos se efectúa el sondeo.

d. Trazadores[16]

Los métodos de trazadores consisten en introducir a la tubería una sustancia denominada trazador que sea fácilmente detectable en pequeñas cantidades.

Un trazador para ser usado en sistemas de agua potable debe ser soluble en el agua pero que, a la vez, no reaccione con la misma. Asimismo, debe ser químicamente inerte, sin olor y sabor y no tóxico. Se han utilizado como trazadores el óxido vitroso y el cloro.

---

[15] CEPIS, Prevención de fugas y métodos empleados en la localización de las mismas, Dtipa, Lima- Perú, 1980

[16] CEPIS, Prevención de fugas y métodos empleados en la localización de las mismas, Dtipa, Lima- Perú, 1980

3.2.5 ÍNDICES DE MEDICIÓN DE FUGAS Y NIVELES ACEPTABLES

ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA[17]

El Agua No Contabilizada resulta de la diferencia entre el volumen de agua que produce un sistema y el volumen que se entrega y factura a los usuarios del mismo. Se calcula mediante un indicador, que representa la relación entre el volumen total que se suministra a la red y el volumen de agua que se factura a los usuarios en determinado período.

$$IANC\ (\%)\ =\ \frac{Vp-Vf}{Vp} \qquad (3.9)$$

Donde:

INAC = Índice de Agua No Contabilizada

Vp = Volumen de agua producido (m^3)

Vf = Volumen de agua facturado (m^3)

En las empresas de agua, el nivel de Agua No Contabilizada (ANC) es considerado como un indicador clave, por lo tanto cualquier esfuerzo de modernización debe redundar en una reducción de dicho índice.

Los sistemas con niveles de Agua No Contabilizada del 10% se consideran eficientes y estos se presentan en los sistemas de países desarrollados. Sistemas con porcentajes entre 10% y 20% se siguen considerando eficientes. Se considera que el límite superior aceptable es de 25%(valor indicado por el Banco Mundial), índices superiores a este valor implican deficiencias en la gestión operativa y comercial de una empresa.

[17] Vindas Villalobos Juan C. (2005). “Modelo para la cuantificación y desagregación de las pérdidas en sistemas de agua potable como herramienta para el establecimiento de un programa eficiente de reducción de pérdidas

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA O PROCEDIMIENTO

4.1 ANÁLISIS SOBRE LAS PÉRDIDAS DE AGUA

4.1.1 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE AGUA

4.1.1.1 Tanque de Reserva La Colina

Pertenece al sistema Cashapamba y está ubicado a una altura 2535 msnm, es de forma circular cuyo diámetro es 13 m y una altura de desborde 2.9 m, es abastecido desde el tanque Dolores Vega con una tubería de Asbesto Cemento de 110 mm y las tuberías de salida a la urbanización son de 160 y 110 del mismo material. Las tuberías de desagüe y desborde son de HF (hierro fundido) de 160 mm que se encuentran funcionando y en buen estado.

Su estructura es de hormigón armado la misma que no se encuentra en buen estado ya que ha sido reparado debido a fisuras en el fondo del tanque, su capacidad de almacenamiento es de 384,9 m^3.

El tanque no cuenta con ningún dispositivo de cierre inmediato (válvula de cierre, válvulas de altitud, flotador, etc.) para evitar que el agua rebose hacia el desagüe en caso de que el nivel de agua supera la altura de desborde.

GRÁFICO 4.1 TANQUE DE RESERVA URBANIZACIÓN LA COLINA

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

GRÁFICO 4.2 CUARTO DE VÁLVULAS TANQUE DE RESERVA

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

4.1.2 ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA

4.1.2.1 Investigación de las redes de agua

El sistema de agua potable de la urbanización La Colina está conformado por dos redes principales que son abastecidas por el tanque de reserva, una para la parte alta y la otra para la parte baja. Las tuberías son de diámetros 63, 90, 110, 160 mm de asbesto cemento con una longitud total de 8 km.

CUADRO 4.1 DIÁMETRO DE TUBERÍA Y LONGITUD EXISTENTE DE ASBESTO CEMENTO

			LONGITUD TUBERÍA DE ASBESTO CEMENTO (m)			
CALLE	**NUDO**		**Φ 63 mm**	**Φ 90 mm**	**Φ 110 mm**	**Φ 160 mm**
GALAPAGOS	E-1	A-1			115,6	
GALAPAGOS	A-1	A-2			52,2	
GALAPAGOS	A-2	A-3			77,1	
AZUAY	A-3	A-4	62,9			
AZUAY	A-3	A-5	62,6			
AZUAY	A-5	A-6	126,4			
GALAPAGOS	A-3	A-7			78,2	
LOS RÍOS	A-7	A-8	97			
LOS RÍOS	A-7	A-9	36,6			
LOS RÍOS	A-9	A-10	57,1			
LOS RÍOS	A-10	A-11	70,4			
GALAPAGOS	A-7	A-12			162,2	
IMBABURA	A-12	A-13	203,7			
GALAPAGOS	A-12	A-14			140,3	
ATACAMES	A-14	A-15	55,7			
ATACAMES	A-14	A-16	74,4			
GALAPAGOS	E-1	B-1				166,6
GALAPAGOS	B-1	B-2			161,3	
LOS RÍOS	B-2	B-3			95,4	
GALAPAGOS	B-2	B-77			388,6	
LOJA	B-3	B-4			225,1	

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

CUADRO 4.1 CONTINUACIÓN.-

			LONGITUD TUBERÍA DE ASBESTO CEMENTO (m)			
CALLE	**NUDO**		**Φ 63 mm**	**Φ 90 mm**	**Φ 110 mm**	**Φ 160 mm**
BOLIVAR	B-4	B-5	81,9			
LOJA	B-4	B-6			203,7	
PASAJE EL CARMEN	B-6	B-77	83,4			
PASAJE EL CARMEN	B-6	B-19	82,6			
LOJA	B-6	B-7			198,5	
LOJA	B-7	B-8			161,6	
LOJA	B-8	B-9			155,4	
ZAMORA	B-9	B-10	56,7			
EL ORO	B-9	B-11			82,1	
CAÑAR	B-11	B-12	72,1			
LOJA	B-11	B-13			85,7	
CARCHI	B-13	B-14	102			
LOJA	B-13	B-15			42,2	
S/N	B-15	B-77			160,7	
LOJA	B-15	B-16			72,4	
LOJA	B-16	B-17			169,8	
LOJA	B-17	B-18			18,4	
LOJA	B-18	B-19			123,4	
LOJA	B-19	B-20			88,4	
GUAYAS	B-20	B-21			101,1	
GUAYAS	B-21	B-22			46,7	
MANABI	B-22	B-28			221,3	
GUAYAS	B-22	B-23			100,4	
ESMERALDAS	B-23	B-26			174,7	
GUAYAS	B-23	B-24			69,2	
GUAYAS	B-24	B-25			134,1	
GUAYAS	B-25	B-26			81,9	
GUAYAS	B-26	B-27			79,8	
GUAYAS	B-27	B-29			82,6	
S/N	B-29	B-30			156,1	
GUAYAS	B-29	B-31			67,6	

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

CUADRO 4.1 CONTINUACIÓN.-

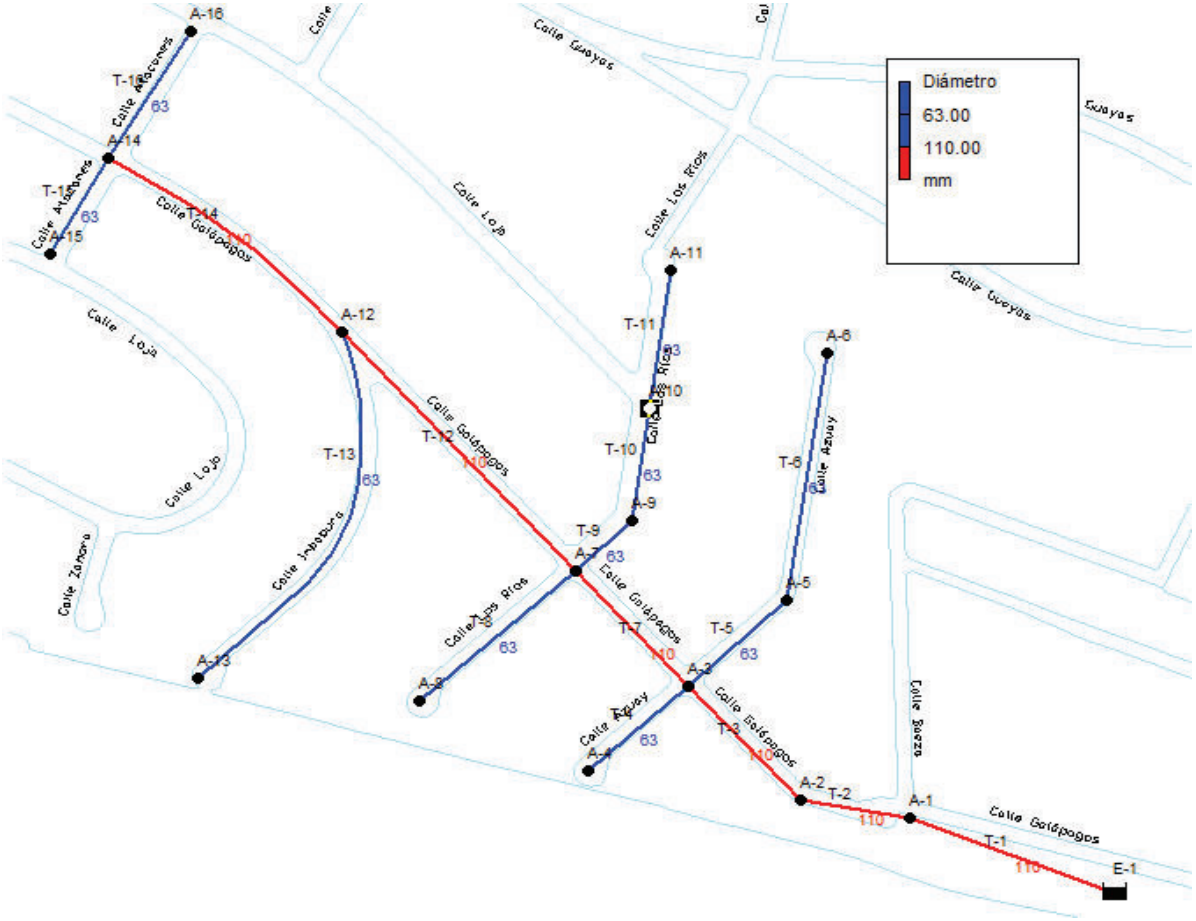
			LONGITUD TUBERÍA DE ASBESTO CEMENTO (m)			
CALLE	**NUDO**		**Φ 63 mm**	**Φ 90 mm**	**Φ 110 mm**	**Φ 160 mm**
UNIDAD NACIONAL	B-31	B-32			59,1	
UNIDAD NACIONAL	B-31	B-18			147,9	
UNIDAD NACIONAL	B-33	B-17		113,3		
UNIDAD NACIONAL	B-33	B-34			24,1	
GUAYAS	B-34	B-35			65,8	
MORONA	B-35	B-36	77,3			
GUAYAS	B-35	B-37			80,9	
NAPO	B-37	B-38			81,6	
NAPO	B-38	B-16			52,8	
GUAYAS	B-37	B-39			115,9	
PASTAZA	B-38	B-40			116,3	
PASTAZA	B-40	B-41			67,3	
LOS RÍOS	B-42	B-3			150,2	
LOS RÍOS	B-42	B-43			30,5	
GUAYAS	B-43	B-45			223,6	
GUAYAS	B-44	B-45			76,3	
GUAYAS	B-44	B-42			245	
GUAYAS	B-42	B-46			191	
GUAYAS	B-46	B-20			168,2	

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

La red de la parte alta es tubería de diámetro 110 mm y se ramifica con tubería de diámetro 63 mm, esta red abastece 8.9 ha de la urbanización. (Ver gráfico 4.2)

La red de la parte baja inicia con tubería de diámetro 160 mm, luego se reduce a 110 mm y se ramifica con tuberías de 63 mm y 90 mm, esta red abastece a 38.3 ha de la urbanización incluido el sector residencial y comercial. (Ver gráfico 4.3)

