



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO**

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN
INGENIERIA**

FACULTAD DE INGENIERIA

**REVISIÓN HIDRÁULICA Y SECTORIZACIÓN DE UNA RED DE
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE Y SU APLICACIÓN A LA ZONA
PONIENTE DE LA CIUDAD DE TEPIC, NAYARIT**

T E S I S

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERIA
(HIDRÁULICA)**

P R E S E N T A

ANA A. PALACIOS FONSECA

DIRECTOR DE TESIS

DR. OSCAR FUENTES MARILES



MEXICO D.F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias

*A mi hija Ana Estefanía,
por ser mi inspiración cada día.*

*A mi mamá Alicia Fonseca y mi hermana
Cecilia, sin su apoyo jamás lo hubiera logrado.*

A Dios por permitirme llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)**, al **Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)** y al **Instituto de Ingeniería de la UNAM**, por la oportunidad de estudiar ahí, y comenzar mi vida profesional en esos avanzados centros de investigación del país.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)**, por la beca económica que me otorgo durante la maestría.

Al **Dr. Velitchko Tzatchkov**, por su guía para la realización de la tesis, y la oportunidad de colaborar con él.

Al **Dr. Oscar Fuentes Mariles**, por sus valiosas asesorías y apoyo durante la realización de la tesis.

Al **Dr. Leonel Ochoa Alejo**, por su comprensión y asesorías para el comienzo de este trabajo.

Al **Dr. Carlos Escalante** y el **Dr. Aldo Iván** por su comprensión y apoyo para la terminación de mis estudios de maestría.

A mis profesores durante la maestría por brindarme sus conocimientos, con mucha estimación al **M.I. Víctor Franco**, al **Dr. Carlos Fuentes Cruz**, **Dr. Berezowsky**, **Dr. Ramón Domínguez**, **Dr. Gracia**, **Dr. Paz Soldan**, **M.I. Edmundo Pedroza**, **Dr. Nahun.**, así también agradezco al **M.I. Víctor Alcocer** y **M.I. Víctor Bourguett**.

Al personal de la **Subcoordinación de Hidráulica Urbana del IMTA**. De igual forma a las áreas de **Operación, Proyectos, Hidrometría e Informática del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Tepic (SIAPA)**, por las facilidades otorgadas para la realización del estudio.

Agradezco infinitamente a mis compañeros y amigos de la maestría, en particular a mi gran amigo **M.I. Daniel Feliciano García** por su apoyo incondicional, palabras de aliento en momentos adversos, por su sinceridad y confianza y al **Ing. Vladimir Contreras** por su infinito apoyo y comprensión en todo momento, mi hija y yo te lo agradecemos.

A mis compañeros del Instituto de Ingeniería, **M.I. Gabriel Espinoza**, **M.I. Luis Alanis**, **M.I. Martín**, **M.I. Faustino**, **M.I. José Luis**, **M.I. Enedino**, **M.I. Patricia Wong** y la **Dr. Diana**, **Juan Orozco**. Mis compañeros del IMTA, **Daniel Díaz**, **Fabiola** y **Ramiro**. A mi amiga **Yanette**, **Avidán**, muchas gracias.

“Lo grave no es caer, sino permanecer caído”

INDICE

Índice

Introducción

CAPITULO 1. ANTECEDENTES.....	3
1.1. USO EFICIENTE DEL AGUA	5
1.2. REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS.....	7
1.2.1. Diagnóstico del sistema.....	8
1.2.2. Macromedición y Micromedición	10
1.2.3. Sectorización de redes de agua potable	13
1.2.4. Modelación hidráulica.....	14
1.3. ELIMINACION Y CONTROL DE PÉRDIDAS A CORTO Y MEDIANO PLAZO ...	18
CAPITULO 2. SELECCIÓN DE DISTRITOS HIDROMÉTRICOS.....	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA CIUDAD DE TEPIC.....	21
2.1.1. Aspectos físicos.....	21
2.1.2. Aspectos socioeconómicos	22
2.1.3. Situación del sistema de agua potable de Tepic	22
2.2. SELECCIÓN DE DISTRITOS HIDROMÉTRICOS	29
2.2.1. Santa Fe.....	33
2.2.2. San Juan.....	39
2.2.3. Lagos del Country	44
CAPITULO 3. DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LOS TRES	
DISTRITOS HIDROMETRICOS.....	49
3.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO	51
3.1.1. Cuantificación del Suministro	51
3.1.2. Cuantificación de Consumos.....	59
3.1.3. Cuantificación de Perdidas en el Sistema.....	83
3.2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CADA DH.....	114
3.2.1. DH Santa Fe	115
3.2.2. DH San Juan.....	118
3.2.3. DH Lagos del Country	120
3.2.4. Volumen Anual Total de Pérdidas.....	122
CAPITULO 4. REVISION HIDRÁULICA Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE	
LA SECTORIZACION MEDIANTE EL MODELO DE SIMULACIÓN.....	123
4.1. INTRODUCCIÓN DE LA RED DENTRO DEL PROGRAMA DE SIMULACION	
HIDRÁULICA	125
4.1.1. Calculo de la demanda	125
4.1.2. Modelación hidráulica mediante análisis estático	127
4.2. REVISION HIDRAULICA Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO PARA CADA	
DISTRITO HIDROMÉTRICO.....	129
4.2.1. DH Santa Fe	129
4.2.2. DH San Juan.....	135
3.1.1 DH Lagos del Country	139
CAPITULO 5. PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS A CORTO Y MEDIANO	
PLAZO Y SU SIMULACIÓN PROSPECTIVA DE LA RED.....	147

<i>CAPITULO 5. PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS A CORTO Y MEDIANO PLAZO Y SU SIMULACIÓN PROSPECTIVA DE LA RED.....</i>	<i>147</i>
5.1. PROGRAMA DE REDUCCION DE PERDIDAS A CORTO Y MEDIANO PLAZO	149
5.1.1. Análisis de la población	149
5.1.2. Proyección a corto (2010) y mediano plazo (2015).....	150
5.2. ANALISIS DE LA SIMULACION PROSPECTIVA A CORTO (2010) Y MEDIANO PLAZO (2015).....	165
5.2.1. DH Santa Fe	165
5.2.2. DH San Juan.....	169
5.2.3. DH Lagos del Country	173
<u>CAPITULO 6. CONCLUSIONES.....</u>	<u>177</u>
<u>Referencias.....</u>	<u>183</u>
<u>Bibliografía.....</u>	<u>183</u>

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Técnicas de uso eficiente del agua [Arreguín C., 2000]	6
Tabla 1.2. Técnicas de uso eficiente del agua en el medio municipal [Grisham y Fleming, 1989].....	6
Tabla 2.1. Indicadores de producción y consumo en materia de Agua Potable y Alcantarillado [SIAPA, 2006]	23
Tabla 2.2. Infraestructura del Sistema de Agua Potable de Tepic [SIAPA, 2006].....	24
Tabla 2.3. Registros de Captación [SIAPA, Octubre 2006].....	25
Tabla 2.4. Relación de tanques de Almacenamiento y/o Regulación [SIAPA, 2006]	27
Tabla 2.5. Colonias por sectores, número de contratos y habitantes [SIAPA, OCTUBRE 2006]	31
Tabla 2.6. Datos de Población y Vivienda [INEGI, 2000].....	31
Tabla 2.7. Contratos Tarifa Fija y Servicio Medido	33
Tabla 2.8. Total de contratos y población.....	33
Tabla 2.9. Pozo y Tanque correspondiente	35
Tabla 2.10. Longitud de Tubería de la Red.....	36
Tabla 2.11. Consumos por colonia.....	36
Tabla 2.12. Gastos requeridos	37
Tabla 2.13. Coeficientes de Regularización R para cálculo de la capacidad de Regularización.....	38
Tabla 2.14. Calculo de la capacidad de Regularización.....	38
Tabla 2.15. Contratos Tarifa Fija y Servicio Medido	39
Tabla 2.16. Total de contratos y población.....	39
Tabla 2.17. Pozo y Tanque correspondiente	41
Tabla 2.18. Longitud de Tubería de la Red.....	42
Tabla 2.19. Calculo de Consumos.....	42
Tabla 2.20. Gastos requeridos	42
Tabla 2.21. Calculo de la capacidad de Regularización.....	43
Tabla 2.22. Contratos Tarifa Fija y Servicio Medido	44
Tabla 2.23. Total de contratos y población.....	44
Tabla 2.24. Pozo y Tanque correspondiente	46
Tabla 2.25. Longitud de Tubería de la Red.....	46
Tabla 2.26. Calculo de Consumos.....	47
Tabla 2.27. Gastos requeridos	47
Tabla 2.28. Calculo de la capacidad de Regularización.....	48
Tabla 3.1. Total de contratos por DH	60
Tabla 3.2. Numero de usuarios con micromedidor para cada colonia y DH (Oct., 2006 SIAPA).....	60
Tabla 3.3. Numero de usuarios con micromedidor para cada colonia y DH.....	61
Tabla 3.4. Tamaño de Muestra Final para cada DH.....	62
Tabla 3.5. Porcentaje promedio de error en la Micromedición para cada colonia del DH.....	64
Tabla 3.6. Promedio de error de Micromedición por DH y sus consumos establecidos.....	65
Tabla 3.7. Volumen anual consumido para el DH SANTA FE (2006).....	65
Tabla 3.8. Porcentaje promedio de error en la Micromedición para cada colonia del DH San Juan ...	67
Tabla 3.9. Promedio de error de Micromedición por DH y sus consumos establecidos.....	68
Tabla 3.10. Volumen anual consumido para el DH SAN JUAN (2006).....	69
Tabla 3.11. Porcentaje promedio de error en la Micromedición para cada colonia del DH Lagos del Country.....	71
Tabla 3.12. Promedio de error de Micromedición por DH y sus consumos establecido	72
Tabla 3.13. Volumen anual consumido para el DH LAGOS DEL COUNTRY (2006).....	72
Tabla 3.14. Volumen registrado de Micromedición para el año 2006 en la ciudad	73
Tabla 3.15. Volumen registrado de Micromedición para el año 2006 en la zona en estudio antes del ajuste de errores.....	73
Tabla 3.16. Volumen corregido de Micromedición después del ajuste.....	73
Tabla 3.17. Volumen anual Promedio de Micromedición para los DH (2006)	74
Tabla 3.18. Contratos de Tarifa fija en la ciudad y la zona en estudio.....	75
Tabla 3.19. Clasificación del sistema tarifario para consumos domésticos del SIAPA (2006).....	76
Tabla 3.20. Consumos asignados para cada tipo de tarifa.....	76

Tabla 3.21. Consumos asignados para cada colonia y cada DH.....	77
Tabla 3.22. Servicios aplicados para el tipo de Tarifa 3A de acuerdo a la clasificación del SIAPA y su consumo mensual asignado.....	78
Tabla 3.23. Servicios aplicados para el tipo de Tarifa 4A de acuerdo a la clasificación del SIAPA y su consumo mensual asignado.....	78
Tabla 3.24. Servicios aplicados para el tipo de Tarifa 5A de acuerdo a la clasificación del SIAPA y su consumo mensual asignado.....	79
Tabla 3.25. Usuarios comerciales y su tipo de tarifa asignada de acuerdo a la clasificación del SIAPA y su consumo mensual asignado.....	80
Tabla 3.26. Volumen anual TOTAL de TARIFA FIJA para los DH (2006).....	81
Tabla 3.27. Volumen anual consumido para el DH SANTA FE (2006).....	81
Tabla 3.28. Volumen anual consumido para el DH SAN JUAN (2006).....	82
Tabla 3.29. Volumen anual consumido para el DH LAGOS DEL COUNTRY (2006).....	82
Tabla 3.30. Volumen de Fugas no visibles en tomas.....	91
Tabla 3.31. Volumen de Fugas no visibles en red.....	91
Tabla 3.32. Volumen de Fugas visibles en tomas.....	92
Tabla 3.33. Volumen de Fugas visibles en red.....	92
Tabla 3.34. Resumen de volúmenes de fugas estimados para el DH Santa Fe.....	92
Tabla 3.35. Volumen de Fugas no visibles en tomas.....	97
Tabla 3.36. Volumen de Fugas visibles en tomas.....	97
Tabla 3.37. Volumen de Fugas no visibles en red.....	97
Tabla 3.38. Volumen de Fugas visibles en red.....	97
Tabla 3.39. Resumen de volúmenes de fugas estimados para el DH San Juan.....	97
Tabla 3.40. Relación de fugas no visibles en tomas domiciliarias en Distrito Lagos del Country.....	100
Tabla 3.41. Relación de fugas visibles en tomas domiciliarias en Distrito Lagos del Country.....	100
Tabla 3.42. Volumen de Fugas no visibles en tomas.....	104
Tabla 3.43. Volumen de Fugas visibles en tomas.....	104
Tabla 3.44. Volumen de Fugas visibles en red.....	104
Tabla 3.45. Resumen de volúmenes de fugas estimados para el DH Lagos del Country.....	104
Tabla 3.46. Volumen anual estimado de fugas para los DH (2006).....	105
Tabla 3.47. Listados de Tomas Clandestinas encontradas en el DH Santa Fe.....	107
Tabla 3.48. Tomas Clandestinas descubiertas en el DH SANTA FE y su volumen estimado ANUAL (2006).....	108
Tabla 3.49. Listados de Tomas Clandestinas encontradas en el DH San Juan.....	109
Tabla 3.50. Tomas Clandestinas descubiertas en el DH SAN JUAN y su volumen estimado ANUAL (2006).....	110
Tabla 3.51. Listados de Tomas Clandestinas encontradas en el DH Lagos del Country.....	111
Tabla 3.52. Tomas Clandestinas descubiertas en el DH LAGOS DEL COUNTRY y su volumen estimado ANUAL (2006).....	113
Tabla 3.53. Tomas Clandestinas descubiertas en Zona en Estudio y su volumen estimado ANUAL (2006).....	113
Tabla 3.54. Resumen de Resultados del Balance Hidráulico para el DH SANTA FE (volumen consumido y pérdidas en el sistema después del estudio).....	115
Tabla 3.55. Resumen de Resultados del Balance Hidráulico para el DH SAN JUAN (volumen consumido y pérdidas en el sistema después del estudio).....	118
Tabla 3.56. Resumen de Resultados del Balance Hidráulico para el DH Lagos del Country (volumen consumido y pérdidas en el sistema después del estudio).....	120
Tabla 3.57. Volumen anual total de pérdidas en los tres DH.....	122
Tabla 4.1. Fórmulas de Pérdida de Carga para tubería llena (las pérdidas se expresan en mca y el caudal en m ³ /s).....	128
Tabla 4.2. Coeficientes de Rugosidad para Tubería Nueva.....	128
Tabla 4.3. Presiones Mínimas y máximas en el DH Santa Fe, de acuerdo a la modelación de proyecto.....	129
Tabla 4.4. Presiones Mínimas y máximas en el DH San Juan,.....	135
Tabla 4.5. Presiones Mínimas y máximas en el DH Lagos del Country, de acuerdo a la modelación de proyecto.....	139

<i>Tabla 5.1. Población ajustada en cada modelo</i>	151
<i>Tabla 5.2. Población para cada DH del año 2006 aL 2015</i>	152
<i>Tabla 5.3. Población para cada colonia del DH del año 2005 aL 2015.....</i>	152
<i>Tabla 5.4. Contratos por colonia del DH del año 2005 aL 2015.....</i>	153
<i>Tabla 5.5. Volumen y porcentaje de pérdidas y consumos con y sin programa de reducción de pérdidas para el DH Santa Fe.....</i>	154
<i>Tabla 5.6. Programa de Reducción de pérdidas a corto y mediano plazo para el DH Santa Fe.....</i>	155
<i>Tabla 5.7. Volúmenes anuales obtenidos con el programa de reducción a 20% las pérdidas.....</i>	156
<i>Tabla 5.8. Volumen y porcentaje de pérdidas y consumos para el DH San Juan.....</i>	157
<i>Tabla 5.9. Programa de Reducción de pérdidas a corto y mediano plazo para el DH San Juan.....</i>	159
<i>Tabla 5.10. Volúmenes anuales obtenidos con el programa de reducción a 20% las pérdidas.....</i>	160
<i>Tabla 5.11. Volumen y porcentaje de pérdidas y consumos para el DH Lagos del Country.....</i>	161
<i>Tabla 5.12. Programa de Reducción de pérdidas a corto y mediano plazo para el DH Lagos del Country.....</i>	162
<i>Tabla 5.13. Volúmenes anuales obtenidos con el programa de reducción a 20% las pérdidas.....</i>	163
<i>Tabla 5.14. Volúmenes anuales obtenidos con el programa de reducción a 20% las pérdidas.....</i>	164
<i>Tabla 5.15. Proyecciones del distrito.....</i>	165
<i>Tabla 5.16. Proyecciones del distrito.....</i>	169
<i>Tabla 5.17. Proyecciones del distrito.....</i>	173

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Relación de tomas con medidores/volumen medido.....	11
Figura 1.2. Principio de conservación de la masa.....	15
Figura 2.1. Localización geográfica Tepic	22
Figura 2.2. Población Tepic [INEGI 2000, SIAPA 2006].....	22
Figura 2.3. Cobertura del servicio de agua potable, dotación media y agua no contabilizada en algunas localidades con población mayor a 50 mil habitantes [INEGI, 2000]	23
Figura 2.4. Esquema general de la red de distribución de agua potable y sectores que comprende la ciudad de Tepic	30
Figura 2.5. Esquema de la Zona con los 3 distritos en estudio: Sta Fe, San Juan y Lagos del Country.....	32
Figura 2.6. Localización del Distrito Hidrométrico Santa Fe	34
Figura 2.7. Localización del Distrito hidrométrico San Juan.....	40
Figura 2.8. Tanque San Juan	41
Figura 2.9. Localización del Distrito Hidrométrico Lagos del Country.....	45
Figura 3.1. Instalación de válvula y medidor electromagnético a la descarga del pozo Santa Fe, de 10" de diámetro.....	52
Figura 3.2. Gráfica de Caudal y Presión en DH Santa Fe	53
Figura 3.3. Instalación de Medidor electromagnético de inserción y un registrador tipo Log-Log, en tubería de 8" a la salida del tanque San Juan.....	54
Figura 3.4. Gráfica de medición de presiones y gastos en DH San Juan	55
Figura 3.5. Instalación y configuración del Medidor electromagnético de inserción y un registrador tipo Log-Log, en tubería de 8" a la salida del Pozo "Fovissste Colosio" y en la tubería de acero de 6" ϕ a la salida del tanque Lagos del Country.....	56
Figura 3.6. Gráfica de medición de caudales y presión a la salida del pozo "Fovissste Colosio" de Lagos del Country.	57
Figura 3.7. Gráfica de medición de caudales y presión a la bajada del tanque de Lagos del Country.....	58
Figura 3.8. Porcentaje de Micromedición por DH	60
Figura 3.9. Evaluación de Micromedidores en campo	63
Figura 3.10. Evaluación de Micromedidores en campo	66
Figura 3.11. Jarra patrón de 20 l, de la marca Braunker, calibrada en laboratorio acreditado conforme a las normas vigentes NOM-041- SCFI-1997, NOM-042-SCFI-1997 Y LA NMX-CH-049-1996-IMNC.	70
Figura 3.12. Evaluación de Micromedidores en campo	70
Figura 3.13. Equipo electroacústico y personal de Detección de fugas	84
Figura 3.14. Detección de fugas no visibles con equipos electroacústico de detección directa, en tomas domiciliarias	85
Figura 3.15. Toma de presión en toma domiciliaria doméstica de 1/2".	85
Figura 3.16. Ejemplo Usuario que presenta fuga no visible y además no tiene medidor y estaba accesible para los trabajos de detección en Colonia Santa Fe, calle Talpa no. 28	86
Figura 3.17. Localización de sitios con fugas en tomas en el DH Santa Fe	87
Figura 3.18. Localización de sitios con fugas en red en el DH Santa Fe	89
Figura 3.19. Detección de fugas no visibles con equipos electroacústico de detección directa, en tomas y su toma de presión	93
Figura 3.20. Sitios de fugas en tomas domiciliarias en el DH San Juan	94
Figura 3.21. Sitios de fugas en red en el DH San Juan.....	96
Figura 3.22. Toma de presión en toma domiciliaria doméstica de 1/2". Con un valor de 0.5 y en otra zona con una presión de 0.9 Kg/cm ²	99
Figura 3.23. Sitios de fugas en tomas domiciliarias del DH Lagos del Country	101
Figura 3.24. Sitios de fugas en red del DH Lagos del Country.....	103
Figura 3.25. Balance de agua (basado en AWWA e IWA).....	114
Figura 4.1. Componentes físicos de un Sistema de Distribución de Agua en EPANET.....	125
Figura 4.2. Distribución de la demanda por áreas de influencia de los nudos.....	126
Figura 4.3. Características de los nodos.	126

<i>Figura 4.4. Características de las tuberías.....</i>	127
<i>Figura 4.5. Valores de presión en la simulación de condición actual.</i>	130
<i>Figura 4.6. Valores de presión después de realizar las propuestas.....</i>	132
<i>Figura 4.7. Tramo cerrado en EPANET.</i>	133
<i>Figura 4.8. Colocación de VRP en calle 5 (Col. Buenos Aires) y en calle San Lazaro, esq. Guadalupe (Col. Santa Fe).....</i>	134
<i>Figura 4.9. Valores de presión en la simulación de condición actual.....</i>	136
<i>Figura 4.10. Valores de presión después de realizar las propuestas.....</i>	137
<i>Figura 4.11. Colocación de VRP en Av. Jacarandas (Col. San Juan).....</i>	138
<i>Figura 4.12. DH Lagos del Country en la simulación actual.....</i>	140
<i>Figura 4.13. Bombeo directo hacia la colonia lagos del country, como se aprecia en el modelo actual (izquierda) y su eliminación en la propuesta (derecha).....</i>	141
<i>Figura 4.14. Colocación de un tanque por Av. Lagos del Country (a la izquierda la simulación actual con presiones negativas y a la derecha la simulación propuesta).....</i>	143
<i>Figura 4.15. Tramos cerrados cercanos al tanque Colosio.....</i>	144
<i>Figura 4.16. Valores de presión después de realizar las propuestas.....</i>	145
<i>Figura 5.1. Gráfica de los Modelos de ajuste de la población.....</i>	151
<i>Figura 5.2. Reducción en la dotación con el programa de pérdidas.....</i>	156
<i>Figura 5.3. Reducción en la dotación con el programa de pérdidas.....</i>	160
<i>Figura 5.4. Reducción en la dotación con el programa de pérdidas.....</i>	163
<i>Figura 5.5. Variación en la presión y en la demanda para cada periodo en estudio.....</i>	166
<i>Figura 5.6. Simulación hidráulica en el año 2010.....</i>	167
<i>Figura 5.7. Simulación hidráulica en el año 2015.....</i>	168
<i>Figura 5.8. Variación en la presión y en la demanda para cada periodo en estudio.....</i>	170
<i>Figura 5.9. Simulación hidráulica en el año 2010.....</i>	171
<i>Figura 5.10. Simulación hidráulica en el año 2015.....</i>	172
<i>Figura 5.11. Variación en la presión y en la demanda para cada periodo en estudio.....</i>	174
<i>Figura 5.12. Simulación hidráulica en el año 2010.....</i>	175
<i>Figura 5.13. Simulación hidráulica en el año 2015.....</i>	176

INTRODUCCION

Uno de los problemas de aprovisionamiento de agua potable en las ciudades son el agotamiento de las fuentes locales, la contaminación de éstas y los costos elevados de captación y conducción

Uso eficiente del Agua significa optimar el uso del agua y de la infraestructura existente, con la participación activa de los usuarios [Arreguín C., 1991]. Existen diversas maneras para eficientar el uso del agua, pero talvez la más importante es aplicar un programa de Reducción de Pérdidas.