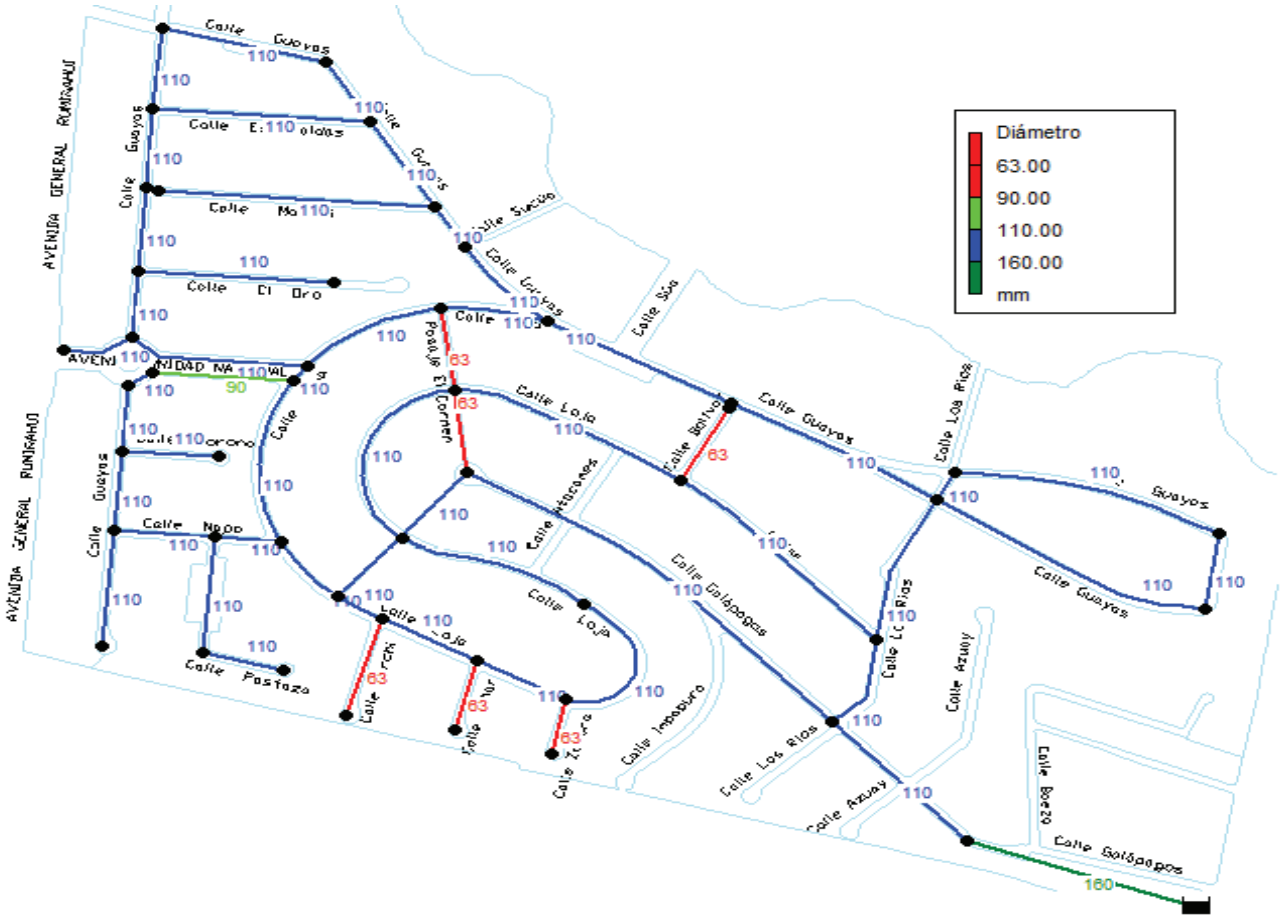
GRÁFICO 4.3 RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE PARTE ALTA



REALIZADO EN: EPANET 2.0

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

GRÁFICO 4.4 RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE PARTE BAJA



REALIZADO EN: EPANET 2.0

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

4.1.3 DETERMINAR LAS PÉRDIDAS FÍSICAS DE AGUA

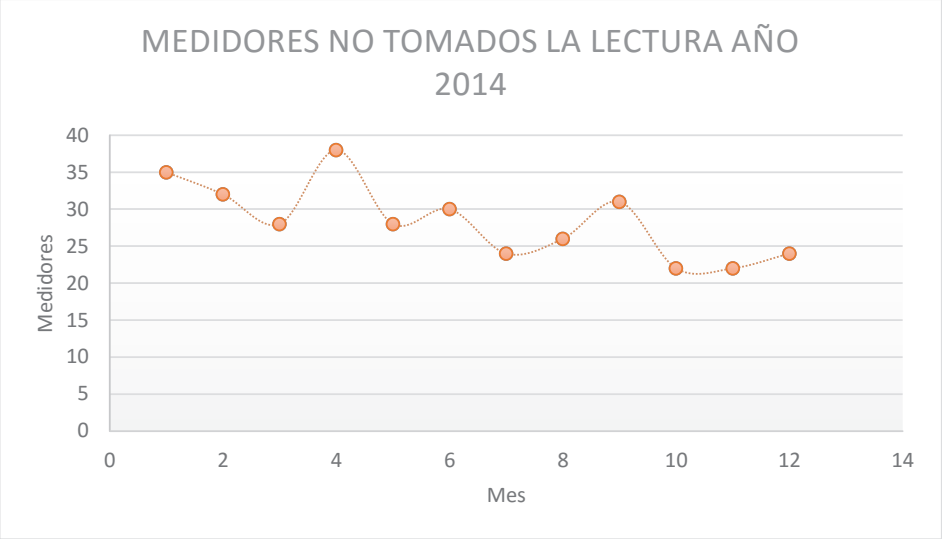
Las pérdidas físicas de agua es decir el agua no facturada es la diferencia entre el agua producida y el agua facturada. Son varios los componentes que intervienen en las pérdidas de agua entre los cuales están los errores de medición, pérdidas por mala facturación, y las pérdidas físicas o fugas de agua.

- **Errores de medición:** corresponde a la medición del volumen producido y el volumen facturado, tiene que ver con la exactitud de la medición y la forma de determinar los caudales producidos y consumidos, además la incorrecta forma de instalación del medidor.
- **Pérdidas por mala facturación:** debido a errores de lectura y de facturación, algunos consumos no se facturan según la lectura real dada por el medidor. En esta pérdida comercial también se incluyen las tarifas fijas y usuarios clandestinos.
- **Pérdidas físicas o fugas de agua:** corresponden a las pérdidas debido a reboses de tanques y al volumen de agua que se pierde por fugas en la red de distribución.

4.1.4 ANÁLISIS DE LOS ERRORES DE MEDICIÓN

De acuerdo a la información de las lecturas de los 478 medidores instalados, a un porcentaje no se le puede tomar la lectura (ver gráfico 4.5) debido a diferentes factores entre los que podemos mencionar: medidor dañado, sin medidor, medidor marca al revés (el medidor esta dado la vuelta), predio no localizado, lectura dictada, medidor con lectura igual, reubicación del medidor, casa cerrada, filtración en medidor (fugas).

GRÁFICO 4.5 MEDIDORES NO TOMADOS LA LECTURA AÑO 2014



ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

En promedio cada mes no se puede tomar la lectura de 28 medidores lo que representa el 5.9% de toda la urbanización, además se debe anotar que en todo el año hubo 40 lecturas mal tomadas debido a errores de las personas que anotan las mismas.

4.1.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN COMERCIAL DE LECTURA DE MEDIDORES

4.1.5.1 Tipos de tarifa y número de propietarios

De acuerdo a la información del área de comercialización de la Dirección de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización (DAPAC) del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui referente al número de propietarios, de medidores y tipo de tarifa para el año 2014, se obtuvo que en la urbanización hay 478 usuarios como se muestra en la siguiente tabla:

CUADRO 4.2 NÚMERO DE PROPIETARIOS Y TIPO DE TARIFAS

TARIFA	USUARIOS	PORCENTAJE (%)
Comercial (C)	24	5.0
Residencial (R)	437	91.4
Fijo (F)	13	2.7
Fijo comercial (G)	3	0.6
Industrial (I)	1	0.2
Total	478	100

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

De acuerdo a la ordenanza municipal los tipos de tarifas se describen de la siguiente manera.

Art. 19.- Tipos de tarifa.- Las categorías que se establecen para la aplicación de la presente ordenanza, son: Residencial, Comercial, Industrial y Envasadoras.[18]

a) Categoría Residencial.- Abarca a todos aquellos abonados que utilizan el servicio con objeto de atender necesidades vitales y corresponde a los predios y edificaciones destinados exclusivamente para vivienda.
b) Categoría Comercial.- Abarca a todos aquellos abonados cuyo(s) predio(s) o edificación(es), están destinadas a una actividad económica, tales como: oficinas, bares, restaurantes, abarrotes, panaderías, fuentes de soda, heladería, cafeterías, almacenes y basares, despensas y similares, mercados; y como demás inmuebles o locales que se destinen exclusivamente para el comercio y que guarden relación con los enunciados anteriormente indicados.
c) Categoría Industrial.- Abarca a todos aquellos abonados cuyo(s) predio(s) o edificación(es), están destinadas a una actividad económica de carácter industrial, que utilicen o no el agua como materia prima, como son: empresas cuya actividad es la transformación de la materia prima en bienes de consumo o comerciales; industrias destinadas a la elaboración de materia de construcción, artículos de cabuya, caucho, escobas, jabones, embaces,

[18] GAD Municipal del Cantón Rumiñahui, Ordenanza Municipal

muebles y similares; estaciones de servicio (con o sin equipo para el lavado de toda clase de vehículos); terminales terrestres, lavadoras de vehículos, lavanderías, hoteles; hostales; moteles y/o residenciales; pensiones; baños; piscinas; complejos deportivos; cadenas comerciales y de abastecimiento; centros comerciales; estadios; camales; coliseos; galleras; hospitales y clínicas privadas; y, en general inmuebles destinados a fines que guardan relación o semejanza con lo enunciado.

d) Embotelladoras.- Abarca a todos aquellos abonados cuyo(s) predio(s) o edificación(es), están destinadas al envasado y embotellamiento de agua potable para ser expedida al público de manera comercial.

4.2 INVESTIGACIÓN SOBRE LAS PÉRDIDAS DE AGUA

4.2.1 MEDICIÓN DE CAUDALES

4.2.1.1 Caudal de ingreso y salida del tanque

Esta actividad consistió en realizar el aforo volumétrico en el tanque de reserva de la urbanización en tres días diferentes.

Para determinar el caudal de ingreso se procedió a cerrar la válvula de salida a la red de distribución y para el caudal de salida se cerró la válvula de ingreso al tanque.

Se tomaron medidas en un determinado intervalo de tiempo y para determinar la variación de altura del agua se utilizó una tira de madera con una cinta métrica.

Con los datos conocidos del tanque se calculó el volumen y el caudal de ingreso y salida del tanque como se muestran en las siguientes tablas.

CUADRO 4.3 CAUDAL DE SALIDA A LA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE (19-ENERO-2016)

HORA	ALTURA NIVEL DE AGUA (cm)	VOLUMEN (m^3)	ΔV (m^3)	ΔT (minutos)	CAUDAL (l/s)
8:37	2,84	377,0			
			6,6	10	11,06
8:47	2,79	370,3			
			6,6	10	11,06
8:57	2,74	363,7			
			6,6	10	11,06
9:07	2,69	357,0			
			6,6	10	11,06
9:17	2,64	350,4			
			6,6	10	11,06
9:27	2,59	343,8			
				10	11,06
9:37	2,54	337,1	6,6		
				CAUDAL PROMEDIO	11,06

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

Se estimó que el caudal que se distribuye desde el tanque de reserva es de 11,06 l/s debido a que este caudal garantiza la distribución del agua potable en todo el sistema.

CUADRO 4.4 CAUDAL DE INGRESO AL TANQUE DE RESERVA (19-ENERO-2016)

HORA	ALTURA NIVEL DE AGUA (cm)	VOLUMEN (m^3)	ΔV (m^3)	ΔT (minutos)	CAUDAL (l/s)
9:50	2,51	333,2			
			5,3	10	8,85
10:00	2,55	338,5			
			5,3	10	8,85
10:10	2,59	343,8			
			5,3	10	8,85
10:20	2,63	349,1			
			5,3	10	8,85

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

CUADRO 4.4 CONTINUACIÓN.-

10:30	2,67	354,4	5,3	10	8,85
10:40	2,71	359,7			
				CAUDAL PROMEDIO	8,85

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

Se estimó que el caudal que ingresa al tanque de reserva es de 8,85 l/s.

4.2.1.2 Caudal de desborde

Este aforo fue realizado en la noche debido a que en horas del día no hay desborde, se tomaron varias mediciones en diferentes horas, para medir el volumen se utilizó un balde de 10 litros de capacidad y se tomó el tiempo con un cronómetro de apreciación igual a 0.1 segundos.

En el siguiente cuadro se muestra los diferentes caudales medidos.

CUADRO 4.5 CAUDAL DE DESBORDE (6-OCTUBRE-2015)

HORA	TIEMPO (S)	VOLUMEN (l)	CAUDAL (l)
2:03	2,16	10	3,79
2:45	2,16	10	4,25
3:30	1,72	10	5,24
4:45	1,6	10	5,48
5:30	1,85	10	5,27
		CAUDAL PROMEDIO	4,81

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

Se estimó que el caudal que desborda del tanque es de 4,81 l/s durante aproximadamente 4 horas comprendidas entre las 2am y las 6am.

4.2.2 PARÁMETROS DE CONSUMO Y DE DEMANDA DEL SECTOR

Para establecer el consumo de la urbanización La Colina, los resultados que se obtuvieron, fueron de acuerdo a los datos de facturación de la Dirección de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización (DAPAC) del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui, los cuales muestran un panorama del consumo que tuvo la urbanización en el año 2014.

En base a los registros de lecturas de medidores desde Enero a Diciembre del 2014, se determinó que el volumen facturado entre Febrero a Diciembre fue de 172199 m^3 (ver anexo 3)

Los usuarios de la tarifa residencial que constituyen el 94.1% de la urbanización consumen en promedio 34,47 m^3/mes de agua potable, mientras que los de la tarifa comercial 95,3 m^3/mes. (Ver anexo 4)

Para calcular la dotación residencial por habitante se utilizó datos del INEC de población. De acuerdo al censo 2010 para la parroquia Sangolquí, el promedio de personas por hogar se muestra en el siguiente cuadro:

CUADRO 4.6 PROMEDIO DE PERSONAS POR HOGAR, SEGÚN PARROQUIAS.

CÓDIGO	NOMBRE DE LA PARROQUIA	TOTAL DE PERSONAS	TOTAL DE HOGARES	PROMEDIO DE PERSONAS POR HOGAR
170550	SANGOLQUI	81.077	22.299	3,64
170551	COTOGCHOA	3.937	1.019	3,86
170552	RUMIPAMBA	775	204	3,80

FUENTE: Censo de Población y Vivienda (CPV) 2010

Para obtener la dotación de los usuarios de tarifa comercial se estimó que los locales en su mayoría son restaurantes y tiene un área útil de 100m^2.

La dotación para la tarifa residencial se calculó en 315,67 l/hab.día y la comercial de 31,77 l/m^2.día como se la muestra en las siguientes tablas. (Ver anexo 4)

CUADRO 4.7 DOTACIÓN TARIFA RESIDENCIAL

TARIFA RESIDENCIAL		
Consumo promedio	34,47	m3/mes
Consumo promedio	1,15	m3/día
Dotación	0,32	m3/hab*día
Dotación	**315,67**	**l/hab*día**

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

CUADRO 4.8 DOTACIÓN TARIFA COMERCIAL

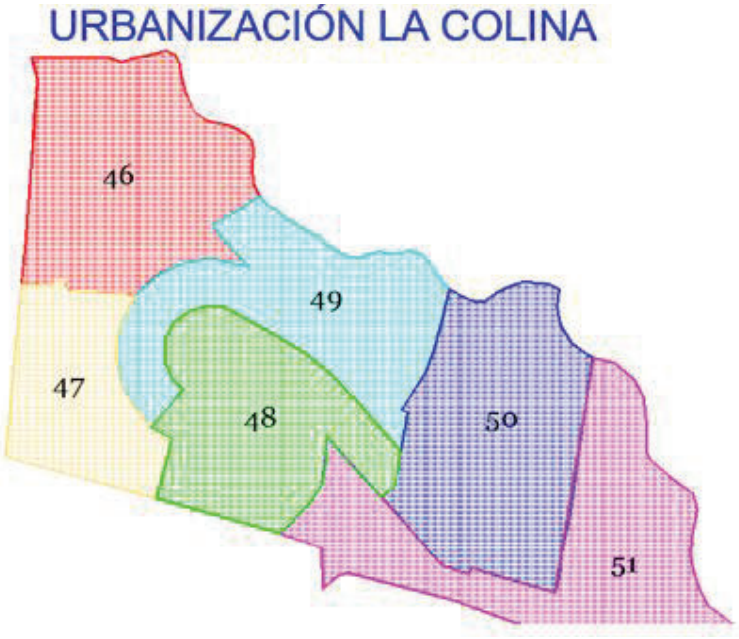
TARIFA COMERCIAL		
Consumo promedio	95,3	m3/mes
Consumo promedio	3,18	m3/día
Dotación	0,032	m3/m2* día
Dotación	**31,77**	**l/m2* día**

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

De acuerdo a las recomendaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC en el capítulo de Norma Hidrosanitaria la dotación recomendada para restaurantes es de 40 a 60 l/m^2.dia.

Para el cálculo de la demanda para cada nodo se utilizó la densidad poblacional por sectores otorgada por la Dirección de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización (DAPAC) del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui la cual se muestra en el siguiente gráfico y cuadro.

GRÁFICO 4.6 DENSIDAD POBLACIONAL AÑO 2015 POR ZONAS



FUENTE: Dirección de Alcantarillado, Agua Potable y Comercialización (DAPAC)

CUADRO 4.9 DENSIDAD POBLACIONAL AÑO 2015

CÓDIGO DEL SECTOR	ÁREA (ha)	DENSIDAD 2015 (hab/ha)
46	10,33	39
47	6,94	33
48	10,70	35
49	8,47	41
50	7,98	46
51	2,77	25

FUENTE: Dirección de Alcantarillado, Agua Potable y Comercialización (DAPAC)

La demanda para cada nodo se la puede observar en el anexo 5.

4.3 EVALUACIÓN HIDRÁULICA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE

En la presente investigación se utilizó los programas Autocad, Epacad y EPANET 2.0.

El programa Autocad se utilizó para trazar la red de distribución existente. Para conocer como está compuesta esta red se hizo un recorrido con el administrador de la red y de acuerdo a los datos proporcionados, se procedió a dibujar dicha red.

El programa Epacad se utilizó para introducir el plano y los datos realizados en el programa Autocad a este programa.

El programa EPANET 2.0 se utilizó para la evaluación de la red actual, se analizó el comportamiento hidráulico en período estático y período extendido para conocer el caudal, velocidades y presiones de servicio; de esta manera poder dar un criterio sobre el funcionamiento de la red.

- **Modelo Período Estático**

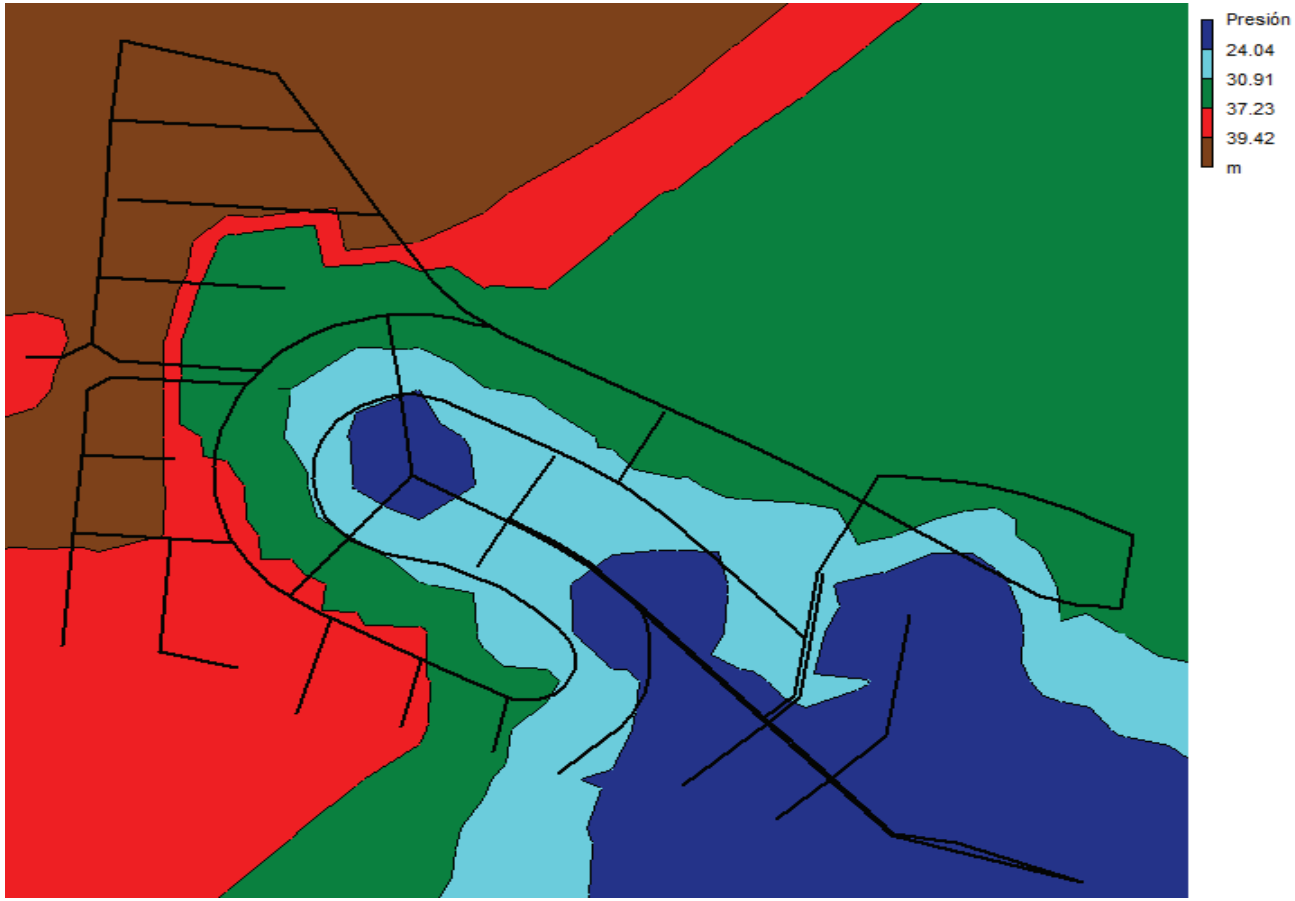
En este período se determinará que ocurre en un solo instante de tiempo, se observará las velocidades en las tuberías y las presiones en los nodos. (Ver Gráfico 4.7 y 4.8)

- **Modelo Período Extendido**

En este período se analizará lo que pasará en la red de distribución en una sucesión de instante, se adoptará un patrón de consumo de acuerdo a las variaciones que se dan en el lapso de 24 horas (ver anexo 6), dependiendo esto de las actividades y hábitos de la población.