Teóricamente las pérdidas físicas representan la diferencia entre el volumen captado de la fuente y la suma de los consumos de los diferentes usuarios. En México en el sector urbano se alcanza el 50% de pérdidas, mientras que en los países desarrollados se sitúan alrededor del 15% [Arreguín C., 1991].

Para el control de pérdidas se requiere de la realización de un diagnóstico del sistema de agua potable, el cual es mencionado dentro del libro “Reducción Integral de Pérdidas de Agua Potable” [L. Ochoa, V. Bourguett] y el manual de la *American Water Works Association* [AWWA, 1990].

El “Diagnóstico” consiste en un balance de agua del sistema tomando en cuenta consumos medidos y consumos no medidos más un estimado de pérdidas lo que da por resultado el suministro total de agua.

Para la evaluación del sistema de agua potable se recomienda realizar un diagnóstico por sectores representativos de la población en los que existan pérdidas importantes de agua.

La metodología para el diagnóstico tiene varios niveles de aproximación dependiendo del método utilizado, por un lado se considera una evaluación por medición, muestreo y encuesta y por otro una estimación basada en registros históricos.

El análisis estadístico de los registros históricos aporta datos reales de demanda con estos indicadores es posible entonces realizar los trabajos de mejoramiento a la red y aplicar modelos de simulación hidráulica. Estos criterios enfatizan el aprovechamiento de la infraestructura existente, esto se puede lograr con la simulación actual del funcionamiento de la red mediante algunos programas de modelación como el “EPANET” el cual brinda las posibilidades de diseñar o revisar una red.

Se recomienda que esa revisión hidráulica se haga dentro de una visión prospectiva a mediano y largo plazo, para así obtener la eficiencia real del sistema en cada distrito en estos periodos de análisis. Es importante que el modelo se calibre con datos de campo.

El propósito de ésta tesis es elaborar un proyecto piloto de sectorización, que servirá como base y metodología en este tipo de estudios y su posterior aplicación hacia otras zonas de la ciudad.

El objetivo particular consiste en una revisión hidráulica de tres Distritos Hidrométricos de la red de agua potable de la ciudad de Tepic, Nayarit. En ella se obtendrá la eficiencia del sistema mediante un diagnóstico y se encontrarán valores reales de consumo por habitante. Con base en lo anterior se harán propuestas de mejoramiento a la red. Además se evaluará la recuperación de caudales en un periodo de análisis a corto y mediano plazo, el cual tiene que incluir un análisis beneficio-costos.

El contenido de la presente tesis se menciona brevemente a continuación.

En el Capítulo uno se explican las ventajas de aplicar programas de reducción de pérdidas y los pasos para obtener el diagnóstico y la revisión hidráulica. Se presentan los objetivos básicos a seguir en un corto y mediano plazo, de acuerdo al Manual de Reducción Integral de pérdidas de agua potable [L. Ochoa, 2000], y la AWWA.

En el Capítulo dos se describen las características físicas y socioeconómicas de la población de la ciudad de Tepic como zona en estudio, su infraestructura y situación del sistema de agua potable. Se realiza la descripción de los tres distritos hidrométricos seleccionados y sus características de consumo, captación y abastecimiento así como su demanda requerida por sector.

En el Capítulo tres se realiza un diagnóstico de cada uno de los distritos; la cuantificación del suministro con mediciones de caudal y presión en las fuentes, cuantificación del consumo mediante el análisis de los registros de Micromedición, y la estimación de consumos por habitante y su extrapolación hacia los usuarios con cuota fija. Se cuantifican las pérdidas y se corroboran con actividades de campo como la detección de fugas tanto en tomas domiciliarias como en red. Se realiza el ajuste por error en la Micromedición y otras pérdidas como las generadas por consumidores no autorizados. De esta manera se elabora el diagnóstico para cada uno de los distritos con su respectivo balance hidráulico.

En el Capítulo cuatro se presenta la modelación hidráulica de los distritos. Se revisan las demandas y las cargas disponibles y se generan propuestas de mejoramiento a la red.

En el Capítulo cinco se propone un programa de reducción de pérdidas a corto y mediano plazo mediante la recuperación de caudales. Se analiza la simulación de las propuestas de la red para los periodos de análisis y su impacto en el funcionamiento hidráulico de la red.

En el Capítulo seis se presentan las conclusiones y recomendaciones a partir de los resultados del balance hidráulico y el diagnóstico obtenido en el estudio, las ventajas de la aplicación de las propuestas generadas en la revisión hidráulica y su aplicación a un corto y mediano plazo, así también las ventajas de aplicar un programa de recuperación de caudales para ese periodo de análisis y sus ahorros obtenidos.

CAPITULO 1. ANTECEDENTES

1.1. USO EFICIENTE DEL AGUA

Gran parte de la Tierra está cubierta por agua, el 70%, pero solo un 2% de ésta es agua dulce, de la cual solo el 0.014% queda disponible en forma superficial. Igualmente éste porcentaje de agua queda distribuido de una manera irregular. Siendo insuficiente tomando en cuenta que cada persona consume una dotación de 50 litros por día.

En México uno de los componentes para atender estos problemas son los *programas de uso eficiente del agua*, implantados desde 1984, una herramienta a largo plazo, la más barata de suministro adicional y muchas veces la única opción disponible. No sólo aporta beneficios al sistema que lo efectúa, también significa mejoras para otros usuarios. El uso racional del agua nos puede ahorrar la construcción de más obras de abastecimiento, gestión de créditos para derechos de agua, uso de maquinaria y equipos, recursos para la gestión de planes para la conservación del suministro, así como de obras de riego, generación hidroeléctrica o hasta recreación. [Arreguín C., 2000].

Es importante promover el uso eficiente del agua y tratar de eliminar algunas actividades de manera paulatina que afecten el uso racional del recurso. Algunos de esos enemigos es la aplicación de subsidios porque generan un comportamiento en la población contraria al cuidado del agua

Otro problema grave por resolver son las fugas en tomas domiciliarias, en México, un 80 y 90% de las fugas ocurren en domicilios [L. Ochoa, V. Bourguett, 2001]. Los volúmenes de agua perdida en fugas son del 36% del agua suministrada a una ciudad. En la ciudad se suponen de dos a cinco años de duración de una fuga en área seminueva, de un año en área nueva y de diez años en zonas muy viejas (zona centro). También hay que tomar en cuenta las pérdidas por agua no contabilizada las cuales alcanzan el 39% del agua total suministrada.

Mediante el desarrollo de una estructura de precios que refleje el costo real del agua, se manda a los consumidores la señal correcta acerca del valor del agua y tendrán más interés en aprovechar las oportunidades para su uso eficiente.

Además es prioridad que exista medidas de tipo estructural, como la sustitución de tuberías, reparación de fugas, reducción de pérdidas en plantas potabilizadoras, manejo de presiones en los sistemas.

Desde el punto de vista del medio ambiente el bombeo excesivo, puede causar problemas de abastecimiento, también la generación de desperdicios afecta la calidad del agua y la efectividad de las plantas de tratamiento.

El uso eficiente del agua es de suma importancia en recursos ambientales, como lo es la conservación del agua, porque asegura un desarrollo sostenible para los habitantes de hoy y las generaciones futuras.

En la Tabla 1.1 se resumen algunas actividades que pueden implantarse para promover el uso eficiente del agua en una ciudad.

Tabla 1.1 Técnicas de uso eficiente del agua [Arreguín C., 2000]

Ámbito	Técnicas	Ejemplos
Ciudad	Educación	Programas escolares
	Detección y reparación de fugas	Distritos Pitométricos
	Medición	Auditorías de agua Programas de macro y Micromedición
	Tarifas	Escalonadas
	Reglamentación	A nivel ciudad, domicilio o actividad
Casas	Interiores	Excusados de bajo consumo
		Regaderas
		Lavadoras
		Detección de fugas
	Exteriores	Riego eficiente en jardines
		Uso de plantas nativas

En este concepto se resumen y agrupan las técnicas de uso eficiente del agua así como su respectivo porcentaje de reducción en el consumo (Tabla 1.2).

Tabla 1.2. Técnicas de uso eficiente del agua en el medio municipal [Grisham y Fleming, 1989]

Técnica	Ventajas	Desventajas	Reducción del consumo en %
Medición	<ul style="list-style-type: none"> Fácil de implantar 	<ul style="list-style-type: none"> Altos costos de capital 	25% en áreas que no tienen medición
	<ul style="list-style-type: none"> Mayor potencial de ahorro 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere cambios en las tarifas 	
Reparación de fugas	<ul style="list-style-type: none"> Reduce el agua no contabilizada 	<ul style="list-style-type: none"> Los costos pueden sobrepasar los del agua ahorrada 	9% aproximadamente
Tarifas	<ul style="list-style-type: none"> Pueden inducir fuertemente al ahorro 	<ul style="list-style-type: none"> Objeción de los usuarios 	10%
		<ul style="list-style-type: none"> Requiere estructuras bien diseñadas para ser efectivas 	
Dispositivos ahorradores	<ul style="list-style-type: none"> Baratos 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere la cooperación del usuario 	Al menos 10% del consumo residencial
	<ul style="list-style-type: none"> Ahorros rápidos 		
Reglamentación	<ul style="list-style-type: none"> Gran potencial de ahorro 	<ul style="list-style-type: none"> Posible resistencia de constructores 	Sobre un 10% del uso residencial
	<ul style="list-style-type: none"> Reduce aguas residuales 		
Restricciones al uso	<ul style="list-style-type: none"> Efectivo en los exteriores de las casas, especialmente en sequías 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere la cooperación del usuario 	25% del uso residencial
		<ul style="list-style-type: none"> Difícil de establecer 	
Reuso y jardines eficientes	<ul style="list-style-type: none"> Ahorros significativos 	<ul style="list-style-type: none"> Baja aceptación de los usuarios 	25% del uso residencial
	<ul style="list-style-type: none"> Bajo mantenimiento de las plantas nativas 	<ul style="list-style-type: none"> Preferencias de los usuarios para determinadas plantas Puede no haber disponibilidad de plantas nativas 	
Educación	<ul style="list-style-type: none"> Puede cambiar malos hábitos 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere un esfuerzo bien planeado y coordinado 	5%
	<ul style="list-style-type: none"> Resultados a largo plazo 		
	<ul style="list-style-type: none"> Promueve la participación voluntaria 		

1.2. REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS

El Control de Pérdidas es una estrategia que permite optimar la infraestructura instalada ya que admite que más usuarios dispongan de agua sin tener que aumentar la capacidad de producción de infraestructura.

Con base en las estadísticas, cada sector arroja los siguientes porcentajes de pérdidas:

- *Sector Agrícola*: siendo el que consume mas agua, 80% a nivel mundial tiene una eficiencia solo del 37%
- *Sector Urbano*: en los países *sub-desarrollados* alcanzan el 50% en pérdidas, mientras que en los países *desarrollados* se sitúan alrededor del 15%
- *Sector Industrial*: consume el 12% de agua de una ciudad, pero la desperdicia y deteriora su calidad.

En los países *desarrollados* a mediados de los 70's y principios de los 80's se logró reducir hasta un 30% los índices de pérdidas gracias a algunas medidas de control como: medir el consumo de agua, establecer políticas tarifarias coherentes y realizar campañas de concientización a los usuarios para utilizar el agua en forma racional [CEPIS. REPINDEX 48., 1993].

En México se ha encontrado que el 89% de las pérdidas ocurre en las tomas domiciliarias y el restante 11% en la red [Ochoa et al., 1990]. Los principales problemas de abastecimiento en las ciudades son el agotamiento de las fuentes locales, la contaminación de éstas y los costos elevados de captación y conducción. Algunas razones son que utilizan tecnologías derrochadoras de agua, no se reusa el líquido, existe deficiencia en los sistemas de facturación y cobranza; tarifas que no cubren los costos y además poca conciencia de la ciudadanía.

En el marco de la sustentabilidad y la disponibilidad del recurso hídrico y financiero, los directivos de los organismos operadores de agua potable del país enfrentan el reto de mejorar la eficiencia global en la prestación de sus servicios, que se estima en 30% [L. Ochoa, V. Bourguett, 2006]

La eficiencia global es el producto de la eficiencia física por la comercial y se asocia con el volumen de agua cobrado a los usuarios, respecto al total suministrado al sistema de abastecimiento.

- a) La eficiencia física **E**, se refiere a la conservación del agua en el sistema de abastecimiento y se calcula en porcentaje.

$$Eficiencia_{física} = \frac{Volumen\ consumido}{Volumen\ suministrado} \times 100$$

El volumen consumido es la cantidad de agua, medida o no (cuota fija), que reciben los usuarios en sus tomas, registradas o no. El volumen suministrado es la cantidad de agua producida e introducida a la red.

-
-
- b) La eficiencia comercial **EC**, corresponde a la venta de los servicios de agua potable, estimada también en porcentaje

$$Eficiencia_{comercial} = \frac{Volumen_{facturas\ cobradas\ a\ tiempo}}{Volumen_{consumido}} = Eficiencia_{cobranza} \times Eficiencia_{facturacion}$$

El objetivo de un programa de control de pérdidas consiste en: reducir a un valor mínimo admisible la relación volumen de agua producida/volumen de agua utilizada, es decir el nivel de pérdidas. Para que exista una reducción de pérdidas es recomendable primero tener una visión del problema, sus alcances y sus puntos susceptibles por atacar, aquellos que sean prioridad para el correcto funcionamiento del sistema de distribución, es decir hay que realizar un Diagnóstico del sistema mediante un balance hidráulico, considerando una correcta Macro y Micromedición, obtener la eficiencia real del sistema y ver donde se concentran las pérdidas.

Es necesario que cada etapa se realice mediante sectores o Distritos Hidrométricos y así poder aislar del resto del sistema el problema y las etapas de trabajo, encaminar de esta manera las acciones por realizar. Llevar a cabo una revisión hidráulica mediante un modelo de simulación de redes y ubicar las adecuaciones o rehabilitaciones que se puedan realizar en la infraestructura de la red. Con todo lo anterior, será posible proponer acciones a corto y mediano plazo reales y prioritarias para el sistema.

1.2.1. Diagnóstico del sistema

Sirve para identificar las causas que producen las pérdidas, se analizan los volúmenes de agua que se pierden y sus patrones de ocurrencia. Es un trabajo conjunto entre análisis de la información actual como histórica apoyada con trabajos de campo y muestreos. La detección de fugas es parte fundamental del diagnóstico. Implica la descripción técnica, clara y concisa del estado de pérdidas de agua; de los efectos observados por las pérdidas de agua con relación a sus volúmenes.

El diagnóstico se basa en la auditoria del agua, análisis estadísticos y muestreos, análisis del deterioro físico de la red de distribución y proporciona las bases para obtener un balance hidráulico del sistema.

Es decir:

$$S = C + P$$

Donde

- S Suministro de agua
- C Consumos de agua
- P Pérdidas de agua

A su vez las pérdidas pueden dividirse en:

$$P = Ft + Fd + Tcl + Emicr + Efact$$

Donde

P Pérdidas de agua

Ft Fugas en tuberías principales y secundarias

Fd Fugas en conexiones domiciliarias

Tcl Tomas clandestinas

Emicr Errores de submedición domiciliaria

Efact Errores de Facturación

De acuerdo a L. Ochoa y V. Bourguett existe una serie de tareas basadas en el manual de auditoria de agua de la *American Water Works Association (AWWA)* para la obtención del Diagnóstico:

1. Cuantificación del suministro de Agua
2. Estimación de consumos medidos autorizados (Micromedición)
3. Estimación de usos no medidos autorizados (Tarifa fija)
4. Estimación de pérdidas totales en el sistema de agua potable (Balance Hidráulico)
5. Estimación de pérdidas identificadas y eliminadas (Detección y reparación de fugas)
6. Evaluación de fugas potenciales en tomas y red
7. Estimación de pérdidas potenciales por consumos no autorizados
8. Estimación de pérdidas potenciales por errores de medición
9. Análisis del diagnóstico

1.2.2. Macromedición y Micromedición

Con aproximadamente un 25% de la reducción del consumo de agua potable [Grisham y Fleming, 1989], la medición es factor esencial y complementario para la obtención del Diagnóstico y el Balance Hidráulico. Se aplica la medición en dos niveles: Macromedición y Micromedición.

1.2.2.1. *Macromedición*

Es necesaria para cuantificar cuanta agua ingresa al sistema de distribución y de donde proviene. Es fundamental para la planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y administración de los sistemas operadores de agua potable y alcantarillado.

Es importante aplicar la Macromedición ya que determina los volúmenes y caudales de agua entregados y compara con la demanda de agua, también ayuda en la determinación de pérdidas en el sistema de producción y distribución de agua. Es recomendable ligar la macromedición con un sistema de información.

1.2.2.2. *Micromedición*

Con la Micromedición se determina cuanta agua consumen realmente los usuarios que cuentan con medidor domiciliario. Son los datos mas seguros y confiables de consumo de la población, con registros de medición reales es posible aplicar tarifas justas y así generar un volumen real de consumo para la obtención correcta del balance hidráulico.

Es importante establecer programas de mantenimiento, los cuales su objetivo es mantener los registros dentro de los rangos, es decir dentro de la curva de exactitud.

La Micromedición es fundamental para el uso eficiente del agua pero debe cumplir con la calidad y normas de instalación adecuadas.

1.2.2.3. Niveles óptimos de Micromedición

Es importante aplicar Micromedición a la mayor parte de la población para así obtener valores reales de pérdidas y estimar dotaciones adecuadas a los habitantes. Cada sistema analizado debe contar con un rango adecuado de medición, para lo cual es importante definir al tamaño de población por aplicarle Micromedidores, este tamaño queda definido a partir del llamado *Nivel Óptimo de Micromedición*.

Consiste en definir en que grado es necesario medir los consumos de agua, la obtención de éste nivel óptimo permite obtener un cálculo más preciso para el control de pérdidas, la determinación de la dotación efectiva, y otros parámetros [CNA-IMTA, 1989].

Aunque lo ideal es medir en el 100% de las tomas domiciliarias, esto no es posible debido al costo que implica instalar un sistema de micromedición en toda la red.

Como se puede apreciar en la Figura 1.1, a través de estudios de varios Organismos operadores se ha encontrado que tomando solo un rango del 30% de las tomas domiciliarias, se puede medir un 75% del volumen, y con un costo del 36% del total.

La forma de la curva variará en función del número de grandes consumidores y su volumen medido. Así para obtener mayores beneficios a mas bajo costo, la medición se debe enfocar hacia los grandes consumidores [CNA-IMTA, 1989].

Los parámetros que influyen para escoger el nivel óptimo de Micromedición son: Nivel Socioeconómico, Tipo de servicio, Tipo de tarifa, Tipo de aparato y Rangos de consumo. Con estos parámetros se puede llevar un mejor control del sistema, su consumo analizar su influencia.

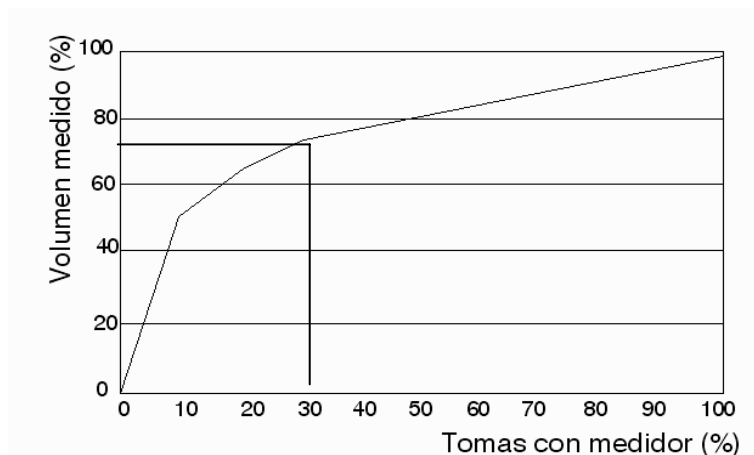


Figura 1.1. Relación de tomas con medidores/volumen medido

Con la información anterior se puede controlar el sistema y su consumo, es decir, manipular estos parámetros y ver la influencia que tienen en el comportamiento del sistema.

Posteriormente se aplica una metodología: se escoge el tipo de medición para alcanzar el nivel de medición deseado, el tipo de usuario, el nivel socioeconómico y la localización del sector a ser medido dentro de los grandes consumidores. Es importante tener bien dimensionados e instalados los medidores, ya que una buena medición nos aporta información importante como es, la cantidad necesaria de agua que gasta en un día un habitante, es decir, la dotación.

Por lo tanto, en cuestión de consumos no es necesario medir todas las conexiones para saber el volumen consumido en la red. Es importante recordar que para aplicar lo anterior hay que hacer un análisis Costo contra Beneficio:

Estudio de Costos: se considerarán costos de: adquisición del equipo, costo de instalación con materiales, costos de mano de obra, costos de mantenimiento, costos de lectura, así como costos de procesamiento de la información.