Se evaluó la red de distribución con los diámetros proporcionados por el administrador de la red existente (ver anexo 7) y con la demanda calculada, esto permitió presentar un diagnóstico de las velocidades y presiones de la zona de estudio y se obtuvo los resultados que constan en el Informe (Evaluación de la red de distribución existente). (Ver anexo 6)

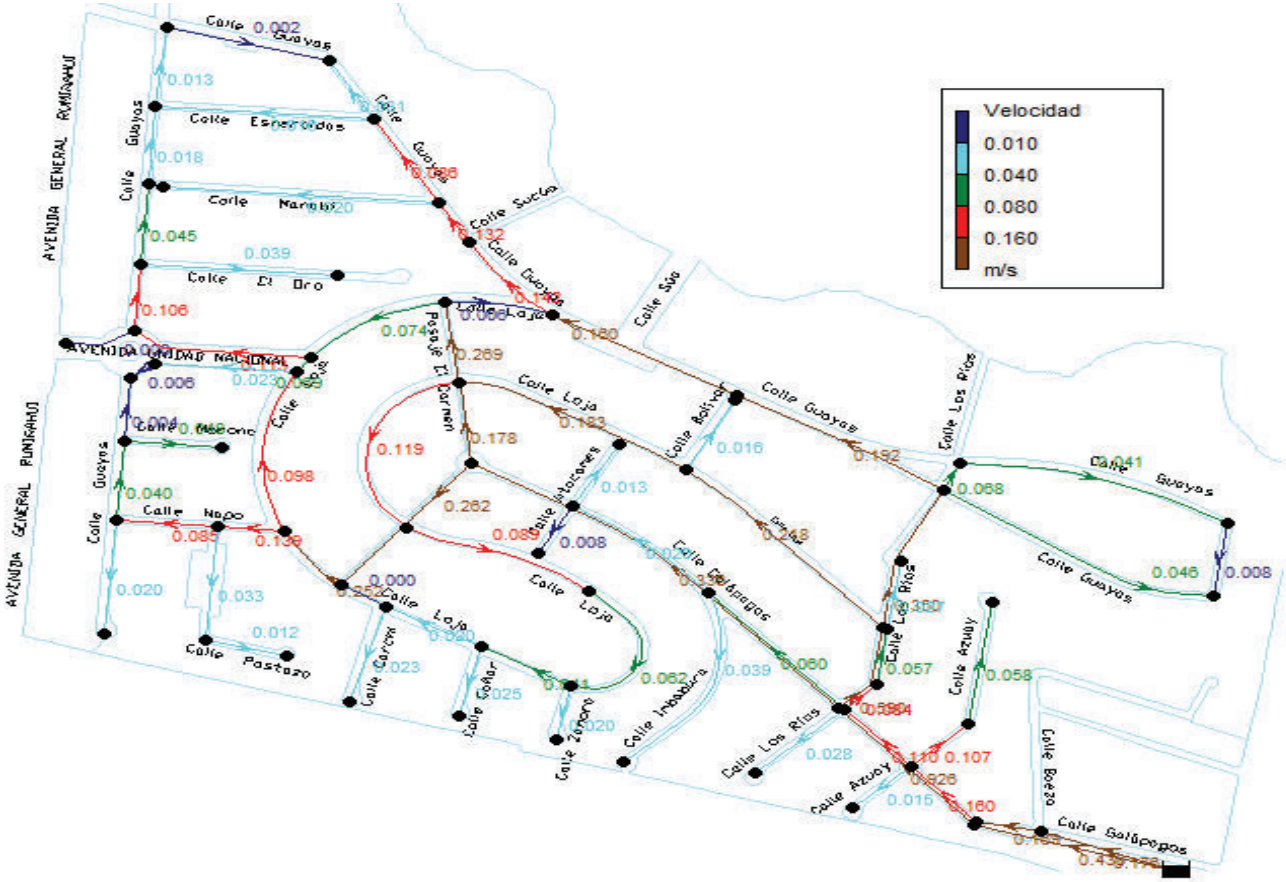
GRÁFICO 4.7 PRESIONES RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE URBANIZACIÓN LA COLINA (PERÍODO ESTÁTICO)



REALIZADO EN: EPANET 2.0

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

GRÁFICO 4.8 VELOCIDADES RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE URBANIZACIÓN LA COLINA (PERÍODO ESTÁTICO)



REALIZADO EN: EPANET 2.0

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

4.3.1 DIAGNÓSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL

De acuerdo a la evaluación realizada se obtuvieron los siguientes resultados:

- El sistema de agua potable de la urbanización La Colina está conformado por dos redes principales; una para la parte alta y otra para la parte baja, estas funcionan indistintamente y son abastecidas por un tanque de reserva. Las tuberías son de diámetros 63, 90, 110, 160 mm de asbesto cemento con una longitud total de 8 km.
- El volumen del tanque de reserva es de 385 metros cúbicos, lo cual cumple con la norma INEN 9.1 (Código Ecuatoriano de la Construcción. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposiciones de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes), que establece que para poblaciones menores a 5000 habitantes, se tomará para el volumen de reserva el 30% del volumen consumido en un día.
- Se evaluó la red de distribución actual, considerando un patrón de consumo diario, se decidió hacer el día Lunes por ser el día de máximo consumo según información del administrador de la red; la simulación hidráulica se la realizó en intervalos de 1 hora, los resultados se los puede observar en el anexo 6.
- De acuerdo al GAD Municipal la tubería de toda la red es de asbesto cemento y ya cumplió su vida útil.
- En ninguno de los nodos la presión dinámica supera los 50 mca (metros de columna de agua).
- La presión más desfavorable fue de 9.10 mca en el nodo A-1, de acuerdo al Código Ecuatoriano de la Construcción la presión dinámica mínima debe ser de 10 mca (metros de columna de agua).

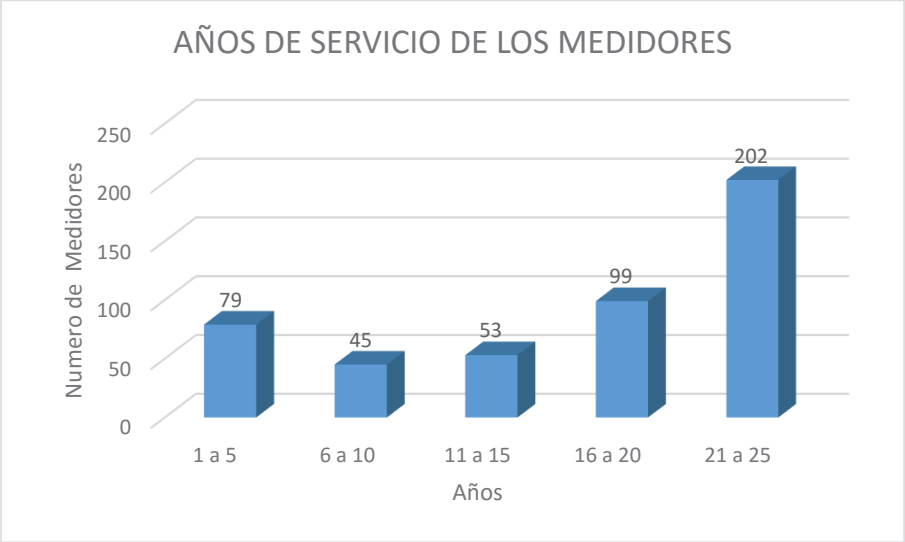
CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA EN EL SECTOR

5.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO SOBRE MEDIDORES

Esta actividad consistió en la inspección de cada uno de los medidores para verificar su estado y si se encuentran en condiciones adecuadas de operación, también se analizó los años de funcionamiento como se muestra en el siguiente gráfico.

GRÁFICO 5.1 AÑOS DE SERVICIO DE LOS MEDIDORES

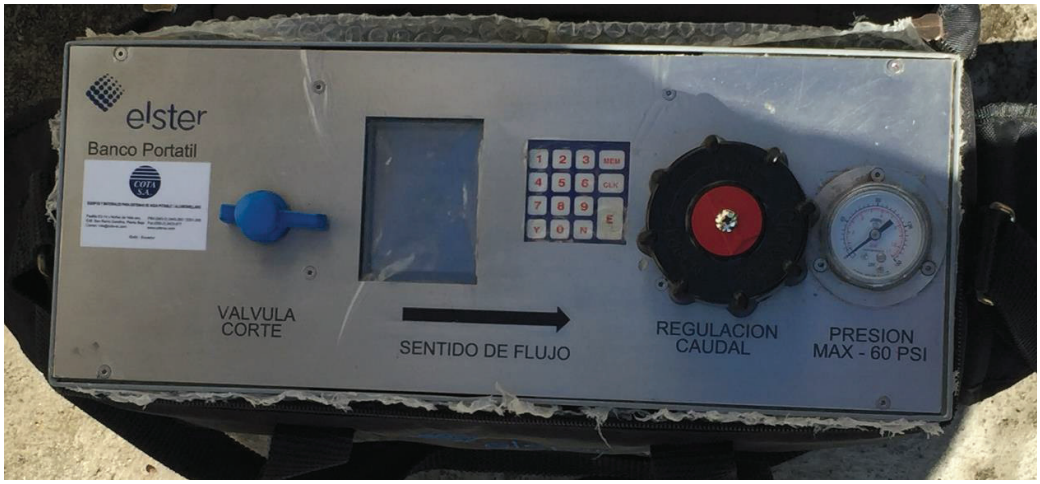


ELABORADOR POR: Campaña J., Ortega W.

El 74% de los medidores instalados (354 unidades) en la urbanización sobrepasan el período de vida útil recomendada por los proveedores que es de 10 años o 3000 m^3, por lo cual ya deberían ser cambiados.

Adicionalmente se realizaron pruebas a 6 medidores ubicados en diferentes zonas para verificar las condiciones mínimas de errores de medición que especifican los proveedores con la ayuda de un banco de pruebas.

GRÁFICO 5.2 BANCO DE PRUEBAS PORTATIL



ELABORADOR POR: Campaña J., Ortega W.

Esta actividad consistió en lo siguiente:

- Se elige la marca del medidor.
- Se elige el tipo de medidor.
- Se elige el diámetro del medidor.
- Se elige la longitud del medidor.
- Se digita el código serial del medidor, deberá tener máximo 12 caracteres.
- Se selecciona el tipo de prueba a realizarse de entre cuatro que están configuradas en el software.
- Se abre la válvula de corte y se regula el caudal con la válvula de regulación.
- Se debe ajustar el caudal con la válvula de regulación y se deberá esperar el momento en que la lectura de datos recibida por el banco se estabilice, es decir, deberá esperar hasta que el dato visualizado deje de variar y en la parte inferior de la pantalla cambie el aviso de caudal no permitido a caudal permitido. Luego se cierra la válvula de corte.
- Se digita la lectura inicial del medidor.

- Nuevamente se debe abrir totalmente la válvula de corte, empezaran a aparecer los datos requeridos volumen y caudal en la pantalla del banco de pruebas, estos variaran hasta alcanzar los límites necesarios.
- Luego de alcanzar los límites necesarios la pantalla indicara que se cierre la válvula de corte.
- Se digita la lectura final del medidor.
- Luego aparecerán los resultados obtenidos en la prueba.
- Se finaliza la prueba, aparecerá si la prueba está aprobada o fallida, de acuerdo al porcentaje de error en la medición que debe estar entre +/- 5%.
- Se guardan los datos obtenidos en el software del banco de pruebas para después descargarlos a una computadora.

A continuación se realiza un análisis de los medidores a los cuales se les realizó la prueba:

CUADRO 5.1 ERRORES DE MEDICIÓN MEDIDORES

# MEDIDOR	MARCA	AÑO DE INSTALACIÓN	POSICIÓN	EROR DE MEDICIÓN %
1732	COLTAVIRA	2006	HORIZONTAL	+ 0.85
A10N909551	COLTAVIRA	2011	HORIZONTAL	- 1.49
A13N941868	COLTAVIRA	2014	HORIZONTAL	+ 0.52
04002067	COLTAVIRA	2006	HORIZONTAL	- 3.21
036447	COLTAVIRA	2000	VERTICAL	- 4.65
109539	COLTAVIRA	1995	HORIZONTAL	- 0.85

ELABORADOR POR: Campaña J., Ortega W.

De los 6 medidores que se realizó la prueba sin importar la vida útil que tenían cada uno de ellos, se determinó que todos no sobrepasan el margen error permitido de +/- 5% indistintamente de como estén instalados ya sea horizontal o verticalmente (ver anexo 8).

Es importante mencionar que los medidores no sobrepasan el error permitido de medición cuando están instalados verticalmente, sin embargo las normas y los proveedores establecen que los medidores sean instalados horizontalmente.

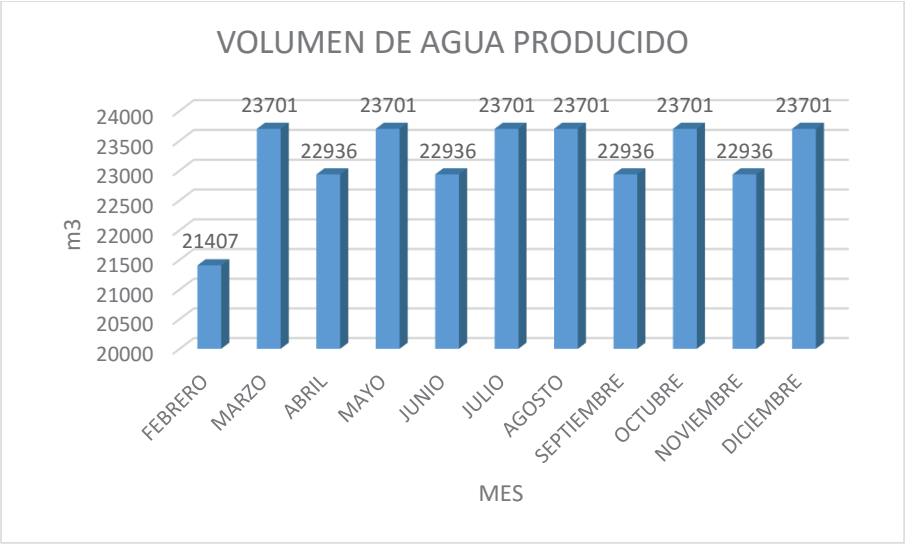
5.2 COMPARACIÓN ENTRE EL VOLUMEN DE AGUA PRODUCIDO Y VOLUMEN DE AGUA FACTURADA

En este balance se comparó el volumen de agua que está ingresando a la urbanización con el volumen de agua facturado por la Dirección de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización (DAPAC) del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui en el año 2014.

Para hacer una estimación inicial, se asumió que el caudal obtenido en las mediciones efectuadas el día 19 de Enero del 2016 de 8,85 l/s es constante a lo largo del año con lo que resulta que el volumen de agua producido que llega al tanque entre los meses de Febrero a Diciembre es de 255356 m^3 (ver anexo 9).

En el siguiente gráfico, se observa la producción de agua de acuerdo a la asunción realizada.

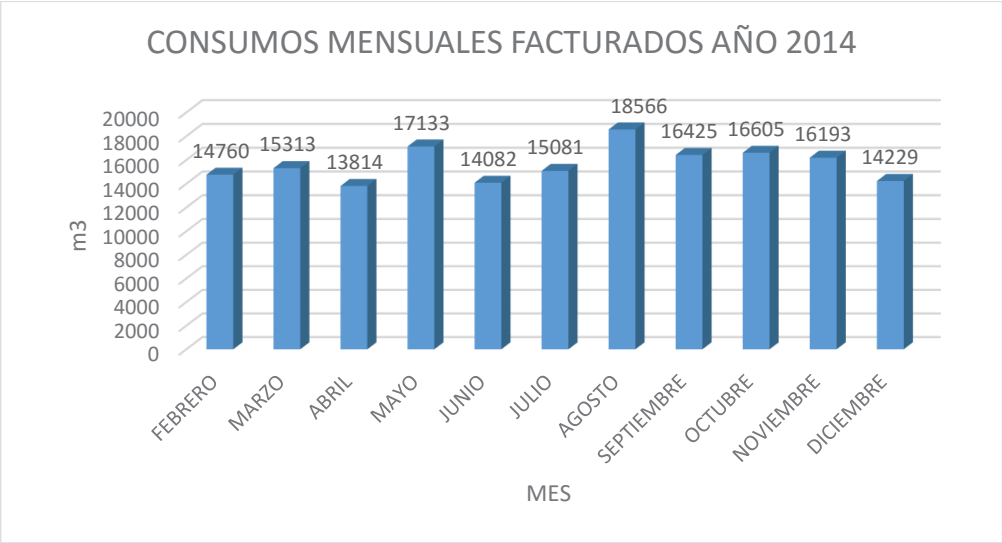
GRÁFICO 5.3 VOLUMEN DE AGUA PRODUCIDO



ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

A continuación se observa en el siguiente gráfico los consumos mensuales facturados en el año 2014.

GRÁFICO 5.4 CONSUMOS MENSUALES FACTURADOS AÑO 2014



ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

De acuerdo a la gráfica el mes de mayor consumo es Agosto con 18566 m^3 y el mes de menor consumo es Abril con 13814 m^3, como se mencionó anteriormente el volumen facturado fue de 172199 m^3.

Debido a los problemas de pérdidas y fugas en la urbanización la Colina se estima que en el año 2014 se dejó de facturar 83156.4 m^3. Si se considera que el metro cúbico de agua potable se factura aproximadamente a 0.27 $, la pérdida sería de 22452.2 dólares al año.

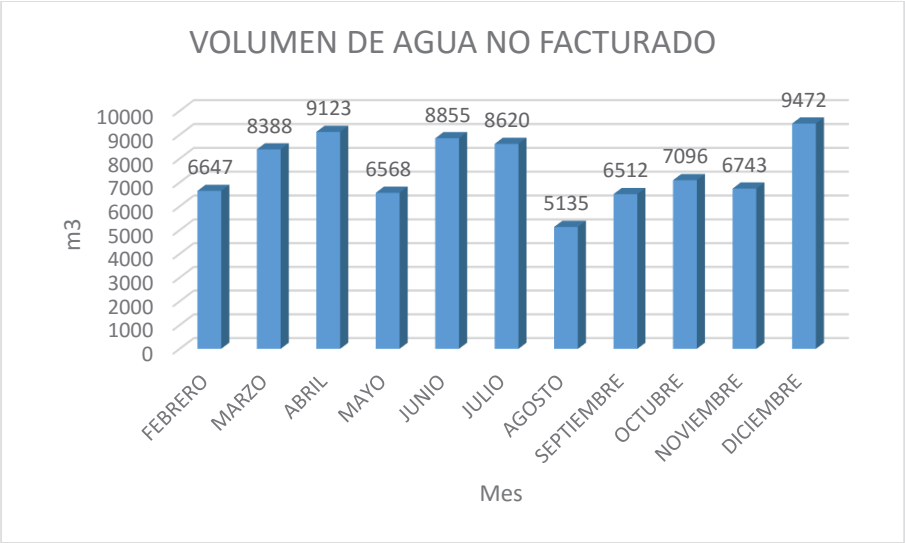
5.3 BALANCE DE AGUA NO FACTURADA EN EL SECTOR

Conforme a información entregada por la Dirección de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización (DAPAC) del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui de las lecturas de los medidores entre los meses de Enero a Diciembre del 2014 se realizó

el análisis de los volúmenes no facturado en la urbanización como se muestra en el anexo 10.

En base a este anexo podemos notar que en el año 2014 el volumen no facturado fue de 83156 m^3, el mes en que se tuvo la mayor pérdida por volumen no facturado es el mes de Diciembre con 9472 m^3 y en el de menor pérdida el mes de Agosto con 5135 m^3.

GRÁFICO 5.5 VOLUMEN DE AGUA NO FACTURADO

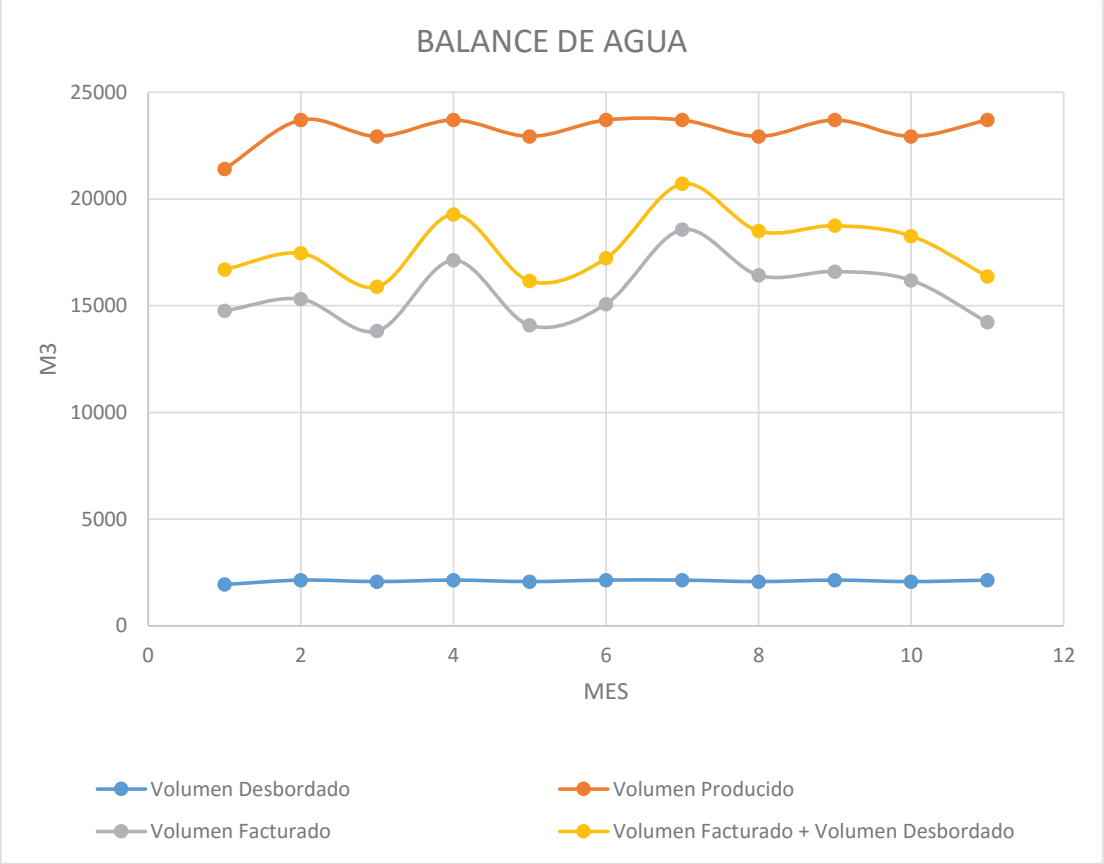


ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

De la medición efectuada durante el día 6 de Octubre del 2015, se obtuvo un desborde de 4,81 l/s. Por lo que en base a esta asunción el volumen desbordado representaría 23115 m^3 al año, correspondiente al 9.17% del volumen no facturado (ver anexo 11) debido a que el tanque de reserva no cuenta con una válvula de cierre automático.

De los 83156 m^3 de agua no facturado, se estima que 60042 m^3 correspondiente al 23.83% es la pérdida por fugas y tarifa fija (ver anexo 12).

GRÁFICO 5.6 BALANCE DE AGUA



ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

CAPÍTULO 6

REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

6.1 PERÍODO DE DISEÑO

La nueva red de agua potable de la Urbanización La Colina se proyectará de acuerdo a las normas de diseño del Código Ecuatoriano de la Construcción mostrado en el cuadro 3.1. Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable.

Considerando las normas el período de diseño a tomarse en cuenta será de 25 años para garantizar un eficiente servicio.

6.2 ANÁLISIS POBLACIONAL

El índice de crecimiento poblacional en el período 2001 – 2010 según datos de censos del INEC en el cantón Rumiñahui es de 2.94%, en la urbanización La Colina de acuerdo a información entregada por la Dirección de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización (DAPAC) del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui se proyectó que en el año 2015 el crecimiento es de 3,67% y para el año 2040 de 2.69%.

6.2.1 POBLACIÓN ACTUAL

La población actual de la urbanización La Colina es la población que existe al momento del presente estudio y se calculara de acuerdo a datos de censo del INEC 2010.

Método Geométrico

$$\boldsymbol{Pf_{(2015)} = Pa_{(2010)} * (1 + r)^n}$$

$$\mathrm{Pf}_{(2015)} = (1490) * (1 + 0.0367)^5$$

$$\mathrm{Pf}_{(2015)} = 1785 \text{ hab}$$

Método Exponencial

$$Pf_{(2015)} = Pa_{(2010)} * e^{r*t}$$

$$\mathrm{Pf}_{(2015)} = (1490) * e^{(0.0367*5)}$$

$$\mathrm{Pf}_{(2015)} = 1790 \text{ hab}$$

6.2.2 POBLACIÓN FUTURA

La población futura hasta el año 2040 es la población que se utilizara al final del período de diseño, se la determinara aplicando los siguientes métodos:

Método Geométrico

$$\boldsymbol{Pf_{(2040)} = Pa_{(2010)} * (1 + r)^n}$$

$$\mathrm{Pf}_{(2040)} = (1490) * (1 + 0.0269)^{30}$$

$$\mathrm{Pf}_{(2040)} = 3305 \text{ hab}$$

Método Exponencial

$$Pf_{(2040)} = Pa_{(2010)} * e^{r*t}$$

$$\mathrm{Pf}_{(2040)} = (1490) * e^{(0.0269*30)}$$

$$\mathrm{Pf}_{(2040)} = 3339 \text{ hab}$$

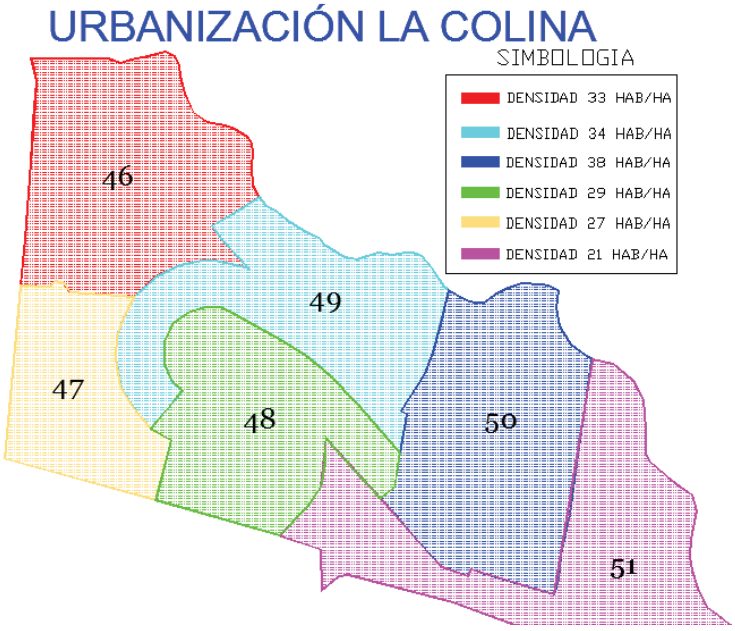
Al comparar los resultados de los métodos analizados; el geométrico y el exponencial, se observa que son valores similares. En vista de que nuestra población se encuentra en pleno desarrollo, optamos por el método geométrico, nuestra población de diseño será 3305 habitantes.