Estudio de Beneficios: estos se obtendrán a partir del *análisis a los consumos del promedio de las conexiones con exceso*. Asimismo deben ser calculados los beneficios sociales y financieros que se obtendrán con el aumento del número de conexiones posibles de instalarse con los volúmenes economizados como resultado de la medición.

La cantidad de agua que se consume nos dice la cantidad de agua a proveer, sin necesidad de explotar nuevos acuíferos, construir nuevos acueductos o plantas potabilizadoras.

1.2.3. Sectorización de redes de agua potable

La sectorización consiste en formar zonas de suministro independientes unas de otras dentro de la red de distribución. En estas zonas se pueden tener Distritos Hidrométricos (DH) los cuales posibilitan un control eficiente del sistema de distribución y facilita la ejecución de proyectos de recuperación de pérdidas. También pueden utilizarse para precisar el diagnóstico, detectar fugas, facilitar la eliminación y control de pérdidas mediante un balance de agua

Los distritos están formados con algunas tuberías de la red, de manera que se aislan hidráulicamente de la red de agua potable mediante movimientos de válvulas, o taponando algunos tubos. Sus condiciones mínimas son que pertenezcan a una misma zona de presión, con una entrada y sin salida de caudal.

Un proyecto de sectorización se puede plantear de la siguiente manera

1er Paso. Se forma un modelo conceptual de la red y se evalúa su funcionamiento hidráulico actual. Significa conocer la forma de operación del sistema en términos cuantitativos y cualitativos. Es necesario tomar en cuenta como está formada actualmente la red, se debe contar con planos actualizados de la red, indicar fuentes de suministro (tanques o bombas), señalar tuberías principales y estaciones de medición, hay que señalar cotas topográficas, diámetros y ubicación de válvulas.

2do Paso. *Ver como opera el sistema.* Es como trabaja el sistema en forma cuantitativa. Obteniendo información de gastos en los tramos, presiones en ciertas zonas del sistema, rugosidades, la forma de operar de las válvulas. Es importante recopilar los datos de operación normal.

3er Paso. Introducir Distritos Hidrométricos para sectorizar la red. Es decir determinar en un plano de la red, los sectores convenientes para subdividir la red y facilitar la operación, preferentemente aprovechando los ya utilizados en el diagnóstico y los arreglos naturales de la operación del sistema. Cada esquema de sectorización propuesto debe ser analizado hidráulicamente para determinar su factibilidad técnica.

1.2.4. Modelación hidráulica

Para definir el funcionamiento hidráulico de cada Distrito es conveniente efectuar simulaciones del sistema. Mediante modelos numéricos y programas de cómputo es posible interpretar el funcionamiento de la red de agua potable. A esto se le llama modelación hidráulica. En ellos se considera flujo permanente y las tuberías funcionan a presión.

Este sistema enseña a través de modelos matemáticos ya desarrollados a encontrar la mejor manera de diseñar, ampliar o remodelar un sistema de agua potable y poder manipular las características de la red hasta dar con su funcionamiento óptimo, bajo un amplio rango de condiciones sin tener que interrumpir el sistema actual.

1.2.4.1. Principios básicos de la modelación hidráulica de redes

Es importante que el modelador entienda primeramente los principios matemáticos que lo envuelven.

En los sistemas de redes los elementos hidráulicos están interconectados, en el cual cada elemento está siendo influenciado por sus elementos contiguos. El sistema completo está interrelacionado con las condiciones de otros elementos, dos conceptos definen éstas interconexiones:

- *Ley de la conservación de la masa*

Llamada también Ecuación de continuidad, dice que cuando se aplica a un sistema de flujo como es una tubería, se exige que la cantidad neta de fluido que fluye por la conducción debe contabilizarse como el fluido contenido dentro del tubo [Larry W. Mays, 2003]. Suponiendo además que el flujo es estacionario, entonces el gasto que entra es igual al gasto que sale. Esto se describe como:

$$A_1V_1 = A_2V_2$$

$$Q = VA$$

Q Gasto

$V_{1,2}$ Velocidad del flujo i

$A_{1,2}$ Área de la tubería i

La ecuación establece que la velocidad del caudal en un volumen de control, es igual a la velocidad de salida. Este resultado es intuitivamente satisfactorio ya que ninguna acumulación de masa o volumen podrá ocurrir en un volumen de control bajo condiciones estables. Si el volumen de control estuviera en la unión de un conjunto de tuberías, esta ley tomaría la forma de la ley de corriente eléctrica de Kirchoff, es decir, la suma de masas fluyentes en todas las tuberías que entran en la unión iguala a la suma de las masas del fluido que abandonan la unión (Ver Figura 1.2).

1era Ley de Kirchoff

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

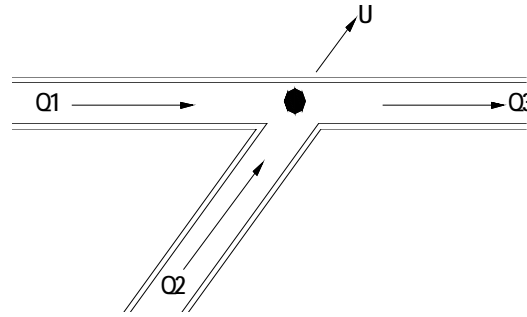


Figura 1.2. Principio de conservación de la masa

▪ *Ley de la conservación de la energía*

Cuando un fluido fluye en un conducto cerrado o canal abierto, a menudo experimenta un complejo intercambio de varias formas de energía mecánica. En particular el trabajo que está asociado con el movimiento de un fluido a través de diferencias de presión está relacionado con ambas, energía potencial gravitatoria y energía cinética. Adicionalmente, el flujo puede perder energía mecánica como resultado de la fricción, una pérdida que ocasiona, usualmente incrementos de temperatura extremadamente pequeños en el fluido.

Estos intercambios de energía se contabilizan mediante la ecuación de Bernoulli.

- P = presión
- g = gravedad
- V = velocidad
- γ = peso específico del fluido
- hp = carga agregada al bombear
- hL = pérdida de carga en tuberías
- hm = pérdidas menores

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + \sum h_p = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_L + \sum h_m$$

Esta pérdida de energía queda establecida mediante la 2da Ley de Kirchoff:

2da Ley de Kirchoff
$$\sum_{j=1}^m \Delta H_j = 0$$

Por lo tanto, la diferencia de energía en cualquiera de los dos puntos conectados en una red, es igual a la energía que ganan por las bombas y a la que pierden por las tuberías y accesorios, esto ocurre en el camino entre ellos. Esto se puede calcular para cualquiera de los dos puntos en el camino, pero es de especial interés entre los caminos de los tanques y las reservas.

1.2.4.2. *Sistemas de modelación hidráulica de redes*

Los sistemas reales de distribución de agua no consisten en solo una tubería y no puede ser descrita por un solo conjunto de ecuaciones de continuidad y energía.

La primera aproximación para resolver éstas ecuaciones fue desarrollada por Hardy-Cross (1936). Actualmente se realiza mediante computadoras y métodos numéricos. Éstas técnicas estructuran y resuelven el sistema de ecuaciones convirtiéndola en una forma matricial, ya que las ecuaciones de energía son no lineales en términos de “Gasto” y “Carga” y no se pueden resolver directamente.

Estas técnicas estiman una solución y entonces iterativamente la mejoran hasta que tenga un rango de tolerancia aceptable; hasta éste punto se puede decir que las ecuaciones hidráulicas son resueltas.

Los paquetes de modelación modernos utilizan un sistema llamado Interfase de uso gráfico (GUI) que hace al usuario más fácil la creación de modelos y su visualización de los resultados.

Las fases o partes que se deben considerar para realizar la modelación de una red de agua potable son las siguientes:

Datos del Modelo: para realizar un análisis hidráulico rápido de la red mediante la modelación, se debe contar con los siguientes datos:

De los nodos: número, gasto de entrada y salida (L/s) y los nodos fuente la carga piezométrica

De los tramos: número, longitud (m), diámetro (pulg.), rugosidad, tipo de tramo.

Características de la fuente: curvas de bomba, cota piezométrica y topográfica de tanques.

Ubicar válvulas (especificar si están abiertas o cerradas)

Con estos datos el programa forma un sistema de ecuaciones no lineales de balance de gastos en los nodos, que tiene como incógnitas las cargas en los mismos, y que deben obedecer la primera y segunda Ley de Kirchoff

Se soluciona iterativamente por el método de Newton-Raphson. En cada iteración se resuelve un sistema de ecuaciones lineales usando técnicas de matrices porosas y posteriormente se calculan los gastos en los tramos. Finalmente después de realizar la secuencia anterior, introduciendo los parámetros correspondientes a cada distrito, se realizó la modelación

Verificación del Modelo. Debido a que generalmente en la primera corrida del modelo los datos de gasto y presión pueden ser muy diferentes a los reales, se procede a verificarlos uno a uno. La divergencia puede tener su origen en la distribución de demandas en los nodos y en el caso de bombas se recomienda obtener las curvas reales de operación y no las del fabricante. Ya verificados los datos el programa correrá aunque puede presentar resultados que no son posibles físicamente, por lo que es recomendable que se haga la calibración.

Calibración del Modelo. Es importante hacer correctas mediciones de campo para la calibración del sistema o modelo. Algunas mediciones pueden ser:

- Elaborar las curvas características de las bombas
- Determinar el coeficiente real de rugosidad mediante pruebas de campo
- Mediciones de presión en zonas con demanda alta o baja de presión.
- Presiones, gastos y consumos en puntos clave del sistema
- Gastos y niveles en tanques, plantas de tratamiento, pozos
- Operación de bombas y rebombeos

Para calibrar el modelo se recomienda hacer ajustes en las demandas nodales, y coeficientes de fricción según se requiere para afinar el modelo. Se dice que un modelo está calibrado cuando las diferencias entre los datos de campo y los del modelo son de un orden del 5 al 10%. Para verificar la precisión del archivo base se varían las condiciones de demanda y se comparan con las observadas en campo. Una vez calibrado se puede predecir con confianza el comportamiento del sistema cuando se le hacen mejoras o se somete a otras condiciones de operación.

1.3. ELIMINACION Y CONTROL DE PÉRDIDAS A CORTO Y MEDIANO PLAZO

Existen algunas acciones corto y mediano plazo a realizar en un programa de reducción de pérdidas [L. Ochoa, 2001]:

A corto plazo:

1. Atender las demandas con agua recuperada.
2. Sustituir tomas domiciliarias
3. Reemplazar líneas principales y secundarias.
4. Medición de captación.
5. Mejorar operación y levantar catastro.
6. Actualización de consumos de cuota fija.
7. Atención al público; reportes de fugas.
8. Instalación de micromedidores a usuarios de alto consumo
9. Propiciar una mayor equidad social en el cobro y distribución del agua.
10. Reducir los costos de producción y distribución de agua.

A mediano plazo:

1. Control de calidad en materiales tanto en tomas domiciliarias como en red
2. Adquirir equipo detector de fugas y formar cuadrillas de trabajo equipadas.
3. Mantenimiento preventivo y correctivo.
4. Capacitación de personal.
5. Autosuficiencia financiera del organismo operador de agua.
6. Mejorar conocimiento de la infraestructura, catastro de la red.
7. Establecimiento de normas, políticas y especificaciones.
8. Aumentar eficiencia de la operación.
9. Reducción de consumos de energía, potabilización y tratamiento
10. Mejoramiento de la imagen institucional.
11. Disminuir fugas a un nivel mínimo (20%).

CAPITULO 2. SELECCIÓN DE DISTRITOS HIDROMÉTRICOS

2.1. ANTECEDENTES DE LA CIUDAD DE TEPIC

A continuación se describen las características físicas y socioeconómicas de la ciudad de Tepic, Nayarit como sitio de estudio. Se ha considerado aplicar los criterios establecidos en el capítulo anterior, a tres zonas o distritos hidrométricos (DH) representativos de la ciudad.

Los DH son representativos del funcionamiento de agua potable en la ciudad y poseen características en cuanto a comportamiento en los consumos, niveles de pérdidas y rangos de presión que puedan afectar el buen suministro de agua potable a la ciudad, son además zonas prioritarias dentro de las actividades de recuperación de caudales por parte del Organismo Operador (SIAPA Tepic).

2.1.1. Aspectos físicos

Tepic se localiza en la parte central del Estado, en las coordenadas geográficas $21^{\circ} 51'$ y $21^{\circ} 24'$, de latitud norte y $104^{\circ} 34'$ y $105^{\circ} 05'$ de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Santiago Ixcuintla y El Nayar; al sur con el municipio de Xalisco; al este con el Nayar y Santa María del Oro y al oeste con los municipios de San Blas y Santiago Ixcuintla. La superficie del municipio son 1,983.3 Km² [Figura 2.1].

El 72.5% del relieve del suelo del municipio corresponde a sierra, el resto lo representan lomeríos, llanuras y pequeños valles. En el municipio se encuentran los ríos Mololoa, Grande y Santiago. Predominan dos tipos de clima; cálido subhúmedo con lluvias en verano que incide en el 66.06% de la geografía municipal y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, que beneficia el 33.94% restante. Se observa una concentración de lluvias del 91.05% en los meses de julio a octubre. La precipitación promedio anual es de 1,121 mm. Reporta una temperatura promedio de 21.1°C. [Fonseca M., *et al*, 2000].



Figura 2.1. Localización geográfica Tepic

2.1.2. Aspectos socioeconómicos

La ciudad de Tepic cuenta con una población según el censo 2000 de 305,176 habitantes, de los cuales el 51.13% son mujeres. Una tasa de crecimiento $i = 3.9\%$, la población censada en los años de 1950 es de 45,610, la de 1960 es de 73,576, la de 1970 es de 110,939, la de 1980 es de 177,007 y la de 1990 de 241,463 habitantes.

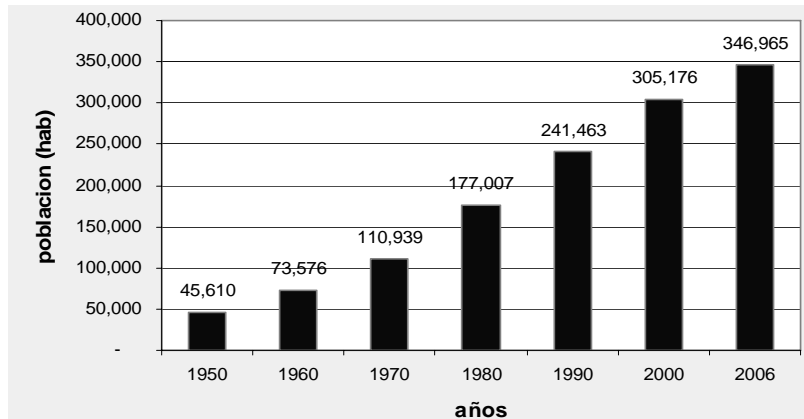


Figura 2.2. Población Tepic [INEGI 2000, SIAPA 2006]

Considerando esa tasa de crecimiento se estima una población de 374,788 habitantes. La mayoría de la población se dedica al comercio (60.5%). La industria como segundo lugar en fuente de ingresos se enfoca a la producción de azúcar a través de la caña y sus derivados. El 40% de la industria del estado se concentra en la ciudad de Tepic.

2.1.3. Situación del sistema de agua potable de Tepic

De acuerdo a datos del censo del INEGI 2000, se tiene una población de 272,578 habitantes y un caudal producido de 1700L/s, es decir, una dotación media de 512L/hab/día, registrando así unas pérdidas del orden del 49%, como se puede apreciar en la Figura 2.3 siguiente.

EDO	LOCALIDAD	POBLACIÓN ATENDIDA (2003) (habitantes) (%)		CAUDAL PRODUCIDO (l/s)	DOTACIÓN MEDIA (l/hab/día)	AGUA NO CONTABILIZADA (%)
AGS	AGUASCALIENTES	830,507	98	2,755	370	58
CHIH	CHIHUAHUA	886,019	97	3,475	425	38
	CUAUHTEMOC	86,721	99	289	285	44
	HIDALGO DEL PARRAL	94,044	92	370	313	27
	NUEVO CASAS GRANDES	51,350	98	347	572	56
COAH	ALBIA	53,278	98	291	462	49
	CIUDAD ACUÑA	107,203	92	615	466	52
	FRANCISCO I. MADERO	53,182	96	142	221	41
	SALTILLO	583,604	96	1,274	181	67
	SAN PEDRO	62,837	91	221	277	35
	TORREON	511,550	98	2,400	397	54
COL	COLIMA	214,073	98	1,014	401	42
DF	CIUDAD DE MEXICO	8,367,368	98	33,433	338	39
DGO	CIUDAD LERDO	72,919	93	377	415	63
	GOMEZ PALACIO	211,841	97	1,225	485	61
	VICTORIA DE DURANGO (DURANGO)	442,372	98	2,636	505	58
GTO	ACAMBARO	53,199	95	211	326	81
	DOLORES HIDALGO CUNA DE LA INDEP. NAL.	50,736	96	230	376	66
	LEON DE LOS ALDAMA	1,071,608	98	2,585	204	45
	SAN FRANCISCO DEL RINCON	71,012	99	240	289	52
	SAN MIGUEL DE ALLENDE	57,225	91	254	349	36
	VALLE DE SANTIAGO	56,028	98	196	266	55
HGO	PACHUCA DE SOTO	269,056	95	1,394	425	58
JAL	PUERTO VALLARTA	191,705	98	959	415	35
MEX	ECATEPEC DE MORELOS	1,806,008	95	4,576	234	64
NAY	TEPIC	272,578	95	1,700	512	49
NL	CADEREYTA JIMENEZ	55,886	94	130	189	26
	MONTERREY	3,333,789	99	9,697	249	25
	LINARES	49,468	90	126	201	26
OAX	JUCHITAN DE ZARAGOZA	65,120	95	180	227	53

Figura 2.3. Cobertura del servicio de agua potable, dotación media y agua no contabilizada en algunas localidades con población mayor a 50 mil habitantes [INEGI, 2000]

El sistema de agua potable ofrece una cobertura del 95% y un 90% en alcantarillado, es decir, una cantidad en cifras de producción actual de acuerdo a estadísticas del Sistema Integral de Agua Potable y Alcantarillado de Tepic como se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Indicadores de producción y consumo en materia de Agua Potable y Alcantarillado [SIAPA, 2006]

Agua Potable		
Producción media	1,774	(l/s)
Producción mensual	4,662	Mill m3/mes
Producción / Demanda Deseable	115%	(%)
Producción / Consumo Deseable	164%	(%)
Dotación media:	430	(l / hab.día)
Consumo medio:	250	(l / hab.día)
Alcantarillado		
Volumen generado	877	(l/s)
Volumen recolectado	790	(l/s)
Volumen Tratado	540	(l/s)

En la tabla 2.2 se describe la infraestructura disponible en materia de agua potable.

Tabla 2.2. Infraestructura del Sistema de Agua Potable de Tepic [SIAPA, 2006]

TIPO DE INSTALACION	CANTIDAD	UNIDAD	Observaciones
Pozos operando	48	pozo	Equipo deficiente; 10 pozos con riesgo de colapso. La gran mayoría con eficiencias bajas.
Pozos fuera de servicio	3	pozo	Equipo deficiente
Caudal producido	1.774,040	m ³ /s	
Capt. Superficiales	-	m ³ /s	
Con medidor operando en Norma	26	pozo	
Con medidor dañado (o fuera rango)	22	pozo	
Líneas de conducción	51	km	
Est. Bombeo AP	8	planta	Potencias instaladas entre 5 y 10 HP
P. Potabilizadoras	-	planta	
Est. Cloración	39	pozos	
Tanques Reguladores	36	tanque	Superficiales y elevados (30 años)
Red primaria AP	130	Km	Edad 45 años promedio; 40% buen estado
Red Secundaria AP	518	Km	Edad 35 años promedio; 50% en buen estado
Cruceros AP	8.000	crucero	
Cajas	500	caja	
Válvulas Seccionamiento	1.600	válvula	

2.1.3.1. Captación

La extracción de agua en la ciudad proviene de 51 pozos (Tabla 2.3), de los cuales 3 se encuentran fuera de servicio, existe una producción de 1,774 m³/s. El suministro por bombeo en la ciudad se regula mediante horas de operación, donde mediante movimientos de válvulas se hacen los cierres en algunas zonas o colonias, se presenta de tal manera un suministro por tandeo, que generalmente es de 12 horas y de preferencia en horarios nocturnos.

Existen además zonas mediante bombeo directo a la red en unos casos debido a rehabilitación de los sistemas o por la mala operación, algunas de las cuales son el Fracc. Las Brisas, Rinconada Las Brisas, Rodeo de la Punta, Fovisste Brisas; Col El Palomar, Unidad Obrera, Lomas Bonitas, Las Flores, Luis Echeverría, Lomas del Valle, Fracc. Estadios, Col. Heriberto Casas, Col. Sta Fe, Fracc. Jacarandas, entre otros sectores.

Tabla 2.3. Registros de Captación [SIAPA, Octubre 2006]

POZO	NOMBRE DEL POZO	ND	Q GASTO	PRESION
1	2 DE AGOSTO	75 m	70.00	0.800 kg
2	26 DE SEPTIEMBRE 1	40.80	63.33	0.5 kg *
3	26 DE SEPTIEMBRE 2	60.80 m	98.00	1 kg
5	ALAMEDA II	no tiene manguera	54.08	0.100 kg
63	Acuaferico Norte - A	89 m	76.00	4.900 kg
64	Acuaferico Norte - B	117.50 m	54.17	5.300kg
65	Acuaferico Norte -C	85 m	57.57	8 kg
57	Acuaferico Sur 1		50.00	
58	Acuaferico Sur 2		75.00	
59	Acuaferico Sur 3		50.00	
60	Acuaferico Sur 4		60.00	
61	Acuaferico Sur 5		95.00	
62	Acuaferico Sur 6		85.00	
6	BRISAS I	104.50 m	59.08	3.500 kg
7	BRISAS II	98 m	8.00	3.00 kg
8	CD VALLE	FUERA DE SERVICIO		
9	CD INDUSTRIAL	63.30 m	31.95	0.150kg
10	CRISTO REY	134 m	38.50	0.300 kg*
11	CUAUHTEMOC	117.30 m	31.03	2.700 kg *
12	CULTURA 1	tapada la manguera	40.00	0.960 kg
13	FCO. VILLA 1	98 m	20.00	
16	FCO. VILLA 2	tapada la manguera	8.50	
17	FOVISSSTE	61.5 m	18.00	2.200 kg
18	GUAYABO	no tiene mangura	25.00	0.900 kg *
19	INDECO	FUERA DE SERVICIO		
68	INF. LOS FRESNOS	41.30 m	29.55	1.00 kg *
21	INF. SOLIDARIDAD	tapada la manguera	30.00	2.5 kg
22	INSURGENTES	82.00 m	9.82	3.400.00
23	JUAN ESCUTIA	115.0 m	31.37	1.150 kg *
24	LA LOMA	FUERA DE SERVICIO		
26	LAS AVES	74.0 m	9.00	
27	LLANITOS	31.70 m	30.00	1.400 kg *
31	LOS SAUCES	28.55 m	7.46	0.6 kg
32	LUIS D. COLOSIO	101 m	35.00	1.900 kg
33	MOCTEZUMA	FUERA DE SERVICIO		
34	MOLOLOA1	97.20 m	6.10	0.450 kg
35	MOLOLOA 2	97.30 m	30.95	0.950 kg *
36	MORELOS 1	91.0 m	20.00	1.00 kg
37	MORELOS 2	tapada la manguera	20.00	0.900 kg
38	MURALLA	FUERA DE SERVICIO		
39	NARANJAL	FUERA DE SERVICIO		
40	PRIETO CRISPIN	110.5 m	34.00	6.3 kg
42	PARQUE ECOLOGICO	133.30 m	24.00	0.900 kg
56	REFORMA 1	110.0 m	39.12	5.00 kg
44	REFORMA 2	147.55 m	26.00	5.200 kg
45	REFORMA 3	117 m	12.00	7.00 kg
46	REVOLUCION	121.80 m	36.00	0.200kg
47	RODEO 1	59.50 m	33.71	9.200 kg
49	RODEO 2	103.0 m	2.28	7.000kg
50	S.O.S.P.	tapada la manguera	18.00	0.600 kg
51	SANTA FE	101 m	50.00	6 kg
52	UNIDAD DEPORTIVA	119 m	49.00	6.600 kg
	STA TERESITA	119.50 m	22.50	6.600 kg
		Total Producido =	1774.04	

2.1.3.2. Red de distribución

La red de distribución está conformada por 7 sectores de acuerdo a las políticas de operación del SIAPA, con una longitud de tuberías de 130 Km. de red primaria con diámetros que varían de 4" a 14" en diversos materiales (Asbesto cemento, PVC y Fo.Fo.) y 518 Km. de red secundaria que varía desde 2" hasta 3" también en diversos materiales.

2.1.3.3. Tomas domiciliarias

El padrón está compuesto por 91,730 tomas, dividido en 84,873 domésticos y 7,525 comerciales, arrojando una población servida de 348,500 habitantes.

2.1.3.4. Regulación

Existe un total de 36 tanques reguladores (Ver Tabla 2.4), en su mayoría del tipo superficial. Siendo una capacidad total de 33 297 m³.

El sistema de regulación en algunos tanques también se encuentra con deficiencias y en situación de completo abandono en algunos sectores (Tanque Lomas Altas y Lomas Bonitas). Siendo muchas veces incluso desconocimiento del propio organismo operador.

2.1.3.5. Pérdidas en el sistema

Según datos proporcionados por el SIAPA se tiene un porcentaje *pérdidas físicas* del 43%. Otro factor importante en la generación de pérdidas es el bajo índice de medición en tomas, solo el 3% de la población cuenta con sistema de Micromedición, el restante se paga mediante cuota fija.

Tabla 2.4. Relación de tanques de Almacenamiento y/o Regulación [SIAPA, 2006]

Tanque	Cap (m3)	Cota (m)	Pozo	Colonia
Lomas bonitas	978.9	1024.836	Rodeo 2	Lomas del Valle Lomas Bonitas El Rodeo Las Flores
Lomas Altas	491.47	1035.072	Rodeo 1 Cristo Rey	Lomas Altas del Rodeo Lomas bonitas Las Flores Adolfo Lopez Mateos Emiliano Zapata Santa Teresita Santa Fe Ojo de agua Emiliano Zapata Adolfo Lopez Mateos Lomas Altas del Rodeo
Santa Fe	1335	958.075	Santa Fe	Santa Fe Ojo de Agua El Faisán Santa Teresita El Naranjal Heriberto Casas Emiliano Zapata
Lopez Mateos II	1800.75	954.621	Unidad Deportiva Estadios	Adolfo Lopez Mateos Santa Fe Santa Teresita El Naranjal Heriberto Casas El Faisán Ojo de Agua Heriberto Casas Fracc Estadios
Lopez Mateos I	112.62	954.71	Unidad Deportiva Indeco	Ojo de Agua Indeco Adolfo López Mateos Santa Cecilia Indeco Adolfo López Mateos Santa Teresita El Naranjal Heriberto Casas
Rio Ingenio	1687.5	949.244	Fco. Villa I Fco. Villa II Revolución El Naranjal Mololoa I Mololoa II <i>Juan Escutia</i> <i>Inf. El Mirador</i> Reforma 1	Fco. Villa Loma Hermosa Fco. Villa Amado Nervo Amado Nervo El Naranjal Acayapan Amado Nervo Mololoa Centro Mololoa Centro Ampl. Tierra y Libertad Esteban Baca Calderón Centro El Paraiso Jardines del Valle Refoma

Capítulo 2. Selección de Distritos Hidrométricos

Tanque	Cap (m3)	Cota (m)	Pozo	Colonia
La Loma I	1479.18	944.09	La Loma Llanitos <i>Las Aves</i> <i>Estadios</i> SOSP <i>Moctezuma</i>	Fracc. Fray Junipero Serra Fracc. Residencial La Loma Fracc. Las Aves U. Esteban Baca Calderón San Antonio Fracc. Las Aves Fracc. Ciudad Del Valle U. Esteban Baca Calderón San Antonio Col Versailles Fracc. Estadios Residencial la Loma Versalles Burócrata Federal Del Bosque Morelos
La Loma II	1698.7	951.643	Muralla Cultura I Cultura II Tecalote I Tecalote II	San Antonio San Antonio Caja de Agua Caja de Agua Fracc Residencial La Loma Fracc Residencial La Loma Fracc Fray Junipero
Prieto Crispín (rebombeo)	426.56	963.997	Prieto Crispín	Prieto Crispín Zitacua Venceremos Ampl. Tierra y Libertad
Zitacua	34.12	985.425	Prieto Crispín	Zitacua Prieto Crispín
Reforma	1845.74	957.358	Reforma II Reforma III	San Juanito San Juanito
Reforma II			Reforma III	San Juanito
Peru	4505.12	960.55	SOSP H. Provincia	Burócrata Federal El Molino Lázaro Cardenas 15 de Mayo Fracc. Leyva Medina Valle Dorado Infonavit Los Fresnos Lázaro Cardenas 15 de Mayo Fracc. Leyva Medina
Moctezuma	1819.75		Morelos 1 Morelos 2	Morelos Del Boque Morelos
Moctezuma II			Cuautemoc	Moctezuma Valle Dorado
Brisas	1837.84	1019.863	Brisas 1 Brisas 2	U.H. Fovissste Las Brisas U.H. Fovissste Las Brisas
Fovissste	179.52	986.64	Fovissste	<i>Lindavista</i>
	41.03			
Infonavit Los Fresnos	2727.92	921.463	Infonavit Los Fresnos 2 de Agosto	U.H. Infonavit Los Fresnos Valle de Matatipac 2 de Agosto
Guayabo 1	2148.42		26 de Septiembre 1	Caminera
Guayabo 2	1762.1	949.164	26 de Septiembre 2	Los Sauces Niños Heroes
Insurgentes	357.53	1006.22	Insurgentes	Fracc. Leyva Medina
San Juan I	1596.75	978.241	San Juan	San Juan Rincon de San Juan
San Juan II	2489.62	978.241	San Juan	San Juan Rincon de San Juan
Lindavista	34.49	1008.182	Lindavista I Lindavista II <i>Lindavista III</i> Brisas I	Lindavista Lindavista Lindavista Fovissste Las Brissas
Lindavista II	1706.55	1041.761	Alameda	Versalles
Los Sauces	36.88	935.956	Los Sauces	Los Sauces
Fovissste Colosio	163.2	923.653	Fovissste Colosio Lagos del Country	Fovissste Luis Donald Colosio Lagos del Country
Parque Ecológico			Parque Ecológico	Parque Ecológico
Rebombeo Jacarandas			Jacarandas Ciudad Industrial	Fracc. Jacarandas Cd. Industrial
Lomas Altas II	600		Ley Rodeo II	

TOTAL = 33,297.26

2.2. SELECCIÓN DE DISTRITOS HIDROMÉTRICOS (DH)

Debido a que la presente tesis sirvió como principio para la realización de un proyecto de sectorización y balance hidráulico, solicitado para el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Tepic (SIAPA), entonces las condiciones de proyecto marcadas dentro de los términos de referencia han servido como base para los trabajos de campo y la selección de los DH en la tesis.

Entonces de acuerdo a esos términos se ha considerado que los DH contemplen al menos las siguientes características:

- la longitud de red mínima que debe ser aislada es de 3.0 Km.;
- debe haber cuando menos 1000 tomas domiciliarias activas por distrito,
- la antigüedad de la red debe estar cerca de la media,
- deben ser zonas de presión que representen las condiciones de operación de la mayor parte del sistema.
- Cada distrito deberá tener el menor número de entradas y salidas y de preferencia solamente una entrada y una salida.
- Los límites del distrito deben coincidir, siempre que sea posible, con divisiones naturales como son grandes avenidas, líneas férreas, carreteras, ríos etc.
- El suministro a cada distrito deberá ser continuo durante todo el tiempo que duren las mediciones.

En la Figura 2.4 se puede apreciar los sectores de operación del SIAPA, los cuales sirven para su operación y control; estas áreas se encuentran subdivididas en varias colonias y subsistemas de agua potable, pero no existe un control por distrito hidrométrico o área de influencia que permita realizar un estudio de diagnóstico, balance hidráulico y mucho menos un programa de recuperación de caudales.

Las políticas del área de operación del SIAPA, tiene dividida a la ciudad en siete sectores (Ver Figura 2.4), para su control eficiente, y a su vez estos se subdividen por áreas de influencia, mas no por un diseño de DH.

En virtud de lo descrito anteriormente, en la presente Tesis se elabora el análisis y descripción de tres distritos hidrométricos representativos de la ciudad de Tepic y sus condiciones hidráulicas.



Figura 2.4. Esquema general de la red de distribución de agua potable y sectores que comprende la ciudad de Tepic

La zona en estudio comprende tres DH, esta se integra a la vez por 14 colonias (Figura 2.5) con 6,076 tomas registradas y una población de 23,784 habitantes, (Tabla 2.5) según el padrón de usuarios de Octubre del 2006. La zona en estudio representa el 7% del padrón total.

Tabla 2.5. Colonias por sectores, número de contratos y habitantes [SIAPA, OCTUBRE 2006]

DH	COLONIA	CONTRATOS	HAB
SANTA FE	AMP. OJO DE AGUA	14	58
	SANTA FE	381	1,535
	LOS PINOS	240	952
	EL FAIZAN	412	1,672
	SANTA CECILIA	690	2,682
	ING. AGUAYO	734	2,918
	BUENOS AIRES	21	87
	7	2,492	9,904

DH	COLONIA	CONTRATOS	HAB
SAN JUAN	SAN JUAN	1,075	3,911
	VERSALLES	373	1,337
	TIO BALTAZAR	73	288
	SAN ANGEL 50%	41	132
	4	1,562	5,669

DH	COLONIA	CONTRATOS	HAB
LAGOS DEL COUNTRY	LAGOS DEL COUNTRY	521	2,073
	VALLE DEL COUNTRY	613	2,520
	FOVISSTE LUIS DONALD	888	3,617
	3	2,022	8,211

La ciudad la integran de acuerdo a los registros del SIAPA para el mes de Octubre del 2006 un total de 92, 342 usuarios, es decir 346,965 habitantes.

La población ha sido calculada de acuerdo a los datos generados por el INEGI en el censo del 2000 donde especifica un índice de hacinamiento de 4.1387, por lo que el padrón de usuarios domésticos actual se multiplica por este coeficiente para generar los habitantes.

Tabla 2.6. Datos de Población y Vivienda [INEGI, 2000]
Poblacion de acuerdo a INEGI 2000

Total de Viviendas Habitadas	64,227
Total de Poblacion en Tepic	265,817
Factor de hacinamiento en Tepic	4.138711134

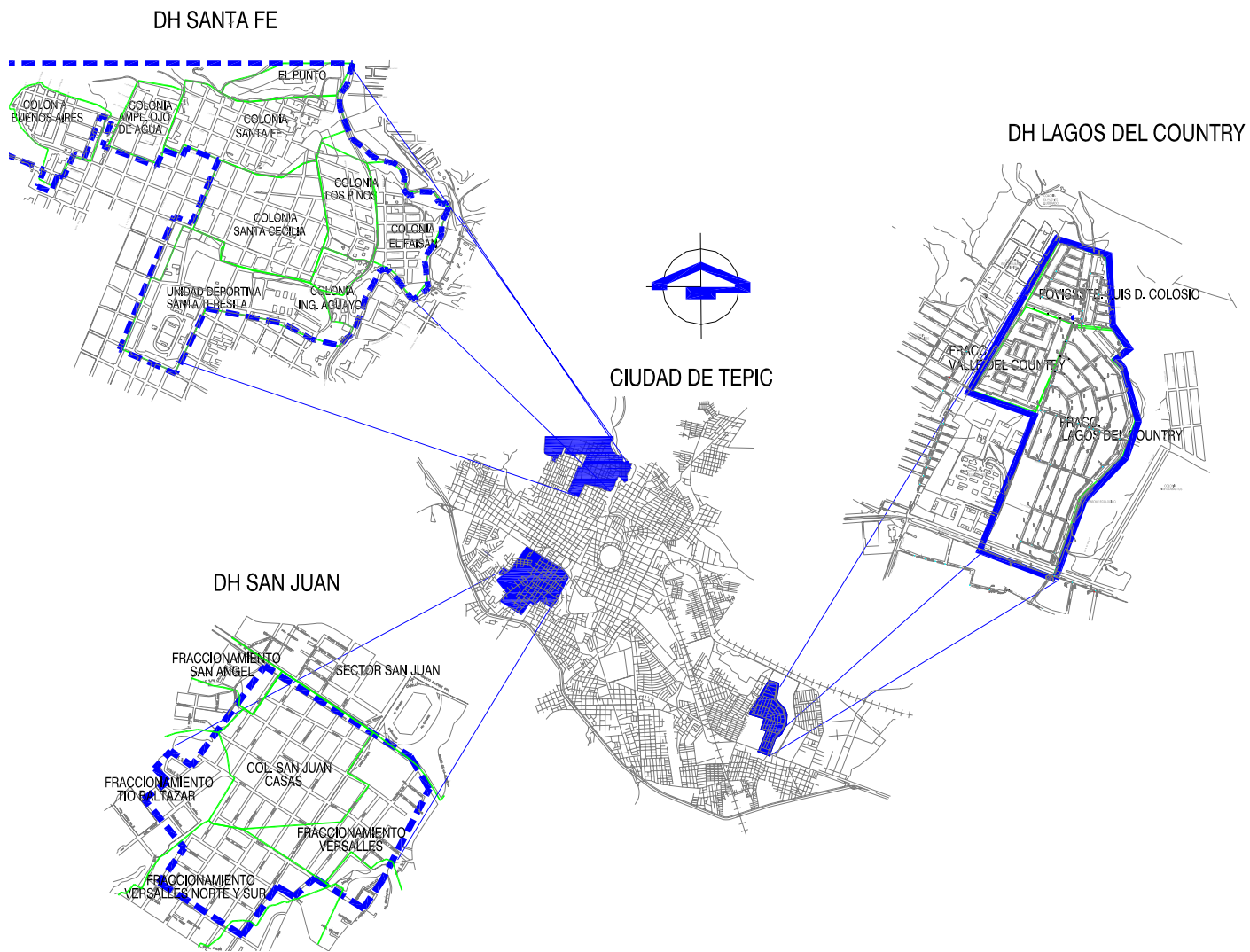


Figura 2.5. Esquema de la Zona con los 3 distritos en estudio: Sta Fe, San Juan y Lagos del Country.

2.2.1. Santa Fe

El DH Santa Fe se encuentra ubicado en la zona poniente de la ciudad. Limita al norte con la colonia “El Punto”, al sur colinda con la Unidad Deportiva Santa Teresita ubicada por la calle Zicacalco. Al Oriente colinda con el cauce natural del Río Mololoa y al Poniente con la calle Josefa Ortiz de Domínguez.

Cuenta con un total de 7 colonias, todas de nivel socioeconómico bajo.

La población de esta zona es de 9,904 habitantes, de acuerdo a los registros de usuarios contratados del SIAPA para el mes de Octubre del 2006, y el índice de hacinamiento de 4.13 personas por vivienda.

Tabla 2.7. Contratos Tarifa Fija y Servicio Medido

COLONIA	TARIFA FIJA		SERVICIO MEDIDO		TOTAL	
	DOMESTICO	COMERCIAL	DOMESTICO	COMERCIAL	DOMESTICO	COMERCIAL
AMP. OJO DE AGUA	14	0	0	0	14	0
SANTA FE	371	10	0	0	371	10
LOS PINOS	230	10	0	0	230	10
EL FAIZAN	404	8	0	0	404	8
SANTA CECILIA	646	40	2	2	648	42
ING. AGUAYO	705	28	0	1	705	29
BUENOS AIRES	21	0	0	0	21	0
7	2,391	96	2	3	2,393	99

Tabla 2.8. Total de contratos y población

COLONIA	CONTRATOS	HAB
AMP. OJO DE AGUA	14	58
SANTA FE	381	1,535
LOS PINOS	240	952
EL FAIZAN	412	1,672
SANTA CECILIA	690	2,682
ING. AGUAYO	734	2,918
BUENOS AIRES	21	87
7	2,492	9,904

La localización del Distrito Santa Fe y la ubicación de las colonias que la conforman se puede ver en la figura 2.6.

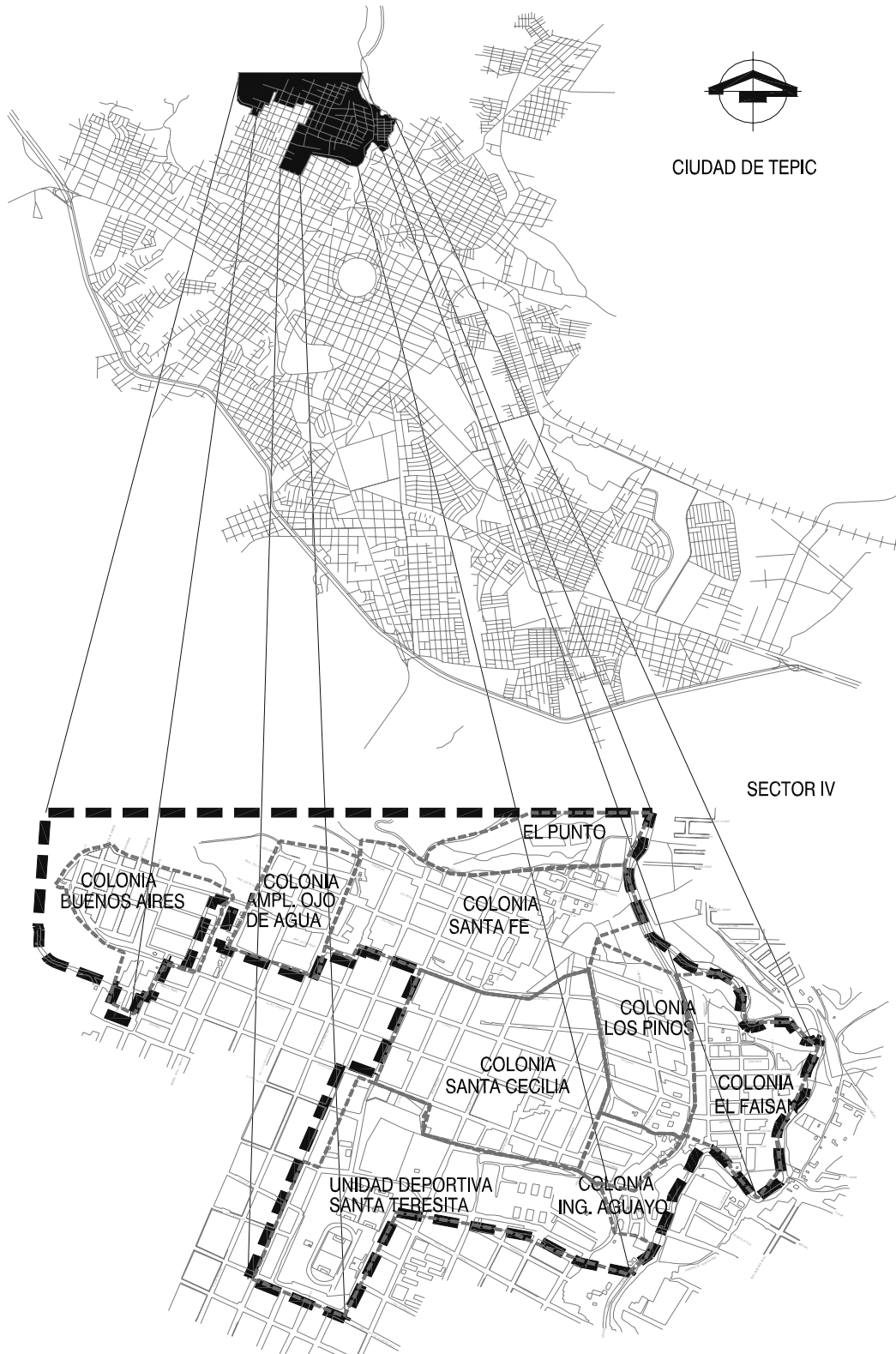


Figura 2.6. Localización del Distrito Hidrométrico Santa Fe

2.2.1.1. Operación

De acuerdo a los datos proporcionados por el SIAPA, el Distrito Santa Fe queda abastecido de la siguiente Manera:

Tabla 2.9. Pozo y Tanque correspondiente

COLONIA	POZO	TANQUE
AMP. OJO DE AGUA	Santa Fe	Santa Fe
SANTA FE		
LOS PINOS		
EL FAIZAN		
SANTA CECILIA		
ING. AGUAYO		
BUENOS AIRES	Rebombero Santa Fe	Buenos Aires
7	1	1

2.2.1.2. Captación

Al Distrito Santa Fe le suministra agua el pozo **Santa Fe**, ubicado en la calle cerrada de Talpa de la Colonia Santa Fe a un lado del cauce del río Mololoa. Tiene un periodo de funcionamiento de 20 horas, la bomba deja de funcionar de las 18 a 22 horas.