6.3 DENSIDAD POBLACIONAL

En base a los datos obtenidos de la población y teniendo el área de influencia de la urbanización se obtiene la densidad poblacional actual y futura.

Al estar la urbanización divida en sectores se obtiene la densidad poblacional para cada sector.

GRAFICO 6.1 SECTORES URBANIZACIÓN LA COLINA



FUENTE: Dirección de Alcantarillado, Agua Potable y Comercialización (DAPAC)

CUADRO 6.1 DENSIDAD POBLACIONAL AÑO 2010

CÓDIGO DEL SECTOR	ÁREA (ha)	DENSIDAD 2010 (hab/ha)
46	10,33	33
47	6,94	27
48	10,70	29
49	8,47	34
50	7,98	38
51	2,77	21

FUENTE: Dirección de Alcantarillado, Agua Potable y Comercialización (DAPAC)

CUADRO 6.2. DENSIDAD POBLACIONAL AÑO 2040

CÓDIGO DEL SECTOR	ÁREA (ha)	DENSIDAD 2040 (hab/ha)
46	10,33	72
47	6,94	61
48	10,70	64
49	8,47	76
50	7,98	85
51	2,77	47

FUENTE: Dirección de Alcantarillado, Agua Potable y Comercialización (DAPAC)

6.4 DOTACIÓN

Con el fin de comparar las dotaciones recomendadas por el Código Ecuatoriano de la Construcción en el capítulo “Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposiciones de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”, las recomendadas por el RAS 2000, y las bases de diseño de la Dirección de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización (DAPAC) del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui, se tiene:

CUADRO 6.3. COMPARACIÓN DE DOTACIONES RECOMENDADAS

CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCION	RAS 2000	BASES DE DISEÑO GADMUR - DAPAC
130 – 160 l/hab.día	130 l/hab.día	250 l/hab.día

FUENTE: Campaña J., Ortega W.

La dotación de agua potable considerada en el diseño es de 250 l/hab.día debido a que se tiene que cumplir las bases de diseño del DAPAC.

6.5 CAUDALES DE CONSUMO

Para diseñar la nueva red de distribución de la Urbanización La Colina se debe calcular el caudal de diseño, el cual debe satisfacer las necesidades de la población.

Para este nuevo diseño se deberán emplear los siguientes caudales:

Caudal medio diario (Qm)

Caudal máximo diario (QMD)

$$k_{máx\ diario} = 1{,}3\ a\ 1{,}5$$

De acuerdo a las bases de diseño de la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización (DAPAC) del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui el valor de $k_{máx\ diario}$ es igual a 1,5. (Ver anexo 13)

Caudal máximo horario (QMH)

$$k_{máx\ horario} = 2\ a\ 2{,}3$$

De acuerdo a las bases de diseño de la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización (DAPAC) del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui el valor de $k_{máx\ horario}$ es igual a 2,3. (Ver anexo 13)

6.6 CAUDALES DE DISEÑO

La nueva red de distribución de agua potable se diseñará de acuerdo al caudal máximo diario debido a que para poblaciones menores a 5000 habitantes en la sierra no se considera almacenamiento para incendio según indica el Código Ecuatoriano de la Construcción en el capítulo Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1 000 habitantes.

6.7 CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE DE RESERVA

VOLUMEN DE REGULACIÓN (Vr)

De acuerdo al Código Ecuatoriano de la Construcción en el capítulo Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1 000 habitantes menciona que para poblaciones menores a 5000 habitantes el volumen de reserva será el 30% del volumen consumido en un día.

$$Vr = 1210{,}8\,\frac{m^3}{dia} * 0{,}3$$

$$Vr = 363{,}2\ m^3/dia$$

VOLUMEN PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (Vi)

De acuerdo al Código Ecuatoriano de la Construcción en el capítulo Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1 000 habitantes menciona que para poblaciones hasta 5000 habitantes en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios.

$$Vi = 0\ m^3/dia$$

VOLUMEN DE EMERGENCIA (Ve)

De acuerdo al Código Ecuatoriano de la Construcción en el capítulo Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1 000 habitantes menciona que para comunidades con menos de 5 000 habitantes no se calculará ningún volumen para emergencias.

$$Ve = 0\ m^3/dia$$

VOLUMEN TOTAL DE RESERVA (Vrt)

De acuerdo al Código Ecuatoriano de la Construcción en el capítulo Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1 000 habitantes menciona que el volumen total de almacenamiento se obtendrá al sumar los volúmenes de regulación, emergencia, el volumen para incendios y el volumen de la planta de tratamiento

$$Vrt = Vr + Vi + Ve$$

$$Vrt = 363{,}2\ m^3/dia$$

6.8 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

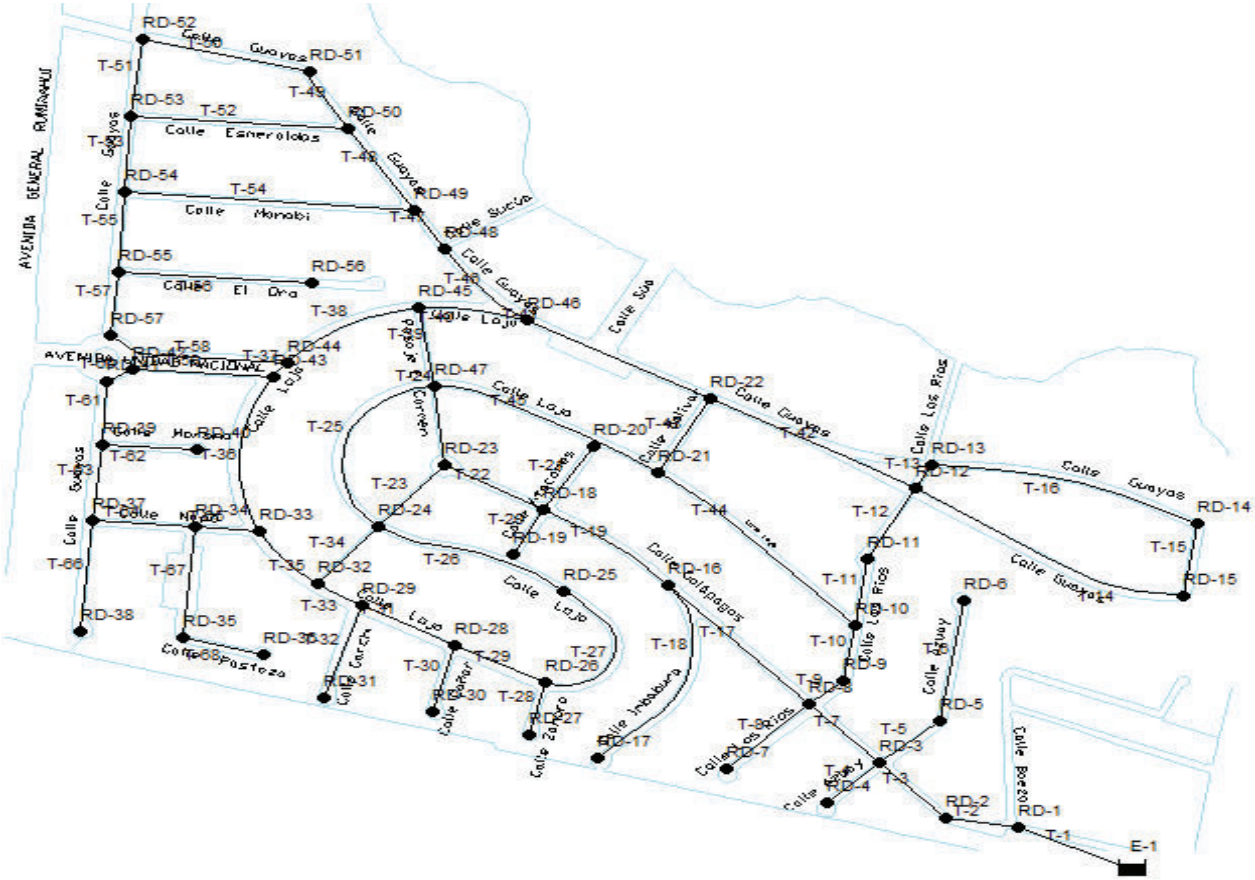
En base a la topografía de la zona de estudio para el nuevo sistema de distribución de agua potable se ha determinado realizar un sistema a gravedad considerando que la red debe prestar un servicio eficiente y deberá atender a la condición más desfavorable.

Para el diseño de la nueva red de distribución se optó por una red cerrada en su mayoría para mantener presiones equilibradas y en caso de mantenimiento poder hacer reparaciones en cualquier parte del sistema.

Esta red estará conformada por 57 nodos como se muestra en el gráfico 6.2.

De acuerdo a la evaluación que se realizó al sistema de distribución de agua potable de la urbanización La Colina, se propondrá un nuevo diseño de la red de distribución que permitiría el correcto funcionamiento de la red y que cubriría las necesidades de la población, cumpliendo con las normas establecidas en el Código Ecuatoriano de la Construcción y en las bases de diseño de la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui.

GRÁFICO 6.2 NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN



REALIZADO EN: EPANET 2.0

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

Tomando en cuenta las bases de diseño entregadas por la Dirección de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización (DAPAC) del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui se considerará utilizar tubería PVC-P; 1.25 MPa U/E y diámetro mínimo de 63 mm.

6.9 DISTRIBUCIÓN DE LOS CAUDALES EN LOS NODOS

Para determinar los caudales en los nodos que constituye la red de distribución se utilizará el método de las áreas, este método consiste en determinación del caudal en cada nodo considerando su área de influencia (ver anexo 14).

La distribución de los caudales en cada nodo se lo determinó de acuerdo al caudal máximo diario. Estos caudales se los puede observar en el anexo 15 y anexo 16.

6.10 DETERMINACIÓN DE DIÁMETROS Y CÁLCULO DE PRESIONES

Para determinar los diámetros y las presiones se utilizó el programa EPANET 2.0, cada tramo de la red de distribución los diámetros de la tubería se puede observar en la siguiente tabla, esto se determinó en base a parámetros como velocidad, gasto a transportar, pérdida de carga y tipo de tubería.