Pozo Santa Fe

Nivel Dinámico 101 mca

Gastos producido 33.8 L/s

Horas de operación 20 horas

De acuerdo a la visita de inspección física al pozo, la operación funciona de la siguiente manera: suministra agua al tanque Santa Fe a través de una línea de conducción de 10" de asbesto cemento que va por la calle Talpa hasta topar con la Avenida San Francisco. Asimismo suministra mediante bombeo directo agua a la colonia Santa Fe por calle San Francisco hasta Ávila Camacho.

2.2.1.3. Suministro

Al distrito Santa Fe le abastece agua el Tanque Santa Fe con domicilio en Prolongación la Paz y Prolongación Tepeyac en la Colonia Santa Fe.

Tanque Santa Fe

Capacidad 1335m³

Tipo Superficial

Diámetro de entrada 10"

Diámetro de salida 12"

También mediante *rebombeo* suministra agua hacia el Tanque Buenos Aires.

Tanque Buenos Aires

Capacidad 90m³

Tipo Superficial

Diámetro de Entrada 4"

Diámetro de Salida 4"

Suministra agua a la colonia Buenos Aires (21 habitantes).

2.2.1.4. Longitud de tubería del distrito Hidrométrico

De acuerdo a los planos proporcionados por el SIAPA, donde se especifican los tramos y tuberías, se tienen las siguientes longitudes de tubería.

Tabla 2.10. Longitud de Tubería de la Red

DH	Ø 3	Ø 4	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Suma Total (3"a 10")
SANTA FE	9,123.40	549.84	1,758.45	723.79	649.51	12,804.99

2.2.1.5. Consumos en el Distrito Hidrométrico

De acuerdo a los datos de consumo calculados y analizados a partir de los registros de Micromedición mensual y de acuerdo al padrón de usuarios por colonia, el consumo, queda distribuido de la siguiente manera:

Tabla 2.11. Consumos por colonia

COLONIA	HAB	CONSUMO (L/HAB/DIA)	VOLUMEN (m3/dia)		VOL. TOTAL (m3/dia)
	F = 4.1387	DOM	DOM	COM	
AMP. OJO DE AGUA	58	130	7.5		7.532
EL FAISAN	1672	130	217.4	14.1	231.420
ING. AGUAYO	2918	130	379.3	10.3	389.637
LOS PINOS	952	130	123.7	16.9	140.597
SANTA CECILIA	2682	130	348.6	76.9	425.589
SANTA FE	1535	130	199.6	16.9	216.460
BUENOS AIRES	87	130	11.3	0.0	11.299
Total	9904	130	1287.5	135.0	1422.535

Solo algunas colonias en este Distrito (Colonia Santa Fe y Santa Cecilia) cuentan con Micromedición, sin embargo después de revisar los micromedidores se pudo verificar que no brindan datos confiables, por lo tanto se hace un ajuste de consumo de acuerdo a los tipos de usuarios que tiene registrados en su base de datos y a partir del nivel socioeconómico de cada colonia.

Estos valores se ajustan a las normas establecidas para consumidores domésticos del Manual de Datos Básicos de la CONAGUA y se establecen valores promedio de consumo. En el caso de los consumidores comerciales se tomo en cuenta el consumo de los registrados y se extrapolo a los no medidos considerando el tipo de comercio que marcan en el padrón.

2.2.1.6. Gastos Requeridos para el DH

Con los consumos domésticos y comerciales establecidos se realiza el cálculo del Gasto Medio diario, Q_{med} , el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{med} = \frac{DP}{86400}$$

Donde

D: consumo Doméstico + Comercial (L/hab/día)

P : Población Doméstica + Comercial

86400 : factor de conversión a segundos

Obtenido este valor de Q_{med} , se procede a agregarle de manera inicial un estimado del 20% que es el valor al que se pretende llegar, como se explicara mas adelante en el capítulo cinco. Obtenido el Gasto medio se procede a calcular el Gasto máximo diario (Q_{Md}), necesario para el cálculo de la capacidad de regulación del tanque y el Gasto máximo horario (Q_{Mh}) para la capacidad del pozo o su gasto de diseño:

$$Q_{Md} = CV_d \cdot Q_{med}$$

$$Q_{Mh} = CV_h \cdot Q_{Md}$$

Donde:

CVd: Coeficiente de variación diaria de 1.2

CVh: coeficiente de variación horaria de 1.5

Estos coeficientes indican la variación del consumo debido a factores climáticos y variación en el comportamiento de sus consumos diarios de agua.

Tabla 2.12. Gastos requeridos

DH	COLONIA	QMED Final (DOM+COM+Perdidas 20%) (L/s)	Q MAX-DIARIO (L/s)	Q MAX-HOR (L/s)	GASTO PRODUCC (L/s)	GASTO PRODUCC (m3/día)	CAP-REGULAC
SANTA FE	AMP. OJO DE AGUA	0.11	0.13	0.20			
	EL FAISAN	3.35	4.02	6.03			
	ING. AGUAYO	5.64	6.76	10.15			
	LOS PINOS	2.03	2.44	3.66			
	SANTA CECILIA	6.16	7.39	11.08			
	SANTA FE	3.13	3.76	5.64			
	BUENOS AIRES	0.16	0.20	0.29			
	Total	20.58	24.70	37.05	33.80	2919.00	222.30

Resumiendo para el Distrito Hidrométrico Santa Fe se requiere para el funcionamiento del pozo un:

$$Q_{Md} = 24.7 \text{ L/s}$$

Y Para la operación de la red:

$$Q_{Mh} = 37.05 \text{ L/s}$$

2.2.1.7. Capacidad de regulación y Suministro necesario del Pozo

El tanque de regulación, como su nombre lo indica tiene la finalidad de cambiar el régimen de suministro (captación-conducción), que normalmente es constante, a un régimen de demandas que es variable. Por lo tanto debe proporcionar un servicio eficiente.

La capacidad de regulación del tanque está en función del Gasto Máximo Diario y la Ley de demandas de la localidad (curva de demandas del tanque), a falta de esta ley de demandas, se analiza de acuerdo a las normas establecidas por la CONAGUA en su manual de Datos Básicos donde para diferentes ciudades, esta capacidad de regulación varía en función del número de horas de bombeo y conforme al horario de alimentación.

$$C = QMd * R$$

Donde

Q_{Md} Gasto máximo diario del sector o las colonias en L/s

R Coeficiente de regularización

Este coeficiente de regulación es obtenido a partir de las curvas de demanda del tanque, pero a falta de estas, se hace la consideración siguiente:

Tabla 2.13. Coeficientes de Regularización R para cálculo de la capacidad de Regularización

Coeficientes de regulación (cuando no se conoce la ley de demandas de la localidad)

Tiempo de suministro al tanque (hr)		Coeficiente de regularización	
24		R =	11
20	(de 4 a 24hrs)	R =	9.00
16	(de 5 a 21hrs)	R =	19.00

Por lo tanto el cálculo de la capacidad de regulación para el DH Santa Fe, queda establecido como sigue:

Tabla 2.14. Calculo de la capacidad de Regularización

DH	Tanque	Pozo	tiempo bombeo (hrs)	Gasto Bombeo (l/seg)	Cap. Tanque (m ³)	Datos		
Santa Fe	Santa Fe	Santa Fe	20	33.8	1335	QMd =	24.70	l/s
						R =	9.00	
						C =	222.30	m ³
						Qd =	29.64	l/s

Qd : Gasto de diseño de la bomba si $t_b < 24h$

t_b : tiempo de bombeo

Por lo que la Capacidad de Regulación requerida del Tanque es de 222.3 m³, por lo que el tanque se encuentra actualmente por arriba de este valor.

Mientras que el bombeo se puede apreciar que resulta un gasto de diseño de 29.64 L/s, tomando en cuenta la capacidad de regulación del tanque y de acuerdo al tiempo de bombeo, se compara con los 33.8L/s de bombeo real, el cual esta por arriba del calculado.

2.2.2. San Juan

El DH San Juan se encuentra ubicado en la zona poniente también de esta ciudad. Limita al norte con la avenida Insurgentes colonia López Mateos y Santa Teresita, al sur colinda con el Fracc. SPAUAN y FOVISSSTE, por la Calle Montes Urales. Al Oriente colinda con la colonia Ampliación Lindavista a lo largo del límite natural del Zanjón.

Cuenta con un total de 4 colonias, de nivel socioeconómico Alto.

La población de esta zona es de 5,669 habitantes, de acuerdo a los registros de usuarios contratados del SIAPA para el mes de Octubre del 2006.

Tabla 2.15. Contratos Tarifa Fija y Servicio Medido

COLONIA	TARIFA FIJA		SERVICIO MEDIDO		TOTAL	
	DOMESTICO	COMERCIAL	DOMESTICO	COMERCIAL	DOMESTICO	COMERCIAL
SAN JUAN	452	70	493	60	945	130
VERSALLES	198	33	125	17	323	50
TIO BALTAZAR	52	3	18	0	70	3
SAN ANGEL 50%	32	8	0	1	32	9
4	734	114	636	78	1,370	192

Tabla 2.16. Total de contratos y población

COLONIA	CONTRATOS	HAB
SAN JUAN	1,075	3,911
VERSALLES	373	1,337
TIO BALTAZAR	73	288
SAN ANGEL 50%	41	132
4	1,562	5,669

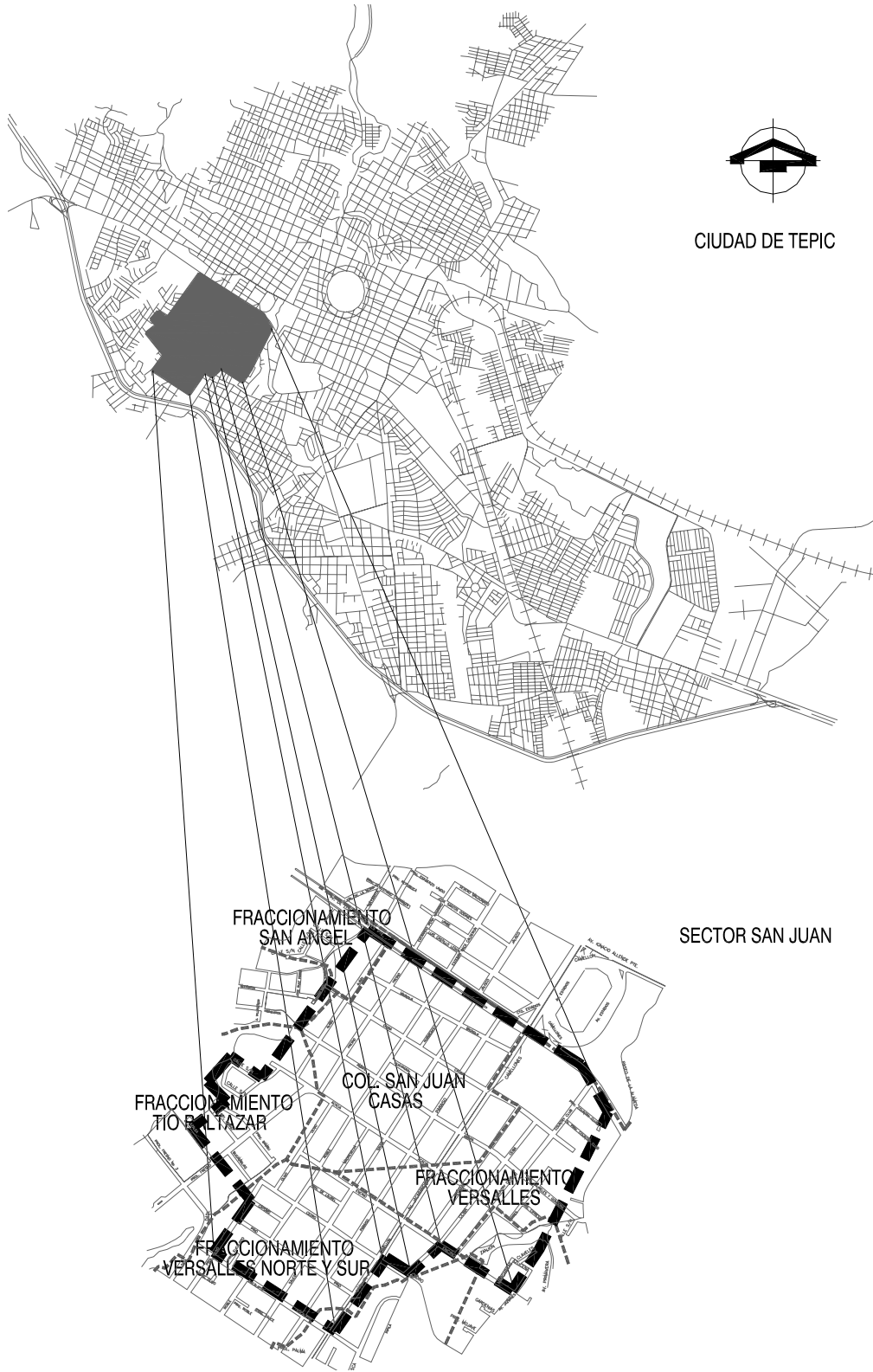


Figura 2.7. Localización del Distrito hidrométrico San Juan

2.2.2.1. Operación

De acuerdo a los datos proporcionados por el SIAPA, el Distrito San Juan queda abastecido de la siguiente Manera:

Tabla 2.17. Pozo y Tanque correspondiente

COLONIA	POZO	TANQUE
SAN JUAN	Tanque Moctezuma	San Juan 2
VERSALLES		
TIO BALTAZAR		
SAN ANGEL 50%		
4	1	1

2.2.2.2. Captación

De acuerdo a la visita de inspección física al pozo, la operación funciona de la siguiente manera: el Tanque San Juan se abastece mediante una línea de 8 y 12" que viene a partir del Tanque Moctezuma.

2.2.2.3. Suministro

El abastecimiento es mediante el Tanque San Juan 2 ubicado entre calle Nogal y Carrizo de la Colonia San Juan.

Tanque San Juan 1

Capacidad 1500m³

Tipo Superficial

Diámetro de entrada 8" y 12"

Diámetro de salida de 12" y 16"



Figura 2.8. Tanque San Juan

2.2.2.4. Longitud de tubería del Distrito Hidrométrico

De acuerdo a los planos proporcionados por el SIAPA, donde se especifican los tramos y tuberías, se tienen las siguientes longitudes de tubería en el DH:

Tabla 2.18. Longitud de Tubería de la Red

Diámetro	Ø 2 1/2	Ø 3	Ø 4	Ø 10	Ø 12	Suma Total (2" a 14")
Longitud	235.97	1,156.71	11,268.39	816.96	715.23	13957.29

2.2.2.5. Consumos en el Distrito Hidrométrico

De acuerdo a los datos de consumo analizados a partir de los registros de Micromedición mensual y al padrón de usuarios por colonia y DH, el consumo resulta como se ve en la Tabla 2.19:

Tabla 2.19. Calculo de Consumos

COLONIA	HAB	CONSUMO (L/HAB/DIA)	VOLUMEN (m3/dia)		VOL. TOTAL (m3/dia)
	F = 4.1387	DOM	DOM	COM	
SAN ANGEL 50%	132	205	27.1	1.5	28.626
SAN JUAN	3911	383	1497.9	208.1	1706.074
TIO BALTAZAR	290	310	89.8	5.1	94.946
VERSALLES	1337	310	414.4	21.9	436.309
Total	5670	302	2029.3	236.6	2265.96

En los usuarios domésticos y comerciales la mayoría de las colonias cuentan con al menos un porcentaje de Micromedición, del cual a partir del consumo mensual registrado y el padrón de usuarios se ha calculado su consumo correspondiente a L/hab/día. Este DH se caracteriza, por tener consumidores potenciales y el mayor porcentaje de Micromedición del padrón total.

2.2.2.6. Gastos de Requeridos para el DH

De acuerdo a los consumos domésticos y comerciales establecidos se realiza el cálculo del Qmed, Qmaxh y Qmaxd:

Tabla 2.20. Gastos requeridos

DH	COLONIA	QMED Final (DOM+COM+Perdidas 20%) (L/s)	Q MAX-DIARIO (L/s)	Q MAX-HOR (L/s)	GASTO PRODUCC (L/s)	GASTO PRODUCC (m3/dia)	CAP-REGULAC
SAN JUAN	SAN ANGEL 50%	0.41	0.50	0.57			
	SAN JUAN	24.68	29.62	31.21			
	TIO BALTAZAR	1.37	1.65	1.87			
	VERSALLES	6.31	7.57	8.63			
Total		32.78	39.34	42.28	36.20	3124.70	354.06

Resumiendo para el Distrito Hidrométrico San Juan se requiere para el funcionamiento del pozo:

$$Q_{Md} = 39.34 \text{ L/s}$$

Y Para la operación de la red:

$$Q_{Mh} = 42.28 \text{ L/s}$$

2.2.2.7. Capacidad de regulación del Tanque San Juan y Suministro necesario de bombeo

Por lo tanto el cálculo de la capacidad de regularización para el DH, queda establecido como se muestra en la Tabla 2.21.

Tabla 2.21. Calculo de la capacidad de Regularización

DH	Tanque	Pozo	tiempo bombeo (hrs)	Gasto Bombeo (l/seg)	Cap. Tanque (m ³)	Datos		
San Juan	San Juan 2	Tanque Moctezuma	20	36.2	1596.75	QMd =	39.34	l/s
						R =	9.00	
						C =	354.06	m ³
						Qd =	47.21	l/s

Qd Gasto de diseño de la bomba si $t_b < 24h$
 t_b tiempo de bombeo

La Capacidad de Regulación del Tanque San Juan es de 354.06 m³ requerida, para un tanque de 1,596 m³.

Mientras que el bombeo el gasto de diseño es de 47.21 L/s, tomando en cuenta la capacidad de regulación del tanque, y el tiempo de bombeo de 20h, estando el gasto de bombeo por abajo del requerido (36.2 L/s).

2.2.3. Lagos del Country

El Distrito Lagos del Country se encuentra ubicado al Sur de esta ciudad. Limita al norte y al Este con la Reserva Ecológica, al sur lo limita la Carretera Tepic-Guadalajara. Al Oeste con el Instituto Tecnológico y la Colonia 2 de Agosto.

Cuenta con un total de 3 colonias, de nivel socioeconómico Medio.

La población de esta zona es de 8,211 habitantes, de acuerdo a la Tabla 2.22 y 2.23 de los registros de usuarios contratados del SIAPA para el mes de Octubre del 2006:

Tabla 2.22. Contratos Tarifa Fija y Servicio Medido

COLONIA	TARIFA FIJA		SERVICIO MEDIDO		TOTAL	
	DOMESTICO	COMERCIAL	DOMESTICO	COMERCIAL	DOMESTICO	COMERCIAL
LAGOS DEL COUNTRY	419	14	82	6	501	20
VALLE DEL COUNTRY	609	3	0	1	609	4
FOVISSTE LUIS DONALD	874	13	0	1	874	14
3	1,902	30	82	8	1,984	38

Tabla 2.23. Total de contratos y población

COLONIA	CONTRATOS	HAB
LAGOS DEL COUNTRY	521	2,073
VALLE DEL COUNTRY	613	2,520
FOVISSTE LUIS DONALD	888	3,617
3	2,022	8,211

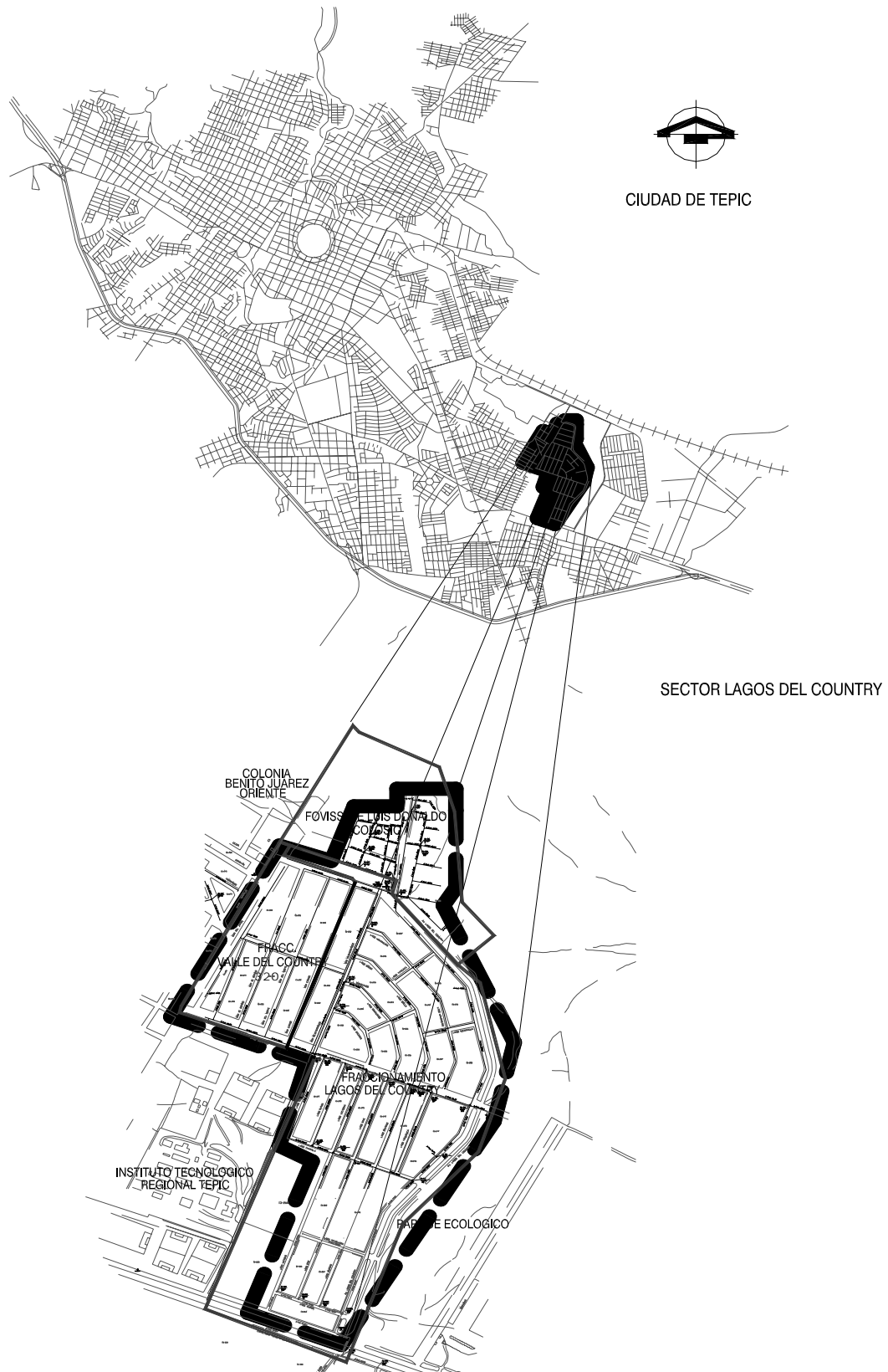


Figura 2.9. Localización del Distrito Hidrométrico Lagos del Country

2.2.3.1. Operación

De acuerdo a los datos proporcionados por el SIAPA, el Distrito Lagos del Country queda abastecido de la siguiente Manera:

Tabla 2.24. Pozo y Tanque correspondiente

COLONIA	POZO	TANQUE
LAGOS DEL COUNTRY	Pozo Luis Donaldo Colosio	Lagos del Country
VALLE DEL COUNTRY		
FOVISSTE LUIS DONALDO COLOSIO		
3	1	1

2.2.3.2. Captación

Al Distrito Lagos del Country le suministra agua el Pozo Luis Donaldo Colosio, el cual tiene las siguientes características:

Nivel Dinámico de 101 mca

Gastos producido 35 L/s

Horas de operación 24 horas

De acuerdo a la visita de inspección física al pozo, la operación funciona de la siguiente manera: *el Tanque Lagos del Country se abastece mediante una línea de 6" que viene a partir del Pozo Luis Donaldo Colosio.*

2.2.3.3. Suministro

Al DH Lagos del Country le abastece agua el Tanque Lagos del Country ubicado en avenida Lagos del Country y Mar Báltico de la Colonia Lagos del Country.

Tanque Fovissste Lagos del Country

Capacidad 55.57 m³

Tipo elevado

Diámetro de entrada 6"

Diámetro de salida 6"

2.2.3.4. Longitud de tubería del Sector

De acuerdo a los planos proporcionados por el SIAPA, donde se especifican los tramos y tuberías, se tienen las siguientes longitudes de tubería.

Tabla 2.25. Longitud de Tubería de la Red

Diámetro	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Ø 6	Ø 8	Suma Total (2" a 14")
Longitud	476.69	6822.19	2820.757	1900.07	417.05	12436.757

2.2.3.5. Consumos en el Distrito Hidrométrico

De acuerdo a los datos de consumo analizados a partir de los registros de Micromedición mensual proporcionados por el Organismo Operador y de acuerdo al padrón de usuarios por colonia y DH, el consumo por colonia, queda distribuido de la siguiente manera:

Tabla 2.26. Calculo de Consumos

COLONIA	HAB	CONSUMO (L/HAB/DIA)	VOLUMEN (m3/dia)		VOL. TOTAL (m3/dia)
	F = 4.1387	DOM	DOM	COM	
FOVISSTE LUIS DONALDO COLOSIO	3617	130	470.2	14.9	485.094
VALLE DEL COUNTRY	2520	130	327.7	1.1	328.786
LAGOS DEL COUNTRY	2073	390	808.7	7.4	816.083
Total	8211	217	1606.6	23.4	1629.96

En los usuarios domésticos y comerciales todas las colonias cuentan con al menos un porcentaje de Micromedición, del cual a partir del consumo mensual registrado y el padrón de usuarios se ha calculado su consumo correspondiente a L/hab/día.

2.2.3.6. Gastos de Requeridos para el sector

De acuerdo a los consumos domésticos y comerciales establecidos se realiza el cálculo del Qmed, Q_{Md}, necesario para el cálculo de la capacidad de regulación del tanque y el Q_{Mh} para la capacidad del pozo o su gasto de diseño, considerando un CV_d = 1.2 y un CV_h = 1.5

Tabla 2.27. Gastos requeridos

DH	COLONIA	QMED Final (DOM+COM+Perdidas 20%) (L/s)	Q MAX-DIARIO (L/s)	Q MAX-HOR (L/s)	GASTO PRODUCC (L/s)	GASTO PRODUCC (m3/dia)	CAP-REGULAC
LAGOS DEL COUNTRY	FOVISSTE LUIS DONALDO COLOSIO	7.02	8.42	9.80			
	VALLE DEL COUNTRY	4.76	5.71	6.83			
	LAGOS DEL COUNTRY	11.81	14.17	16.85			
Total		23.58	28.30	33.47	29.8	2359	311.30

Resumiendo para el DH Lagos del Country se requiere para el funcionamiento del pozo:

$$Q_{Md} = 28.3 \text{ L/s}$$

Y Para la operación de la red:

$$Q_{Mh} = 33.47 \text{ L/s}$$

2.2.3.7. Capacidad de regulación del Tanque Lagos del Country y Suministro necesario del Pozo

La capacidad de regulación del tanque esta en función del Gasto Máximo Diario y la Ley de demandas de la localidad (curva de demandas del tanque), a falta de esta ley de demandas se analiza de acuerdo a las normas establecidas por la CONAGUA en su manual de Datos Básicos.

Por lo tanto el cálculo de la capacidad de regulación para el DH, queda establecido como sigue:

Tabla 2.28. Calculo de la capacidad de Regularización

DH	Tanque	Pozo	tiempo bombeo (hrs)	Gasto Bombeo (l/seg)	Cap. Tanque (m ³)	Datos	
Lagos del Country	Lagos del Country	Pozo Luis Donaldo Colosio	24	29.8	163.2	QMd = 28.30	l/s
						R = 11.00	
						C = 311.30	m ³
						Qd = 28.30	l/s

Qd : Gasto de diseño de la bomba si $t_b < 24h$

t_b : tiempo de bombeo

La Capacidad de Regulación requerida del Tanque Lagos del Country es de 355.93 m³ requerida, para un tanque de 169.2 m³ por lo que no cumple con el diseño.

Mientras que el bombeo se puede apreciar que resulta un gasto de diseño de 32.36 L/s, tomando en cuenta la capacidad de regulación del tanque, y el tiempo de bombeo de 20h, para un gasto proporcionado de 35 L/s.

**CAPITULO 3. DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE AGUA
POTABLE EN TRES DISTRITOS HIDROMETRICOS**

3.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El Diagnóstico abarca desde la cuantificación del suministro del agua (captaciones), la estimación de la micromedición (consumos), los consumos no medidos autorizados (tarifa fija) hasta la estimación preliminar de pérdidas físicas y comerciales en el sistema.

Lo anterior representa la descripción del estado de pérdidas de agua, es decir, los efectos observados por las pérdidas de agua con relación a sus volúmenes y problemas que la originan.

La metodología para el análisis tiene varios niveles de aproximación, por un lado se considera una evaluación por medición, muestreo y encuesta y por otro una estimación basada en registros históricos.

La estrategia de trabajo toma en cuenta las tareas establecidas en el manual de la *American Water Works Association* (AWWA) descrita en el Libro Reducción Integral de pérdidas de L. Ochoa y V. Bourguett, ajustadas a los alcances del presente estudio.

Lo que se espera con el diagnóstico es llegar a obtener un balance que muestre la relación siguiente:

$$\text{Suministro} = \text{Consumo} + \text{Pérdidas de agua}$$

3.1.1. Cuantificación del Suministro

Consiste en determinar cuanta agua ingresa al sistema de distribución y de donde proviene. Se presentan los trabajos realizados en los DH Santa Fe, DH San Juan y DH Lagos de Country, respecto a las acciones de medición de caudal y presión.

Se utilizaron medidores electromagnéticos y *datta logger* externo para el registro de los valores obtenidos en el sitio. Se realizaron las mediciones en los sitios de control de suministro a los DH, por lo que las acciones comprendidas son:

- Planeación de actividades
- Instalación de Medidores Electromagnéticos de Inserción.
- Medición de caudal y presión.

1. DH Santa Fe

Se llevaron a cabo visitas en los sitios de abastecimiento, para determinar los puntos de medición al distrito. Se midió en la línea a la salida del pozo Santa Fe, que se encuentra ubicada en la calle Talpa esq. Ejido en una línea de 10" de diámetro. Este equipo quedó instalado para monitorear caudal y presión en 5 días.



Figura 3.1. Instalación de válvula y medidor electromagnético a la descarga del pozo Santa Fe, de 10" de diámetro.

Los resultados de los trabajos de medición de caudal y presión con el equipo *Datta Logger* fueron los siguientes:

- 1.- El equipo estuvo instalado del día 29 al 3 de noviembre.
- 2.- Se determinó que en los 5 días que estuvo instalado, tuvo un servicio variado constante de 22 horas, lo paran a las 20:00 h y lo arrancan a la 22:00 diariamente, pero además se puede observar en la grafica que tiene dos operaciones:
 - a) bombea a la zona de distribución.
 - b) Bombea al tanque u otro sector.
- 3.- En los días considerados para el análisis en la línea del pozo, se midió un: **Volumen promedio de 2,919 m³/día** que le corresponde un **Q prom diario = 33.8 L/s.**
- 4.- El rango de presiones que se presenta es de **41 a 79 mca**
- 5.- El pozo cuenta con medición permanente ya que tiene un medidor marca Kent de 10" ϕ . Que sin embargo tiene diferencias importantes con el electromagnético instalado.

Se anexa gráfica del periodo de medición.

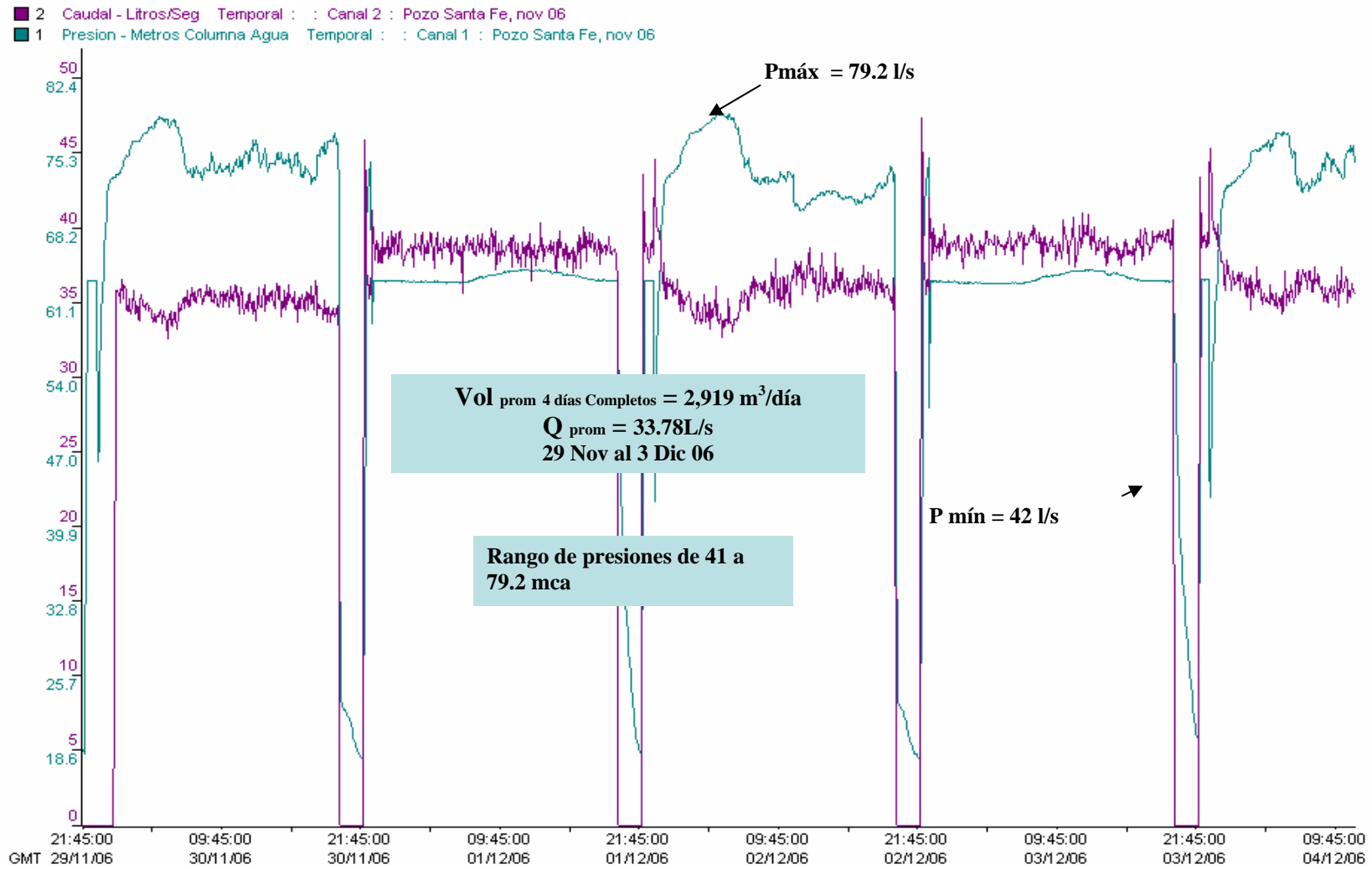


Figura 3.2. Grafica de Caudal y Presión en DH Santa Fe

2. DH San Juan

Se realizó la medición en la línea de AC de 8” que va a la salida del tanque y abastece al sector.



Figura 3.3. Instalación de Medidor electromagnético de inserción y un registrador tipo Log-Log, en tubería de 8” a la salida del tanque San Juan.

Los resultados de los trabajos de medición de caudal y presión con el equipo *Datta Logger* fueron los siguientes:

- 1.- El equipo electromagnético estuvo instalado del día 20 al 24 de noviembre.
- 2.- Se determinó que sólo 3 días y 12 h se tuvo la presencia de caudal y presión. En el otro día y 12 h se tiene presencia solo de presión. Esto debido a los cierres de válvulas en el distrito por una reparación de una tubería en la Av. San Juan.
- 3.- En los tres días completos que se midieron se tiene un:
Volumen promedio es de 3,124.7 m³/día que le corresponde un **Q prom = 36.2 L/s.**
- 4.- Se puede observar que se realizan cierres y aperturas de válvulas dentro de sector.
- 5.- El rango de presiones es de **0.9 a 3.4 mca.**
- 6.- Es recomendable que se pueda realizar un proyecto de Macromedición permanente ya que se cuenta con el sitio de control.

Se anexa gráfica del periodo de medición.

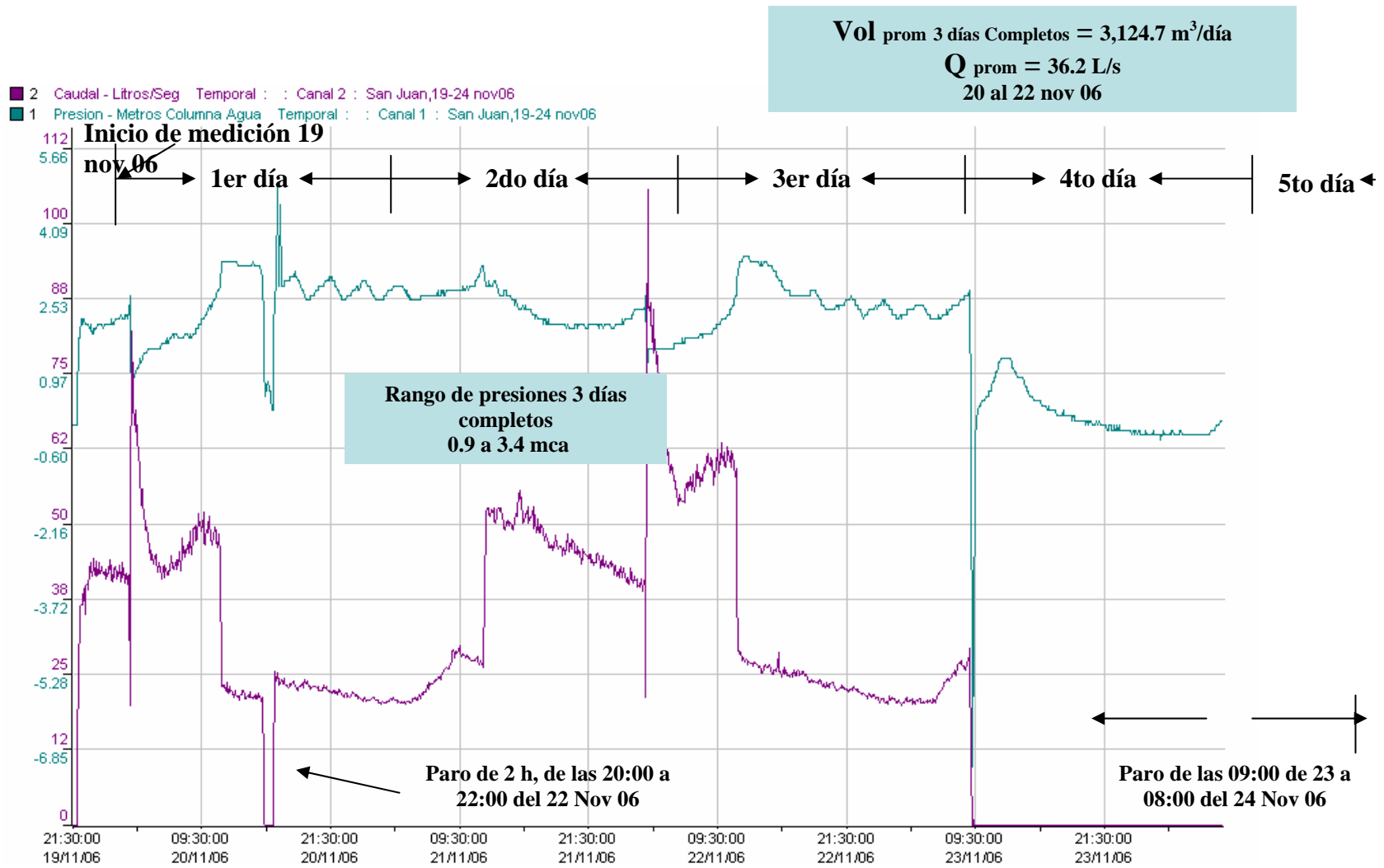


Figura 3.4. Gráfica de medición de presiones y gastos en DH San Juan

3. DH Lagos del Country

Aquí fue necesario medir el pozo que abastece a este sector, el cual distribuye una parte a la red de distribución y otra parte de un tanque metálico elevado de 15 m. También para efectos de la simulación se procedió a medir en la línea de bajada de acero de 6" de ϕ .



Figura 3.5. Instalación y configuración del Medidor electromagnético de inserción y un registrador tipo Log-Log, en tubería de 8" a la salida del Pozo "Fovisste Colosio" y en la tubería de acero de 6" ϕ a la salida del tanque Lagos del Country.

Los resultados de los trabajos de medición de caudal y presión con el equipo *Datta Logger* fueron los siguientes:

- 1.- El equipo estuvo instalado del día 23 al 27 de noviembre; el medidor a la bajada del tanque del día 29 de noviembre al 2 de diciembre de 2006
- 2.- Del medidor instalado en el pozo los 5 días tuvo servicio con un horario de 22 h en promedio, que inicia de las 00:00 a 20:00 y de 22:00 a 00 del mismo día, se tuvo la presencia de caudal y presión en estos lapsos.
- 3.- Del medidor instalado en la bajada del tanque los 4 días tuvo servicio con el mismo horario que se da con el pozo que es de 22 h en promedio, que inicia de las 00:00 a 20:00 y de 22:00 a 00 del mismo día, se tuvo la presencia de caudal y presión en estos lapsos.
- 4.- En los 5 días que se midieron en el **pozo** se tiene un:
Volumen promedio es de **2,359 m³/día** que le corresponde un **Q prom horario = 29.8 L/s.** y el medidor a la **bajada del tanque** tuvo un **Volumen promedio** de **1,946 m³** que le corresponde un caudal de **24.6 L/s.**
- 5.- El rango de presiones que se presenta es de **17.7 a 18.9 mca** en el pozo, y en el tanque es de **de 6 a 13.7 mca**
- 6.- Este sitio cuenta con medidor tipo velocidad, el cual al realizar una comparación con el equipo electroacústico, se obtuvo que el medidor de velocidad está sobremidiendo en un 3.8%, en comparación con el equipo electroacústico.

Se anexa gráfica del periodo de medición en el pozo y a la bajada del tanque Fovisste Colosio.