CUADRO 6.4 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud (m)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)
T-1	E-1	RD-1	106,4	200	181
T-2	RD-1	RD-2	60,19	200	181
T-3	RD-2	RD-3	77,73	200	181
T-4	RD-3	RD-4	60,1	63	57
T-5	RD-3	RD-5	65,38	75	67,8
T-6	RD-5	RD-6	126,4	63	57
T-7	RD-3	RD-8	83,57	160	144,8

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

CUADRO 6.4 CONTINUACIÓN.-

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud (m)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)
T-8	RD-7	RD-8	94,68	63	57
T-9	RD-8	RD-9	35,8	110	99,6
T-10	RD-9	RD-10	59,4	110	99,6
T-11	RD-10	RD-11	69,53	90	81,4
T-12	RD-11	RD-12	80,7	90	81,4
T-13	RD-12	RD-13	30,5	90	81,4
T-14	RD-12	RD-15	245	75	67,8
T-15	RD-14	RD-15	76,3	63	57
T-16	RD-13	RD-14	223,6	75	67,8
T-17	RD-8	RD-16	168,8	110	99,6
T-18	RD-16	RD-17	214,4	63	57
T-19	RD-16	RD-18	127,7	110	99,6
T-20	RD-18	RD-19	52,81	63	57
T-21	RD-18	RD-20	77,26	63	57
T-22	RD-18	RD-23	92,11	110	99,6
T-23	RD-23	RD-24	82,45	90	81,4
T-24	RD-23	RD-47	83,35	90	81,4
T-25	RD-24	RD-47	195,7	90	81,4
T-26	RD-24	RD-25	164,3	90	81,4
T-27	RD-25	RD-26	155,4	90	81,4
T-28	RD-26	RD-27	56,7	63	57
T-29	RD-26	RD-28	82,06	75	67,8
T-30	RD-28	RD-30	72,13	63	57
T-31	RD-28	RD-29	85,67	75	67,8
T-32	RD-29	RD-31	102	63	57
T-33	RD-29	RD-32	44,2	75	67,8
T-34	RD-24	RD-32	78,2	90	81,4
T-35	RD-32	RD-33	72,44	90	81,4
T-36	RD-33	RD-43	169,8	90	81,4
T-37	RD-43	RD-44	18,36	90	81,4
T-38	RD-44	RD-45	123,4	90	81,4
T-39	RD-45	RD-47	82,59	90	81,4
T-40	RD-45	RD-46	88,39	90	81,4
T-41	RD-22	RD-46	168,2	90	81,4

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

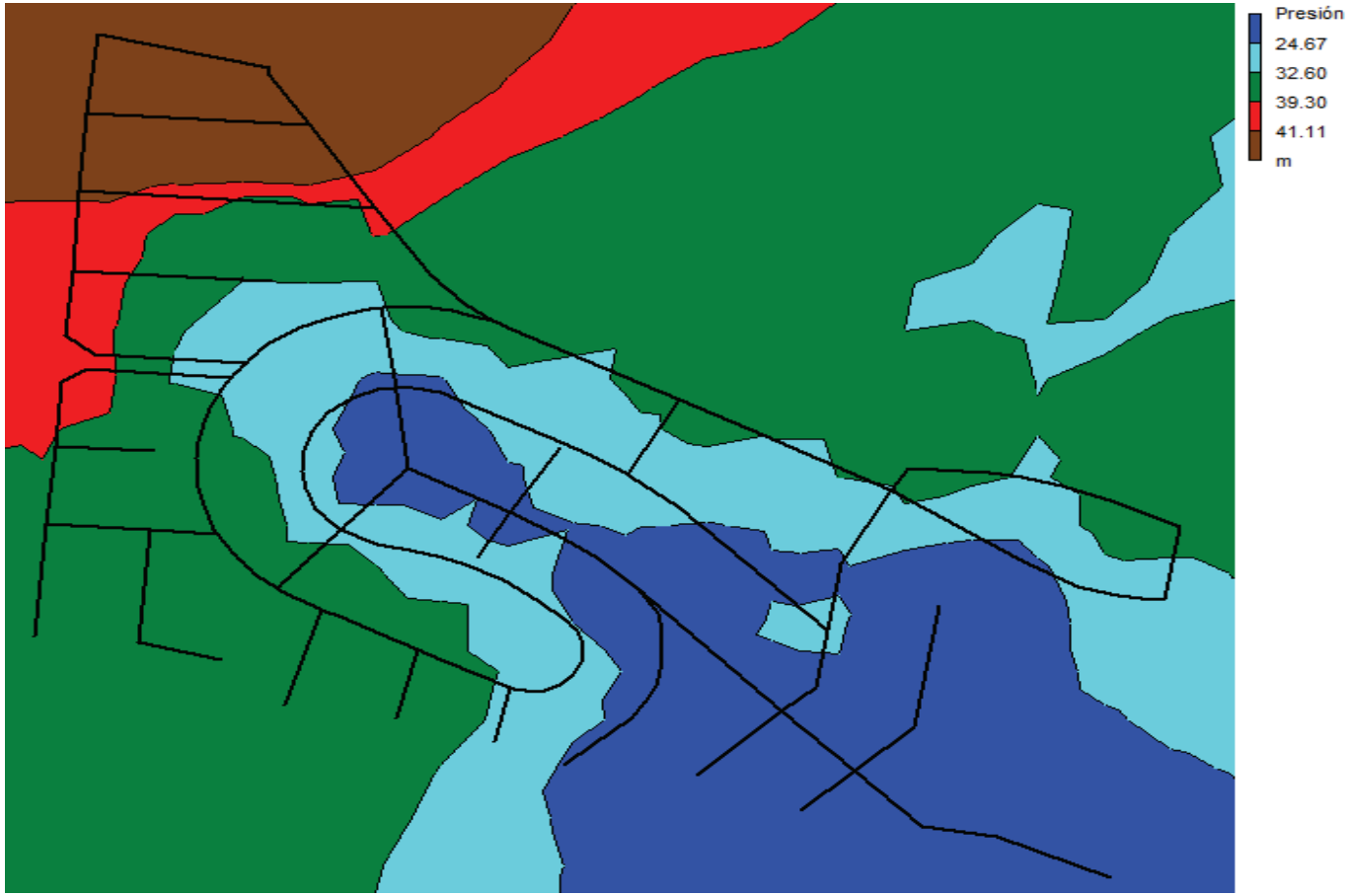
CUADRO 6.4 CONTINUACIÓN.-

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud (m)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)
T-42	RD-12	RD-22	191	90	81,4
T-43	RD-21	RD-22	87,01	63	57
T-44	RD-10	RD-21	225,1	90	81,4
T-45	RD-21	RD-47	203,7	90	81,4
T-46	RD-46	RD-48	101,1	90	81,4
T-47	RD-48	RD-49	46,74	90	81,4
T-48	RD-49	RD-50	100,3	75	67,8
T-49	RD-50	RD-51	69,24	75	67,8
T-50	RD-51	RD-52	134,1	63	57
T-51	RD-52	RD-53	81,95	63	57
T-52	RD-50	RD-53	174,7	63	57
T-53	RD-53	RD-54	79,81	75	67,8
T-54	RD-49	RD-54	232,3	63	57
T-55	RD-54	RD-55	82,63	75	67,8
T-56	RD-55	RD-56	156,1	63	57
T-57	RD-55	RD-57	67,54	75	67,8
T-58	RD-44	RD-57	147,9	75	67,8
T-59	RD-42	RD-43	113,3	75	67,8
T-60	RD-41	RD-42	24,12	75	67,8
T-61	RD-39	RD-41	65,85	75	67,8
T-62	RD-39	RD-40	77,3	63	57
T-63	RD-37	RD-39	80,89	75	67,8
T-64	RD-34	RD-37	81,59	75	67,8
T-65	RD-33	RD-34	52,78	75	67,8
T-66	RD-37	RD-38	115,9	63	57
T-67	RD-34	RD-35	116,3	63	57
T-68	RD-35	RD-36	67,32	63	57

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

En cuanto a las presiones (ver gráfico 6.3 y 6.4), como se mencionó en el capítulo 3 se establece un mínimo de 10 metros de columna de agua y la presión estática máxima, no deberá ser mayor a 70 metros de columna de agua y presión máxima dinámica de 50m de columna de agua.

GRÁFICO 6.3 PRESIONES NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN URBANIZACIÓN LA COLINA (PERÍODO ESTÁTICO)



REALIZADO EN: EPANET 2.0

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

6.11 DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CARGA

La pérdida de carga en una tubería es la pérdida de energía dinámica debido a la fricción por el paso del agua contra las paredes de la tubería, para determinar la pérdida de carga en esta investigación se utilizó la fórmula de Hazen-Williams.

Para redes de distribución de agua potable esta fórmula es útil en el cálculo de pérdidas de carga de algunos materiales, su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad C no está en función del diámetro ni de la velocidad de la tubería, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Hf = 10{,}674 * \left[\frac{Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} * D^{4{,}871}}\right] * L \qquad (6.1)$$

Donde:

Hf = pérdida de carga (m)

Q = caudal (m^3/s)

C = coeficiente de rugosidad (adimensional)

D = diámetro interno de la tubería (m)

L = longitud de la tubería (m)

En la siguiente tabla se muestran valores del coeficiente de rugosidad C para diferentes tipos de materiales.

CUADRO 6.5 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (HAZEN-WILLIAMS)

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD C
Asbesto Cemento	140
Hormigón o revestido de hormigón	120 - 140
Fundición	130 - 140
Hierro galvanizado	120
Plástico (pvc)	140 - 150
Acero	140 - 150
Cerámica	110

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

6.12 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD

Para calcular la velocidad en cada tramo de la tubería se utiliza la siguiente ecuación:

$$V = 0{,}355 * C * D^{0{,}63} * (\frac{Hf}{L})^{0{,}54} \qquad (6.2)$$

Donde:

V = velocidad (m/s)

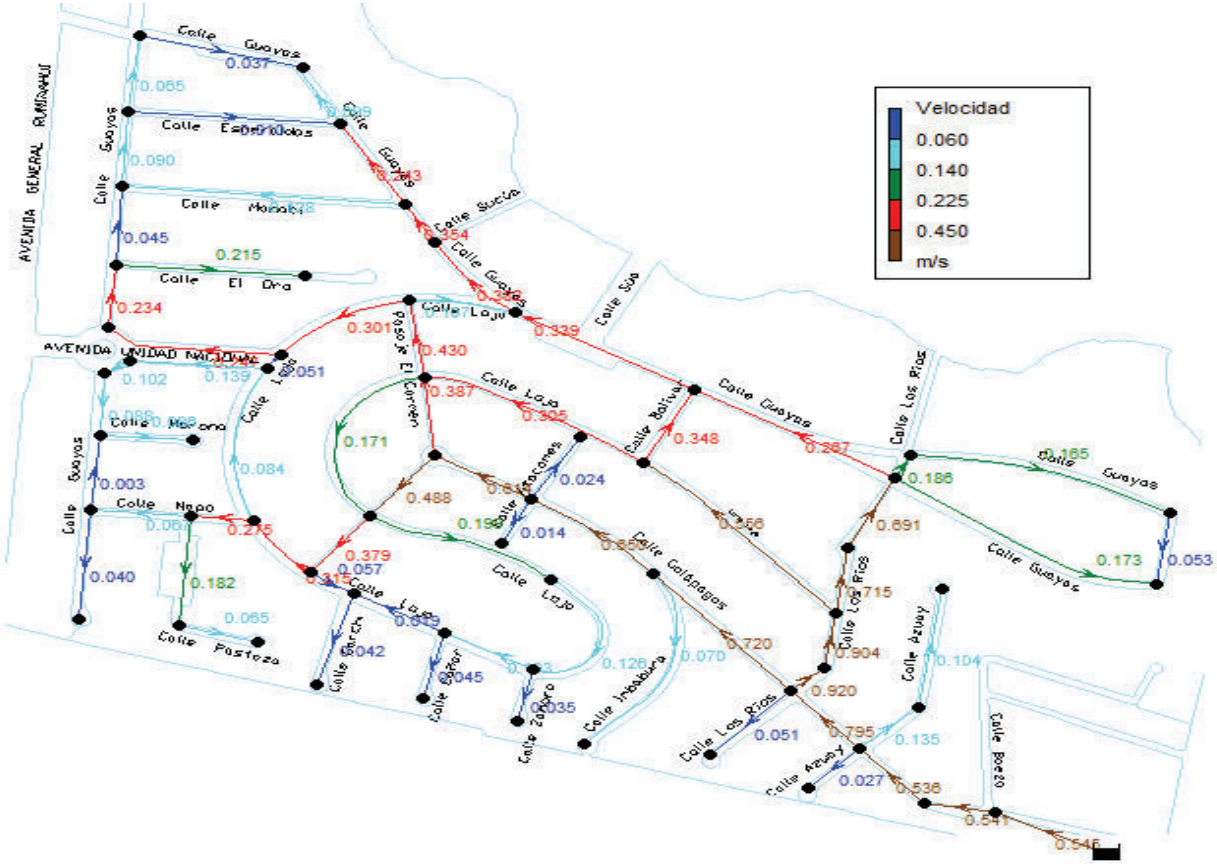
C = coeficiente de rugosidad (adimensional)

D = diámetro de la tubería (m)

Hf = pérdida de carga

L = longitud (m)

GRÁFICO 6.4 VELOCIDADES NUEVA RED DE DISTRIBUCIÓN URBANIZACIÓN LA COLINA (PERÍODO ESTÁTICO)



REALIZADO EN: EPANET 2.0

ELABORADO POR: Campaña J., Ortega W.

6.13 RESULTADOS.

El informe de los resultados calculados por el programa EPANET de la red de distribución se puede ver en el anexo 17 y los planos de la nueva red de distribución en el anexo 18.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se observa que el valor de dotación que recomienda la DAPAC de 250 l/hab.día es alto respecto a lo recomendado por el Código Ecuatoriano de la Construcción y las normas RAS 2000, puesto que la tendencia mundial es bajar las dotaciones para satisfacer mejor la necesidad de la población.