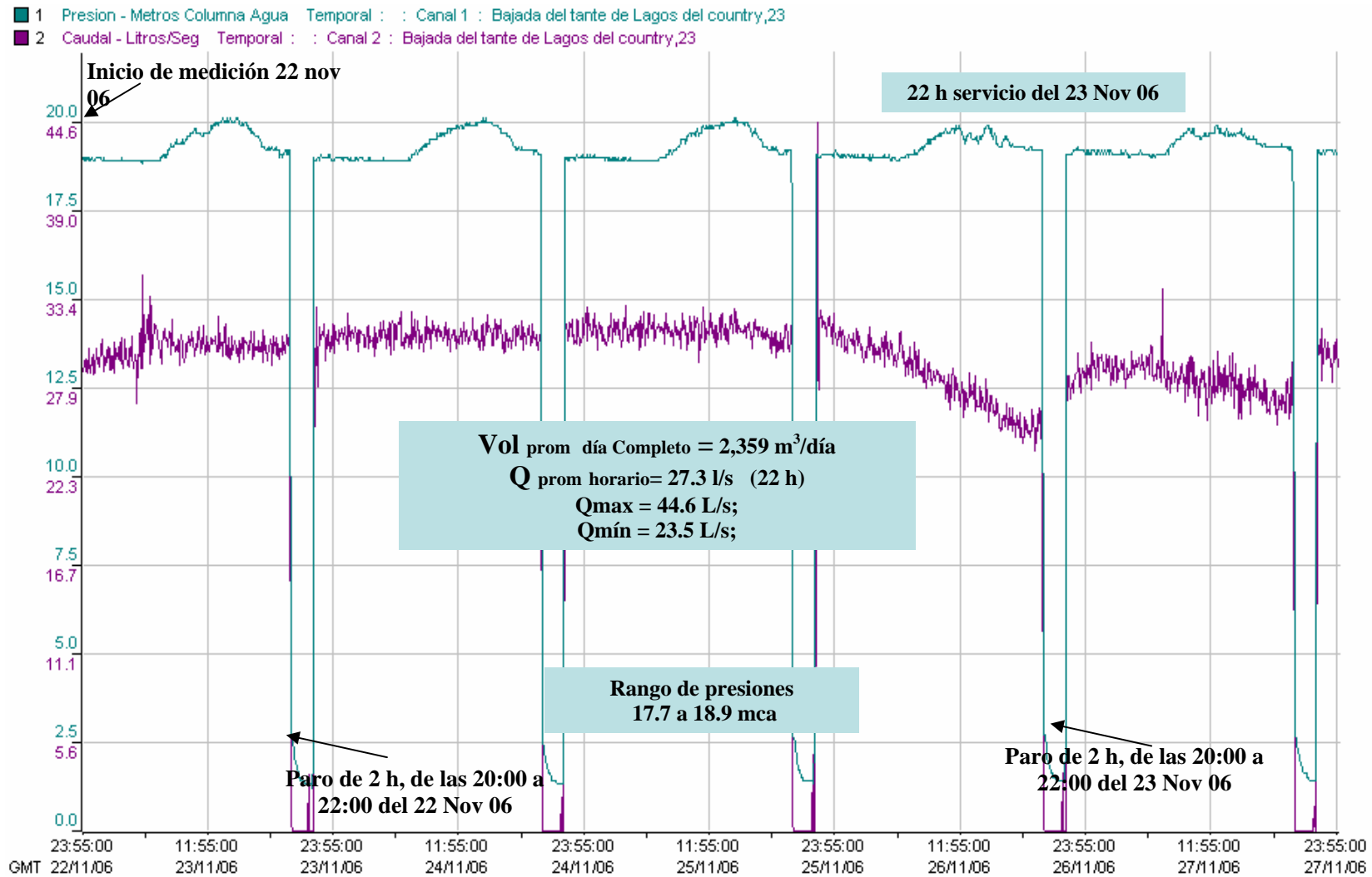


Figura 3.6. Gráfica de medición de caudales y presión a la salida del pozo "Foviste Colosio" de Lagos del Country.

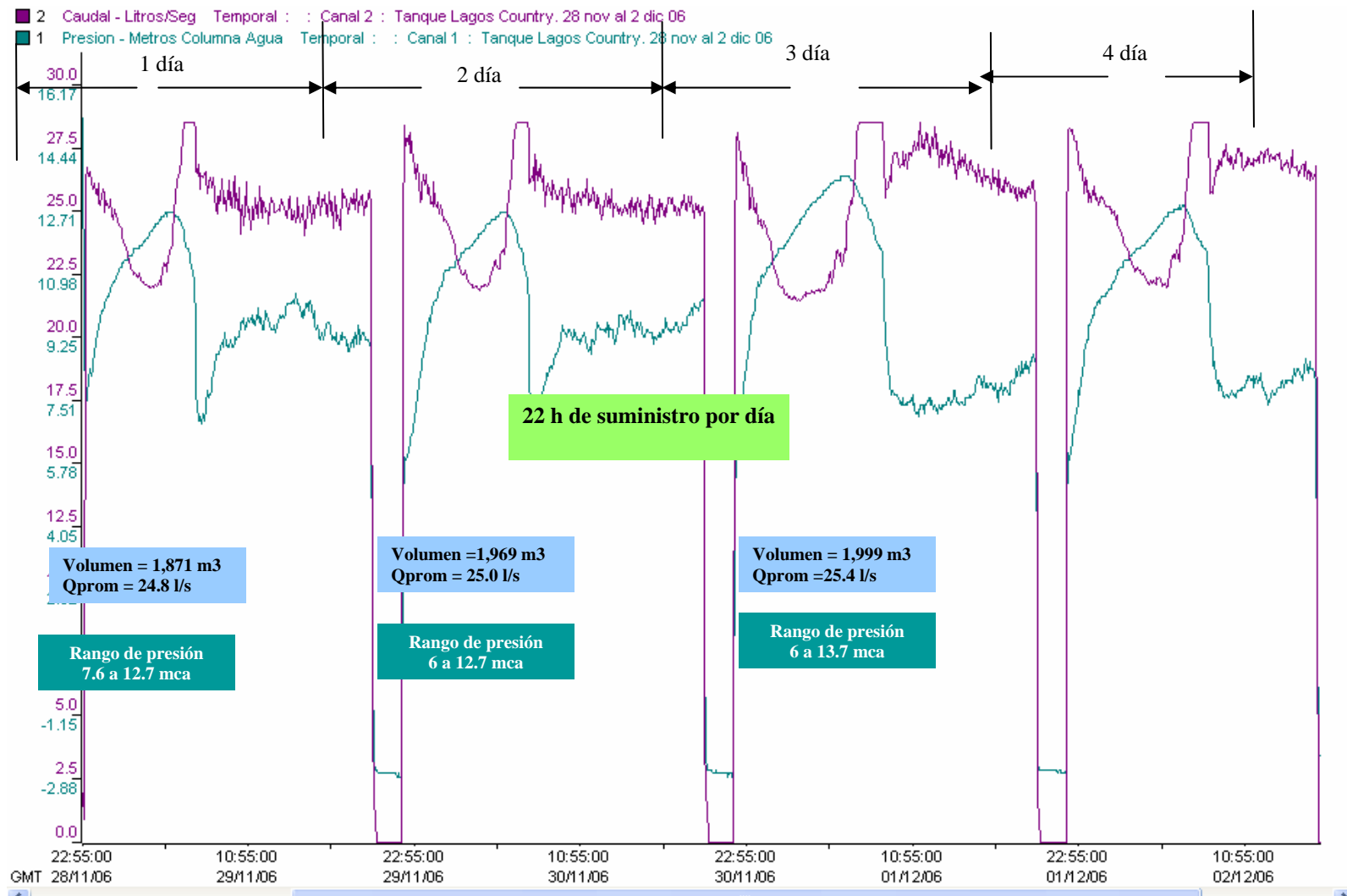


Figura 3.7. Gráfica de medición de caudales y presión a la bajada del tanque de Lagos del Country.

3.1.2. Cuantificación de Consumos

El volumen que es consumido por los usuarios se puede obtener a partir de los registros de Micromedición, por otro lado para los de tarifa fija se calcula mediante su clasificación por tipo de usuario y nivel socioeconómico, se puede inferir el volumen asignado y considerando los volúmenes obtenidos de los usuarios con Micromedición. Otros consumos no registrados pero si potenciales son los de riego en parques, jardines o para trabajos de rehabilitación de líneas, estos no se clasifican dentro del estudio pero es importante considerar que existen a la hora de obtener el balance hidráulico.

3.1.2.1. Consumo medido autorizado (Micromedición)

El volumen registrado por los medidores sirve para analizar el comportamiento de la demanda para cada usuario y posteriormente establecer rangos de consumo para extrapolarlos hacia los usuarios no medidos. Los registros obtenidos abarcan parámetros desde el comportamiento de los consumos de los usuarios Comercial y Doméstico, en sus tres estratos sociales (bajo, medio, alto), tipo de aparato, volumen de consumo y costos por consumo y colonia, de manera mensual.

La recopilación de datos de registros de Micromedición considera las siguientes características por toma:

- a. Ubicación de predios de los diferentes usuarios (colonias)
- b. Número de tomas
- c. Nivel socioeconómico (alto, medio, bajo)
- d. Tipo de servicio (comercial y doméstico)
- e. Marca del aparato de Micromedición de agua
- f. Tipo de aparato de medición (velocidad, volumétrico)
- g. Volumen consumido (m³/mes)
- h. Montos facturados por consumo mensual

Por lo que de acuerdo a los datos proporcionados por el Organismo Operador la ciudad cuenta con un total de 92,397 usuarios registrados, de lo cuales solo 2,678 tienen Micromedición, es decir el 2.9% del padrón total:

Contratos Micromedición en la ciudad		
SDM	SCM	Total
1886	792	2678

De acuerdo a la base de datos para la *zona en estudio* se tiene un total de 809 Micromedidores es decir el 32% de la Micromedición en la ciudad, las cuales quedan distribuidos en los tres distritos hidrométricos como se aprecia en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Total de contratos por DH

DH	SERVICIO MEDIDO		TOTAL
	DOMESTICO	COMERCIAL	
SANTA FE	2	3	5
SAN JUAN	636	78	714
LAGOS DEL COUNTRY	82	8	90

En la Figura 3.8 se puede ver que el distrito San Juan cuenta con 714 tomas con Micromedidor; representa el 88% del total de Micromedición en estudio y casi el 27% de la Micromedición en la ciudad.

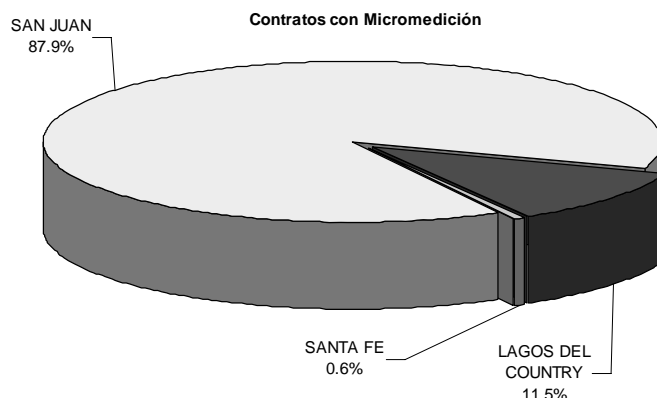


Figura 3.8. Porcentaje de Micromedición por DH

Tabla 3.2. Numero de usuarios con micromedidor para cada colonia y DH (Oct., 2006 SIAPA)

SECTOR	COLONIA	SDM	SCM	TOTAL
SANTA FE	AMPL OJO DE AGUA	0	0	0
	BUENOS AIRES	0	0	0
	EL FAIZAN	0	0	0
	INGENIERO AGUAYO	0	1	1
	LOS PINOS	0	0	0
	SANTA CECILIA	2	2	4
	SANTA FE	0	0	0
	Total	2	3	5
SAN JUAN	FRACC SAN ANGEL 50%	0	1	1
	SAN JUAN	493	60	553
	TIO BALTAZAR	18	0	18
	VERSALLES	125	17	142
	Total	636	78	714
LAGOS DEL COUNTRY	FOVISSSTE LUIS DONALDO COLOSIO	0	1	1
	FRACC VALLE DEL COUNTRY	0	1	1
	LAGOS DEL COUNTRY	82	6	88
	Total	82	8	90

Para poder definir el consumo de Micromedición fue necesario tomar en cuenta que los volúmenes registrados pueden variar debido a errores de sub y sobremedición, por lo que es necesario descartar ese volumen de los registros y así obtener un consumo real y por lo tanto rangos del comportamiento de la variación estacional en los consumo por tipo de usuario (bajo, medio o alto) y tipo de servicio (domestico y comercial).

Para evaluar esa sub o sobremedición se realiza una verificación en sitio de cada medidor seleccionado de manera aleatoria y por un método de muestreo en el que se toma especial cuidado de abarcar características como:

- Antigüedad del medidor
- Marca del medidor
- Tipo de medidor (volumétrico o de velocidad)
- Zona de presión

Para la determinación del tamaño de la muestra se considera la siguiente ecuación, de la función de probabilidad Normal.

$$n_o = \frac{Z_c^2}{Nd^2} \left[\sum_{i=1}^n N_i * P_i(100 - P_i) \right]$$

Donde:

- n_o Tamaño de la muestra
- Z_c 1.96 (área bajo la curva normal de probabilidades para un 95% de nivel de confianza).
- N Número total de micro-medidores funcionando en el sistema
- d 5% (corresponde al error en la estimación)
- N_i Número de micro-medidores en cada estrato
- P_i Porcentaje de micro-medidores por límite de funcionamiento

Con base en el padrón de usuarios de Micromedición proporcionado por el SIAPA y aplicando la función de probabilidad Normal, se tienen los siguientes tamaños de muestra por distrito:

Tabla 3.3. Numero de usuarios con micromedidor para cada colonia y DH

DH	Numero de Micromedidores (Ni)	Micromedidores por estrato (Ni/N) %	Micromedidores con falla (%)	Tamaño de Muestra (n _o) de acuerdo a Ecuacion A
SANTA FE	5	0.6	25	5
SAN JUAN	714	79.2	50	293
LAGOS DEL COUNTRY	90	10.0	25	30

Ya a que no se pueden conocer los antecedentes de los porcentajes del límite de funcionamiento para a un registro de caudal por abajo o arriba del correcto en los medidores en cada estrato, se considerara un 25% de valor promedio y en zonas mas viejas de la ciudad y del estudio se considera un valor del 50%

Conforme se avanzaban en los trabajos de campo de revisión de Micromedidores, se pudo verificar que existen discrepancias en el padrón proporcionado por el SIAPA por lo que los valores de tamaño de muestra se ajustaron con la inspección física del Distrito para así tomar una muestra más representativa.

Se seleccionó una muestra aleatoria de 50 medidores domiciliarios que se encuentran instalados y que están accesibles a las pruebas, considerando el tipo de usuario ya sea doméstico, comercial y el diámetro de la toma donde está instalado el medidor, para el distrito que se trabajó. Por lo que los tamaños de muestra “ajustados” quedan establecidos como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.4. Tamaño de Muestra Final para cada DH

DH	Tamaño de Muestra de Medidores x DH	Medidores no sirven	Medidores sirven
SANTA FE	51	11	40
SAN JUAN	54	6	48
LAGOS DEL COUNTRY	54	10	44
Total =	159	27	132

De acuerdo a las características de la función empleada se consideró un valor mínimo a muestrear de 30 tomas y como máximo 150 tomas por distrito.

Debido a que el servicio de agua en estas zonas es tandeado y las presiones de suministro son aceptables y en algunas zonas críticas en un rango de 0.5 hasta 4 kg/cm² se determinó que la exactitud aceptable del medidor fuera del +/- 5%.

Las pruebas de precisión de los aparatos nuevos se desarrollaron como se indica en la **Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCFI-93**. La verificación de la exactitud se realizó comparando el volumen de agua recolectada en un depósito calibrado para un volumen conocido, contra el registro en la carátula del volumen de agua que pasa por el medidor que se está evaluando.

Análisis de errores.- Los errores que se pueden originar en la ejecución de las pruebas en toda medición hidráulica son tres tipos:

Error accidental.- Debido a las acciones humanas, este tipo de error se disminuyó haciendo la prueba con mucho cuidado y desechando lecturas dudosas o mal tomadas, por lo que fue conveniente que las operaciones realizadas de la prueba de verificación del micromedidor se realizaron con sumo cuidado y responsabilidad para garantizar su validez.

Error sistemático.- se reduce seleccionando y calibrando apropiadamente los equipos e instrumentos de medición. La siguiente revisión y análisis define el grado de error que se está imponiendo con el equipo utilizado en las pruebas. La precisión mínima aceptable en los micromedidores que se prueben es de 98% a 101% (-2 a 1%) de error para caudales de 2 a 75 L/min. Por esta razón, el análisis considera que los errores provocados por los equipos o accidentes humanos deben ser en rigor inferiores al 1% para garantizar la validez de las pruebas. La precisión en la carátula de lectura en el micromedidor corresponde a 1 decilitro, o sea 0.1 litro. Es por eso que el recipiente está calibrado en un laboratorio certificado. De acuerdo a la norma vigente.

Error de exactitud.-Por las variaciones e inestabilidades del proceso, este se disminuye repitiendo varias veces la misma prueba en condiciones iguales, debido a los tiempos de prueba y condiciones de sitio, la prueba solamente se realizará una vez, verificando la no variación de la presión en la tubería.

Descrito lo anterior se procede por DH a describir los trabajos realizados:

1. DH Santa Fe

Se ubicaron físicamente en el Distrito “Santa Fe” los 50 domicilios. Resultaron tener opción de tomas y se dividieron en: Domésticos y Comerciales. Se realizó el muestreo aleatorio tomando en cuenta los usuarios que tienen medidor accesible; de la muestra revisada se encontró lo siguiente:

De los 50 medidores seleccionados:

<i>Tipo de servicio</i>	<i>Seleccionados</i>
Domésticos	47
Comerciales	03

<i>Marca</i>	<i>Seleccionados</i>
Kent	19
DELAUNET 15	29
YUANTEAI	02

<i>Colonias</i>	<i>Seleccionadas</i>
El Faisán	34
Santa Fe	10
Santa Cecilia	06

<i>Diámetro</i>	<i>Seleccionados</i>
½”ø	50 elementos



Figura 3.9. Evaluación de Micromedidores en campo

Los resultados y anomalías detectadas durante la evaluación de los 50 medidores fueron las siguientes:

- 1.- De los 50 medidores a los que se les realizaron la prueba, 29 son de la marca Delaunet, de los cuales 2 son comerciales.
- 2.- De los 3 medidores comerciales solo 1 pasó la prueba y los otros 2 sobremidieron
- 3.- De las pruebas realizadas a los 50 medidores 15 medidores pasaron al estar entre el rango de $\pm 5\%$ y fue de la siguiente manera:
 - a) 6 medidores KENT
 - b) 9 medidores DELAUNET
- 3.- Se detectaron 20 medidores que no funcionaron es decir no indicaron paso de agua, por lo que tienen un error del -100% . Y se presentaron de las siguientes marcas:
 - a) 8 medidores KENT
 - b) 10 medidores DELAUNET
 - b) 2 medidores YUANTEAI
- 4.- En la verificación de estos 50 medidores ninguno presentó sub-medición
- 5.- 15 medidores sobre-midieron de los cuáles 2 fueron comerciales.
- 6.- De los 13 medidores domésticos que sobre-midieron se encontraron de la siguiente forma:
 - a) Del rango de $5\% < X \leq 10\%$ fueron 12
 - b) Del rango de $10\% < X \leq 20\%$ fue 1

Tabla 3.5. Porcentaje promedio de error en la Micromedición para cada colonia del DH

DH	Colonias	Media		Tamaño de Muestra de Medidores x colonia	Medidores no sirven	Medidores sirven
		SDM	SCM			
SANTA FE	Amp. Ojo de Agua			0		
	Santa Fe	105%		16	2	
	Los Pinos			0		
	El Faisán	105%		34	4	
	Santa Cecilia			1	5	
	Ing. Aguayo			0		
	Buenos Aires			0		
		105%		51	11	40

También se observo lo siguiente:

- 1.- La marca Delaunet es la que más esta fallando, debido a que se tiene el mayor número de medidores, que de las demás marcas, sin embargo con los resultados de las pruebas en los otros distritos se podrá hacer un análisis y establecer un diagnóstico más confiable. Cabe mencionar que en este distrito si existen solo 3 tipos de medidores. Pero hay más de la marca Delaunet.
- 2.- De acuerdo con las pruebas realizadas el resultado indica que la medición domiciliaria en el sector esta fuera de las condiciones aceptables al ser rechazados 36 medidores, además de que otros 6 no funcionaron.
- 3.- Se recomienda considerar la reubicación de los medidores inaccesibles para aumentar el padrón de usuarios que se puede leer con toda seguridad.
- 4 - Este sector es el que más carece de medición por lo que es necesario que se complemente la micromedición ya que existen tomas directas que seria prudente instalarles medidor, al menos a los usuarios con consumos elevados.
- 5.- Se pudo observar que la base de datos del SIAPA tiene registrados 5 micromedidores (dos domésticos y tres comerciales), sin embargo en los trabajos de campo se encontraron 51 por lo que se puede establecer que no existe un verdadero muestreo y registro de los usuarios con Micromedición por parte del Organismo Operador.

6.- Ya que no se tiene un volumen mensual representativo para este tipo de usuarios de tarifa baja en ninguna de las colonias, no fue posible establecer un consumo real para las 7 colonias que conforman el sector y solo se hizo el ajuste al volumen registrado obtenido en los pocos usuarios que se tienen.

▪ **Estimación de consumos a partir de los rangos de sub y sobre-medición para el DH SANTA FE**

Para el volumen total de Micromedición en la zona es necesario hacer el ajuste de los errores por sub-medición y sobre-medición, por lo que se tiene un consumo por Micromedición ajustada a su valor de error como se muestra a continuación.