En base a datos entregados por el GAD Municipal del Cantón Rumiñahui relacionados con la Urbanización La Colina, se determinó que no existe un catastro de las redes de agua potable existentes. Con la ayuda de un representante de la DAPAC se realizó un recorrido por la zona determinando que existen dos redes principales con tuberías de asbesto cemento de diámetros comprendidos entre: 63, 90, 110 y 160 mm.

El tanque de reserva de la urbanización es de hormigón armado con una capacidad de almacenamiento de 379,2 m3, al momento cumple con el volumen de regulación que es el 30% del volumen consumido en un día según la norma INEN 9.1. Su estructura presenta fisuras que ya han sido reparadas, no cuenta con ningún dispositivo de cierre inmediato (válvula de cierre, válvulas de altitud, flotador, etc.) para evitar el rebose.

El presente estudio tiene limitaciones en la medición de caudales, considerando que estos se determinaron mediante aforos volumétricos. Los aforos no se realizaron en periodos de tiempo consecutivos para no dejar sin servicio de agua a los habitantes de la urbanización.

A partir de los registros entregados por el GAD Municipal del Cantón Rumiñahui de las lecturas de los medidores de agua potable de la Urbanización La Colina obtenidos en el año 2014, se obtuvo que el volumen facturado fue de 172199 m3. De acuerdo a las mediciones efectuadas el 19 de enero del 2016 se tiene que el caudal de ingreso al tanque de reserva es de 8.85 l/s y asumiendo que ese caudal es constante para todo el año, se obtiene que el volumen producido que ingresó al tanque de reserva fue de 255356 m3.

Debido a los problemas de pérdidas, fugas y rebose en la urbanización la Colina se estima que en el año 2014 se dejó de facturar 83156.4 m3 (22452.2 dólares), si se considera que el metro cúbico de agua potable se factura a 0.27 $.

De acuerdo a la evaluación previa y tomando en cuenta las suposiciones realizadas, se cree que el porcentaje de pérdidas, fugas y rebose en la red de distribución de la Urbanización La Colina fue de 33%. Las pérdidas por rebose representan el 9.17% y el 23.83% corresponde a pérdidas por fugas y tarifa fija en la red.

Los usuarios de la tarifa residencial que constituyen el 94.1% de la urbanización consumen en promedio 34,47 m^3 de agua potable al mes. Con lo cual se obtiene que la dotación es de: 315,67 l/hab.día. Este valor de dotación obtenido es mayor al valor de dotaciones recomendadas por la DAPAC y el Código Ecuatoriano de la Construcción.

En la urbanización la Colina no se pueden tomar la lectura de 28 medidores cada mes, esto representa el 5.9% de toda la urbanización. Además se debe anotar que en el año 2014 hubo 40 lecturas erróneas.

De acuerdo al catastro realizado a los 478 medidores, el 74% ya cumplió con su vida útil que en la mayoría de los casos no debe ser superior a 10 años o 3000 m3 según los fabricantes. El 3% de los predios de la urbanización no cuentan con medidores de agua potable por lo que se les factura una tarifa fija, generando pérdidas económicas debido a que no es una facturación real de lo consumido.

Se realizó un nuevo diseño considerando una sola red de distribución para analizar otra alternativa de mejoramiento del sistema. Sin embargo debido a las restricciones en las normas, se manejan velocidades bajas que no presentan una gran mejora respecto al sistema actual, el cual ha sido bien concebido puesto que se constituyeron dos redes para los dos sectores. Es necesario entonces hacer una optimización del tanque de reserva.

El software EPANET ofrece un entorno de trabajo integrado, para el ingreso de datos de entrada para la red se puede interactuar con el programa AUTOCAD con la ayuda del programa gratuito EPACAD, con lo cual se ahorra tiempo en el trazado de las redes. Para que los reportes generados por el programa sean totalmente claros y didácticos, se recomienda poner como fondo de pantalla un mapa del sector.

El programa EPANET puede modelar en periodo extendido, ingresando un patrón de tiempo y de consumo de acuerdo a las máximas horas de demanda (horas pico), lo que significa que esta modelación está más próxima a la realidad.

RECOMENDACIONES

Para dar solución a los problemas de falta de servicio de agua potable o falta de presión en la red, especialmente a los moradores que están próximos al tanque (parte alta de la urbanización), se recomienda dividir el tanque de reserva actual en dos cámaras, una para cada red y colocar válvulas reguladores de caudales en el ingreso de cada cámara para en lo posible tratar de mantener un nivel que garantice un buen servicio a cada red.

Existen macromedidores que permiten obtener de manera continua la medición de caudales. En el anexo 19 se muestra el procedimiento que se sugiere para determinar las fugas no visibles en el sistema. Debido a las limitaciones se recomienda realizar una medición con macromedidores para hacer un diagnóstico más exacto.

Debido a que el tanque de reserva no cuenta con ningún dispositivo de cierre automático, para controlar el rebose nocturno en el tanque de reserva se recomienda la instalación urgente de una válvula de altitud de funcionamiento automático como la que se especifica en el anexo 20; sin olvidar las soluciones mencionadas anteriormente.

Se recomienda reubicar los medidores que se encuentran en lugares de difícil acceso a lugares totalmente visibles, con el fin de facilitar la tarea a la persona que va tomar la lectura. Además se recomienda emplear algún tipo de mecanismo como un medidor electrónico que evite los errores humanos al momento de tomar las lecturas de los mismos.

Se recomienda al GAD Municipal crear una política de sustitución de medidores que hayan cumplido la vida útil de 10 años o 3000 m^3, sin que presente necesariamente anomalías visibles, para así cumplir con las recomendaciones de los proveedores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arocha Ravelo Simón (1985), Abastecimientos de Agua Teoría y Diseño, Segunda Edición.

CEPIS (1979), Control de fugas en redes de distribución de agua potable, Dtiapa, Lima-Perú.

CEPIS (1981), Control de las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento de agua potable, Dtipa, Lima-Perú.

CEPIS (1980), Manual sobre control de fugas y mediciones en redes de distribución de agua potable, Dtiapa, Lima-Perú.

CEPIS (1980), Prevención de fugas y métodos empleados en la localización de las mismas, Dtipa, Lima- Perú.

Código Ecuatoriano de la Construcción (1992), Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposiciones de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, Quito-Ecuador.

Departamento de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui, Bases de diseño.

Departamento de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización del GAD Municipal del Cantón Rumiñahui, Información Comercial de lectura de medidores.

GAD Municipal del Cantón Rumiñahui, Ordenanza Municipal.

INEC, Censo de Población y Vivienda (CPV) 2010

Mataix Claudio. (1982), “Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas”, 2da edición. Ediciones del Castillo. Madrid-España.

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS2000)

U.S. Environmental Protection Agency, Manual del Usuario EPANET 2.0, Cincinnati-USA.

Vindas Villalobos Juan C. (2005). “Modelo para la cuantificación y desagregación de las pérdidas en sistemas de agua potable como herramienta para el establecimiento de un programa eficiente de reducción de pérdidas

ANEXOS

ANEXO N° 1

PLANO TOPOGRÁFICO URBANIZACIÓN LA COLINA
(ANEXO DIGITAL, VER CD)

ANEXO N° 2

PLANIMETRÍA URBANIZACIÓN LA COLINA
(ANEXO DIGITAL, VER CD)

ANEXO N° 3

LECTURAS Y VOLUMENES FACTURADOS AÑO 2014

ANEXO N° 4

CONSUMOS Y DOTACIONES TARIFA RESIDENCIAL Y COMERCIAL

ANEXO N° 5

CAUDALES DE CONSUMO AÑO 2015

ANEXO N° 6

INFORME EPANET EVALUACÓN RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE

(ANEXO DIGITAL, VER CD)

ANEXO N° 7

PLANO EVALUACIÓN RED DE DISTRIBUCIÓN
(ANEXO DIGITAL, VER CD)

ANEXO N° 8

REPORTE BANCO DE PRUEBAS MEDIDORES

ANEXO N° 9

VOLUMEN DE AGUA PRODUCIDO QUE INGRESA AL TANQUE LA COLINA

ANEXO N° 10

VOLUMEN DE AGUA NO FACTURADA

ANEXO N° 11

VOLUMEN DE AGUA DESBORDADO

ANEXO N° 12

VOLUMEN DE PÉRDIDAS POR FUGAS Y TARIFA FIJA

ANEXO N° 13

BASES DE DISEÑO DAPAC

BASES DE DISEÑO

NOMBRE-PROPIETARIO **ANDRANGO MARIA LUCILA**
CLAVE CATASTRAL: 030106003000

AGUA POTABLE

DOTACIÓN: 250 l/hb/día

COEFICIENTES DE MAYORIZACION

- Q máx. diario: 1.50
- Q máx. horario: 2.30

TIPO DE MATERIAL:

PVC x 1.25 MPa U/E

Ø minino = 63 mm.

CAUDAL PARA INCENDIOS

VOLUMEN DE RESERVA: 13 m^3 mínimo

TIEMPO DE LLENADO

12 HORAS

ANEXO N° 14

PLANO ÁREAS DE APORTACIÓN
(ANEXO DIGITAL, VER CD)

ANEXO N° 15

CAUDALES DE CONSUMO AÑO 2040

ANEXO N° 16

PLANO CAUDALES DE CONSUMO AÑO 2040
(ANEXO DIGITAL, VER CD)

ANEXO N° 17

INFORME EPANET REDISEÑO
(ANEXO DIGITAL, VER CD)

ANEXO N° 18

PLANO REDISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN
(ANEXO DIGITAL, VER CD)

ANEXO N° 19

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR FUGAS NO VISIBLES

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR FUGAS NO VISIBLES EN REDES DE AGUA POTABLE

PROCEDIMIENTO:

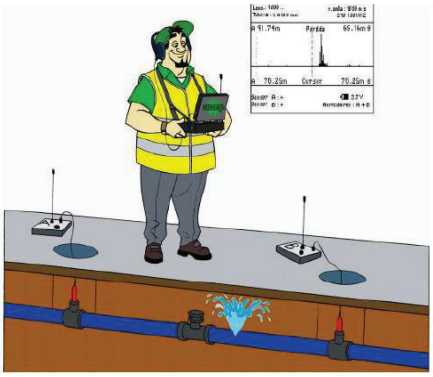
1. **DETERMINACIÓN DE UN SECTOR.-**
   Para establecer un sector de análisis debe ser un área que se tenga la total seguridad que solo tiene un vía de abasteciendo de agua.

2. **MEDICIÓN PERMANENTE (MACROMEDIDORES) O PERIÓDICAS (ULTRASONIDO).**
   Se realiza en la salida del tanque de reserva de manera continua con macromedidores. En caso de hacerla periódicamente se debe hacer durante 8 días consecutivos o 5 días incluido necesariamente un fin de semana.

3. **COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA MEDICIÓN CON LO FACTURADO.**
   Con los registros de los consumos facturados de todos los moradores de ese sector, se compara con los valores obtenidos en la medición en la salida de los tanques. En caso de haber una diferencia significativa (más del 15%) se lo puede considerar un sector con potencial presencia de fugas.

4. **DETERMINACIÓN DE SUBSECTORES.**
   Un subsector está comprendido entre dos isoyetas de presión en las cuales la diferencia de presión entre ellas sea de 30 m.c.a, a esto se lo conoce como sub-sectorización hidráulica.

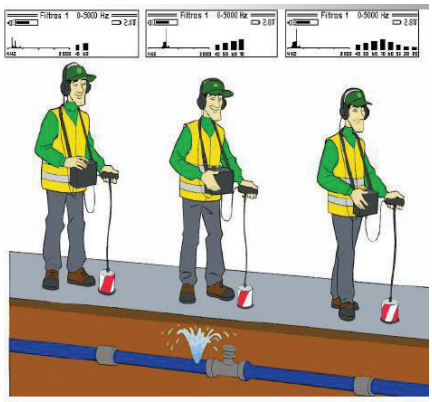
5. **INSTALACIÓN DE PRE-LOCALIZADORES EN LOS SUBSECTORES.**
   Se instalan en lugares visibles de la red de distribución, generalmente en las válvulas. Los pre-localizadores detectan o registran ruidos que se producen en las redes.



FUENTE: AKUT LATINAGUAS

6. **GEOFONAMIENTO.**

   Inspección de los tramos de la red en los que los pre-localizadores detectaron ruidos para localizar el lugar exacto de la fuga.



FUENTE: AKUT LATINAGUAS

7. **REPARACIÓN.**

   Una vez que se detecta el lugar de la fuga se envía una cuadrilla para su posterior reparación.

ANEXO N° 20

VÁLVULA DE ALTITUD

ANEXO N° 21

ALGORITMO DE GRADIENTE