Tabla 3.6. Promedio de error de Micromedición por DH y sus consumos establecidos

		% error en Microm.
SANTA FE	Amp. Ojo de Agua	
	Santa Fe	5%
	Los Pinos	
	El Faisán	5%
	Santa Cecilia	
	Ing. Aguayo	
	Buenos Aires	

Como se observa los datos del padrón de usuarios del SIAPA era solo 5 usuarios con, y de acuerdo a los trabajos de campo había 51 micromedidores. Por lo que no fue posible tomar como referencia este DH de nivel socioeconómico bajo para una extrapolación hacia los demás usuarios de características similares. Solo se procedió a ajustar el volumen registrado en la base de datos al valor de error en la Micromedición:

Tabla 3.7. Volumen anual consumido para el DH SANTA FE (2006)

COLONIA	CONTRATOS MICROMEDICION		Micromedicion con error		Micromedicion sin error	
	VOLUMEN (M3/AÑO)		VOLUMEN (M3/AÑO)		VOLUMEN (M3/AÑO)	
	DOM	COM	DOM	COM	DOM	COM
AMPL OJO DE AGUA	-	-	-	-	-	-
BUENOS AIRES	-	-	-	-	-	-
EL FAIZAN	-	-	-	-	-	-
ING. AGUAYO	-	1	-	102	-	102
LOS PINOS	-	-	-	-	-	-
SANTA CECILIA	2	2	953	1,223	908	1,223
SANTA FE	-	-	-	-	-	-
TOTAL =	2	3	953	1,325	908	1,325

Volumen Anual con error= 2,278 m3/año

Volumen Anual sin error= 2,233 m3/año

Diferencia = 45 m3/año

2. DH San Juan

Se ubicaron 50 tomas para la realización de las pruebas, resultaron tener opción de tomas y se dividieron en: Domésticos y Comerciales. Se realizó un muestreo aleatorio tomando en cuenta los usuarios que tienen medidor accesible, se les realizó la inspección de campo sobre las condiciones de servicio y funcionamiento de sus medidores. De la muestra revisada se encontró lo siguiente:

De los 50 medidores seleccionados:

<i>Tipo de servicio</i>	<i>Seleccionados</i>
Domésticos	43
Comerciales	07

<i>Marca</i>	<i>Seleccionados</i>
Kent	30
DELAUNET 15	07
NANSEN	03
KENT/DELAUNET	03
KENT/SPX 94	01
AZTECA 3BM	03
SPX	02
ACTARIS	01

<i>Diámetro</i>	<i>Seleccionados</i>
½"ø	50 elementos



Figura 3.10. Evaluación de Micromedidores en campo

Los resultados y anomalías detectadas durante la evaluación de los 50 medidores fueron las siguientes:

- 1.- De los 50 medidores a los que se les realizaron la prueba, 30 son de la marca Kent tipo velocidad de los cuales 5 son comerciales.
- 2.- De los 5 medidores KENT comerciales solo 2 pasaron la prueba
- 3.- De las pruebas realizadas a los 50 medidores sólo 8 medidores pasaron al estar entre el rango de +- 5% y fueron de la siguiente manera:
 - a) 1 medidor KENT/SPX 94
 - b) 3 medidores KENT
 - c) 1 medidor NANSEN
 - d) 1 medidor ACTARIS
 - e) 1 medidor AZTECA
 - f) 1 medidor SPX
 - g) 1 medidor DELAUNET 15
- 3.- Se detectaron 6 medidores que no funcionaron es decir no indicaron paso de agua, por lo que tienen un error del -100%. Y se presentaron de las siguientes marcas:
 - a) 3 medidores KENT
 - b) 2 medidores DELAUNET
 - c) 1 Medidor NANSEN
- 4.- Solo 2 medidores presentaron sub-medición y estuvo en el rango de -10% a -30.8% y son de servicio doméstico, y son de la marca KENT y otro de DELAUNET 15
- 5.- 34 medidores sobre-midieron de los cuáles 3 fueron comerciales en los rangos de 14% al 30.3%.
- 6.- De los 31 medidores domésticos que sobre-midieron se encontraron de la siguiente forma:
 - a) Del 5.1 % a 10% de error fueron 4
 - b) Del 11% al 20 % de error fueron 14.
 - c) Del 20% al 40% de error fueron 6.
 - d) Del 41% al 50% de error fueron 4
 - e) y mayores a 50% hasta un máximo de 75% de error fueron 3

Tabla 3.8. Porcentaje promedio de error en la Micromedición para cada colonia del DH San Juan

DH	Colonias	Media		Tamaño de Muestra de Medidores x colonia	Medidores no sirven	Medidores sirven
		SDM	SCM			
SAN JUAN	SAN JUAN	120%	108%	24	1	
	VERSALLES	116%	39%	25	3	
	TIO BALTAZAR	95%	118%	4	2	
	SAN ANGEL 50%	103%	0%	1	0	
		108%	67%	54	6	48

También se observo lo siguiente:

- 1.- La marca KENT es la que más esta fallando, esto debido a que se tiene el mayor número de medidores, que de las demás marcas, sin embargo con los resultados de las pruebas en los otros distritos se podrá hacer un análisis y establecer un diagnóstico más confiable. Cabe mencionar que en este distrito si existen hasta 8 tipos de medidores. Pero hay más de la marca KENT.

- 2.- Se puede ver que la medición domiciliaria en el sector esta fuera de las condiciones aceptables al ser rechazados 36 medidores, además de que otros 6 no funcionaron.
- 3.- Seis medidores están en mal estado que no se consideraron entre los 39 que fueron rechazados.
- 4.- En el DH San Juan existe un padrón importante de usuarios domésticos con Micromedición y de consumidores comerciales en cuanto a volumen y tamaño.
- 5.- De los 54 muestreados 6 no funcionaron, y su rango de error en la medición va de 20% de sobre medición en la colonia San Juan y 16% en la Versalles, por lo que los valores de consumo son de 383 y 310 L/Hab/día respectivamente lo que servirá de base para su posterior extrapolación en los demás usuarios de cuota fija respectivamente a cada colonia.

▪ **Estimación de consumos a partir de los rangos de sub y sobre-medición para el DH SAN JUAN**

Dado el error de Micromedición muy alto sobre todo en la Colonia San Juan (Ver Tabla 3.9) y siendo esta clasificada como Nivel Socioeconómico Alto, es importante hacer algunas consideraciones: como ya se menciona este DH cuenta con el 80% de Micromedición estudiada y casi el 30% de la que existe en la ciudad se concentra en la colonia San Juan, por lo que al ajustar los registros medidos proporcionados en el SIAPA se puede apreciar un consumo alto, mas elevado que el mencionado en el Manual de Datos Básicos de CNA, es decir, de 383L/hab/día respecto a 300L/hab/día del manual.

También en la colonia Versalles se hace el ajuste del error del 16% que resultado de los trabajos de campo, teniendo así un consumo por habitante de 310L/hab/día, el cual es aceptable para el tipo de colonia (nivel socioeconómico alto) y de acuerdo al promedio de consumos para la zona.

Tabla 3.9. Promedio de error de Micromedición por DH y sus consumos establecidos

		% error en Microm.	Consumos sin error de Medicion (m3/mes)		Contratos		m3/mes/contrato		Consumo (l/hab/dia)	
			SDM	SCM	SDM	SCM	SDM	SCM	SDM	SCM
SAN JUAN	SAN JUAN	20%	22694	2502	493	60	46	42	383.61	1390
	VERSALLES	16%	4651	774	125	17	37	46	310.06	1518
	TIO BALTAZAR	-5%	1357		18		77		638.81	
	SAN ANGEL 50%	3%								
			28,702	3,276	636	77	160	87	346.83	1,454

Es importante mencionar que esos consumos de Micromedición mensual corresponden al promedio del consumo de enero a diciembre del año 2006. Con el valor promedio de error en la Micromedición se procede a definir el volumen de agua consumida registrada para un periodo de tiempo de un año, que es el recomendable para el análisis de las perdidas en el Diagnóstico.

Confirmado el tamaño de la muestra y los porcentajes de error promedio de Micromedición, se procede a definir el volumen de agua consumida registrada para un periodo de tiempo de un año, recomendable para el análisis de las perdidas en el Diagnóstico.

Tabla 3.10. Volumen anual consumido para el DH SAN JUAN (2006)

COLONIA	CONTRATOS MICROMEDICION		Micromedicion con error		Micromedicion sin error	
	VOLUMEN (M3/AÑO)		VOLUMEN (M3/AÑO)		VOLUMEN (M3/AÑO)	
	DOM	COM	DOM	COM	DOM	COM
FRACC. SAN ANGEL 50%	-	1	-	89	-	89
SAN JUAN	509	62	330,578	31,716	275,482	29,367
TIO BALTAZAR	18	1	12,841	-	13,517	-
VERSALLES	131	16	65,819	2,542	56,741	2,542
	658	80	409,238	34,347	345,739	31,998

Volumen Anual con error= 443,585

Volumen Anual sin error= 377,737

Diferencia = 65,848

Es importante aclarar que para disminuir el error de los valores de consumo considerado, se analizo cada mes del año 2006 pertenecientes a cada colonia en estudio, por lo que los volúmenes totales que se presentan son la suma del volumen de cada mes y aplicado su ajuste del error de la muestra.

3. DH Lagos del Country

Se ubicaron 50 tomas para la realización de las pruebas, mediante un muestreo aleatorio tomando en cuenta los usuarios que tienen medidor accesible, de la muestra revisada se encontró lo siguiente:

De los 50 medidores seleccionados:

<i>Tipo de servicio</i>	<i>Seleccionados</i>
Domésticos	48
Comerciales	02
<i>Marca</i>	<i>Seleccionados</i>
Kent	49
SPX	01
<i>Diámetro</i>	<i>Seleccionados</i>
½"ø	50 elementos



Figura 3.11. Jarra patrón de 20 l, de la marca Braunker, calibrada en laboratorio acreditado conforme a las normas vigentes NOM-041- SCFI-1997, NOM-042-SCFI-1997 Y LA NMX-CH-049-1996-IMNC.



Figura 3.12. Evaluación de Micromedidores en campo

Los resultados y anomalías detectadas durante la evaluación de los 50 medidores fueron:

- 1.- De los 50 medidores a los que se les realizaron la prueba, 49 son de la marca Kent tipo velocidad y 1 de la marca SPX y que pertenece al tipo comercial y es tipo velocidad
- 2.- De las pruebas realizadas sólo 4 medidores pasaron al estar entre el rango de +- 5% y fueron de la marca Delaunet.
- 3.- Se detectaron 7 medidores que no funcionaron es decir no indicaron paso de agua, por lo que tienen un error del -100%.
- 4.- Solo 2 medidores presentaron sub-medición y estuvieron en el rango de -20% hasta el -40%.
- 5.- 37 medidores sobre-medieron de los cuáles 35 estuvieron en el rango de + 5.5% a +30%, uno estuvo en el rango de +35% y 1 estuvo en el rango de +79%
- 6.- Se encontró un medidor que está invertido, al realizar la prueba indicó al revés el paso del agua.
- 7.- Se encontró un medidor que no esta conectado a la toma del usuario, pero el usuario si tiene servicio con la toma conectada directamente a la red sin el paso al medidor.

Tabla 3.11. Porcentaje promedio de error en la Micromedición para cada colonia del DH Lagos del Country

DH	Colonias	Media		Tamaño de Muestra de Medidores x colonia	Medidores no sirven	Medidores sirven
		SDM	SCM			
LAGOS DEL COUNTRY	LAGOS DEL COUNTRY	111%		12	3	
	VALLE DEL COUNTRY	104%		17	4	
	FOVISSTE LUIS DONALDO COLOSIO	119%	111%	25	3	
		111%	111%	54	10	44

También se observo lo siguiente:

- 1.- De los medidores muestreados en campo sólo dos se encontraron con ligera incrustación en los conectores.
- 2.- No se puede asegurar que alguna marca específica de medidor esté fallando, sin embargo con los resultados de las pruebas en los otros distritos se podrá hacer un análisis y establecer un diagnóstico más confiable. Cabe mencionar que en este distrito no existen demasiados tipos de medidores.
- 3.- De acuerdo con las pruebas realizadas el resultado indica que la medición domiciliaria en el sector está fuera de las condiciones aceptables al ser rechazados 39 medidores, además de que otros 10 no funcionaron.
- 4.- Se recomienda considerar la reubicación de los medidores inaccesibles para aumentar el padrón de usuarios que se puede leer con toda seguridad. En algunos casos los usuarios no permiten reubicación argumentando que pueden verificar la lectura pidiendo permiso, pero se ha demostrado que en ocasiones estos no se encuentran en la casa al momento de toma de lectura.
- 5.- 7 medidores están en mal estado que no se consideraron entre los 39 que fueron rechazados.

▪ **Estimación de consumos a partir de los rangos de sub y sobre-medición para el DH LAGOS DEL COUNTRY**

El error en la Micromedición nos ajusta los valores de registro de consumo mensual proporcionados por el SIAPA a un consumo real por habitante (Ver Tabla 3.12) y estos pueden servir de base para aquellas otras zonas con características socioeconómicas parecidas. Aunque la colonia Lagos del Country está clasificada como un nivel Medio, se puede apreciar que aun ajustando los valores con el 11% de error que sobremiden, están los consumos muy por arriba del valor para este tipo de habitantes, el cual según datos de CNA y de acuerdo a las características físicas de la localidad, debe ser al menos un consumo de 205 L/hab/día.

Tabla 3.12. Promedio de error de Micromedición por DH y sus consumos establecidos

LAGOS DEL COUNTRY		% error en Microm.	Consumos sin error de Medicion (m3/mes)		Contratos		m3/mes/contrato		Consumo (l/hab/día)	Consumo (l/toma/día)
			SDM	SCM	SDM	SCM	SDM	SCM	SDM	SCM
			LAGOS DEL COUNTRY	11%	3841	54	82	5	47	11
VALLE DEL COUNTRY	4%	45	10	1	1	45	10	373.93	323	
FOVISSTE LUIS DONALDO COLOSIO	19%		24		1		24		805	
			3,885	88	83	7	92	45	382.12	496

Las otras colonias como el Fraccionamiento Valle del Country (Nivel Socioeconómico Alto), tiene una cantidad muy pequeña de contratos con Micromedición domestica (SDM), por lo que su extrapolación a L/hab/día no servirá de referencia a otras zonas. Aun así se considerara su volumen registrado después del ajuste de error de sobre medición.

Con el valor promedio de error en la Micromedición se procede a definir el volumen de agua consumida registrada para un periodo de tiempo de un año, que es el recomendable para el análisis de las perdidas en el Diagnóstico.

Tabla 3.13. Volumen anual consumido para el DH LAGOS DEL COUNTRY (2006)

COLONIA	CONTRATOS MICROMEDICION		Micromedicion con error		Micromedicion sin error	
	DOM	COM	VOLUMEN (M3/AÑO)		VOLUMEN (M3/AÑO)	
			DOM	COM	DOM	COM
FOVISSTE LUIS DONALDO COLOSIO	-	1	-	389	-	350
FRACC. VALLE DEL COUNTRY	0	1	14	84	13	78
LAGOS DEL COUNTRY	90	5	55,703	570	50,183	570

Volumen Anual con error= 56,065

Volumen Anual sin error= 51,195

Diferencia = 4,870

Resumiendo los valores obtenidos de sobremedición y submedición y comparándola con los datos registrados del padrón del SIAPA, se puede apreciar una gran diferencia de volúmenes, es decir antes del ajuste se tenía los siguientes volúmenes de consumo en la ciudad:

Tabla 3.14. Volumen registrado de Micromedición para el año 2006 en la ciudad

Volumen por Micromedición Anual en la ciudad (m3)		
SDM	SCM	Total
923,232	540,578	1,463,810

Tabla 3.15. Volumen registrado de Micromedición para el año 2006 en la zona en estudio antes del ajuste de errores

DH	Volumen con error Micromedición Anual en la Zona (m3/año)		
	SDM	SCM	Total
SANTA FE	953	1,325	2,278
SAN JUAN	409,238	34,347	443,585
LAGOS	55,717	348	56,065
Total =	465,908	36,020	501,928

El volumen era de $501,928 m^3$ por año, es decir el 34% del volumen de Micromedición de la ciudad. Después de realizado el ajuste por sub y sobre medición, el consumo por tipo de usuario y por DH queda de la siguiente manera:

Tabla 3.16. Volumen corregido de Micromedición después del ajuste

DH	Volumen sin error Micromedición Anual en la Zona (m3/año)		
	SDM	SCM	Total
SANTA FE	908	1,325	2,233
SAN JUAN	345,739	31,998	377,737
LAGOS	50,196	998	51,194
Total =	396,843	34,321	431,164

El volumen ajustado queda de $431,164 m^3$ por año, existe un porcentaje promedio de error en la Micromedición del 14% que afecta el volumen de consumo registrado.

Los volúmenes se encuentran concentrados en la colonia San Juan con el 80%, con un valor mayor de error, es decir existe un desfase en las lecturas de 15% en un año, seguido del Fraccionamiento Lagos del Country con el 10% del volumen total analizado, y un volumen desfasado del 10%.

Los volúmenes consumidos para el año 2006 para cada Distrito Hidrométrico son los siguientes.

Tabla 3.17. Volumen anual Promedio de Micromedición para los DH (2006)

DH	CONTRATOS MICRO		TOTAL CONTRATOS MICRO	Micromedición con error	Micromedición sin error	Diferencia Micro (con error-sin error) m3/año
	DOM	COM		Volumen Total (M3/AÑO)	Volumen Total (M3/AÑO)	
SANTA FE	2	3	5	2,278	2,233	45
SAN JUAN	658	80	737	443,585	377,737	65848
LAGOS DEL COUNTRY	90	7	96	56,065	51,195	4870
TOTAL =	749	89	838	501,928	431,165	70,763

Es decir se tiene un VOLUMEN ANUAL CONSUMIDO CON MICROMEDICION de **431,165 m³** en total para los tres Distritos Hidrométricos o los 838 usuarios.

Se puede apreciar la diferencia de volumen por el desfaseamiento de la sub y sobre medición. Es decir **70,763 m³** de agua están sobre medidos.

3.1.2.2. Consumo No Medido Autorizado (Tarifa Fija)

Con base en los datos proporcionados por el Organismo Operador la ciudad cuenta con **89,719** usuarios de cuota fija (Octubre, 2006), distribuidos en doméstico (baja, media y alta) y comercial distribuido en los diferentes tipos de comercios existentes.

La *zona en estudio* comprende el **5.8%** de los usuarios de tarifa fija del padrón total.

Tabla 3.18. Contratos de Tarifa fija en la ciudad y la zona en estudio

Contratos tarifa Fija en la ciudad		
DOM	COM	TOTAL
87,778	88,872	89,664

Contratos tarifa Fija en la ZONA		
DOM	COM	TOTAL
4,974	234	5,208

Aunque se puede apreciar que el DH San Juan es el que tiene un menor numero de usuarios con Tarifa Fija registrados pero una mayor cantidad de usuarios con Micromedición. En cuanto a consumos el DH San Juan es el que cuenta con el mayor consumo Litros/Habitante/Día.

En el análisis se estimo que los consumos que arrojaban un comportamiento más real, eran los de nivel alto o tarifa 1D, esto debido a dos razones:

1. La mayor cantidad de usuarios con Micromedición se encontraban en la colonia San Juan, es decir los pertenecientes a este tipo de tarifa de consumo alto.
2. Los porcentajes de error en la Micromedición eran menores para esta colonia por lo tanto al hacer el ajuste resulto un consumo mas aproximado al que marcan las normas como consumo promedio para todas las ciudades del país según el Manual de Datos Básicos de la CONAGUA.

Para los usuarios de tarifa Media o 1C, solo se tienen registrados contratos de Micromedición en el DH Lagos del Country, no obstante no resultaban reales o aproximados a la media nacional, aun ajustando el error provocado por la sub o sobremedición, por lo que se procedió a establecer como valor de consumo 205L/hab/día, el que establece la norma para el tipo de clima y ciudad.

Respecto a los usuarios de Tarifa Baja existe un registro bajo de Micromedición en la zona, se pudo verificar mediante las pruebas a Micromedidores, como la mayoría de ellos tienen una gran cantidad de desperfectos y la mayoría no sirven por lo que no se puede establecer a partir de ahí un consumo promedio real registrado.

El Sistema Tarifario en el organismo operador, se encuentra clasificado para consumidores domésticos, de la siguiente manera:

Tabla 3.19. Clasificación del sistema tarifario para consumos domésticos del SIAPA (2006)

Tarifa	Tipo
Servicio Doméstico	
1A	Minima (lote baldío)
1B	Baja
1C	Media
1D	Alta
Derivación de casas (hasta dos)	
2A	Minima
2B	Baja
2C	Media
2D	Alta

Los consumos propuestos para el análisis del volumen por tarifa fija, fueron estudiados y analizados en función de los consumos medidos registrados por el organismo operador. Estos consumos fueron ajustados al porcentaje de error en la Micromedición y de esta manera se obtuvo un consumo mas aproximado al valor real para cada colonia en particular.

Eso se puede apreciar en los valores de consumo asignado por tipo de tarifa doméstica como se muestra en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20. Consumos asignados para cada tipo de tarifa

TARIFA	Volumen	
	m3/mes	L/Hab/Dia
1A	12	100
1B	15.6	130
1C	24.6	205
1D	37.21	310.06
2A	12	100
2B	15.6	130
2C	24.6	205
2D	41.62	346.83

Con base en los ajustes de la sub y sobremedición y los valores establecidos como promedios de la tabla anterior, para cada colonia en estudio quedan los consumos como se muestra en la tabla 3.21.

Fue a partir del desglose mensual (enero a diciembre del 2006), para cada tipo de tarifa y de acuerdo al numero de contratos de donde se estableció el promedio por Distrito Hidrométrico. De tal manera que los valores de consumo por distrito quedan como se presenta a continuación:

Tabla 3.21. Consumos asignados para cada colonia y cada DH

DH	COLONIA	CONTRATOS	HAB	CONSUMO (L/HAB/DIA)
		DOM	F = 4.1387	DOM
SANTA FE	AMP. OJO DE AGUA	14	58	130
	EL FAISAN	404	1672	130
	ING. AGUAYO	705	2918	130
	LOS PINOS	230	952	130
	SANTA CECILIA	648	2682	130
	SANTA FE	371	1535	130
	BUENOS AIRES	21	87	130
Total		2393	9904	130
SAN JUAN	SAN ANGEL 50%	32	132	205
	SAN JUAN	945	3911	383
	TIO BALTAZAR	70	290	310
	VERSALLES	323	1337	310
Total		1370	5670	302
LAGOS DEL COUNTRY	FOVISSTE LUIS DONALDO COLOSIO	874	3617	130
	VALLE DEL COUNTRY	609	2520	130
	LAGOS DEL COUNTRY	501	2073	390
Total		1984	8211	217

En cuanto al análisis de usuarios comerciales no es posible establecer una cuota por colonia y por distrito. Se debe tomar en cuenta cada usuario comercial, su tipo de servicio brindado a partir de su clasificación del organismo operador.

Por lo tanto para llegar a encontrar un volumen consumido por usuario comercial se debe recurrir al desglose de la cantidad de usuarios por tipo de tarifa.

Cabe mencionar que la clasificación para el organismo operador por tipo de tarifa comercial es la que se muestra a continuación, pero al igual que el caso de los usuarios domésticos, no se tiene un valor real de consumo incluso ningún valor de consumo que tenga propuesto el organismo operador, por lo que se procedió a hacer el análisis de m³/mes para cada tipo de servicio de acuerdo a su clasificación y de acuerdo a los estándares de consumo.

De esta manera la tabla siguiente muestra la clasificación del sistema tarifario comercial y sus metros cúbicos asignados por mes para cada tipo de servicio.

Tabla 3.22. Servicios aplicados para el tipo de Tarifa 3A de acuerdo a la clasificación del SIAPA y su consumo mensual asignado

TARIFA	Volumen (m3/mes)
3A	
Abarrotes	6
Ferreterías	3
Farmacia	3
Estética	5
Frutería	3
Minisuper	60
Miscelaneas	3
Peluquerías	5
Imprenta	3
Llanteras	3
Iglesias	3
Tintorerías	20
Laboratorio fotográfico	3
Mat. Construcción	3
Paletería	20
Venta Carnes	20
Asilos	900
Almacenes	3
Bodegas	3
Oficinas	5
Despachos	5
	51.4

Tabla 3.23. Servicios aplicados para el tipo de Tarifa 4A de acuerdo a la clasificación del SIAPA y su consumo mensual asignado

TARIFA	Volumen (m3/mes)
4A	
Lonchería	72
Taquería	72
Panadería	36
Billar	36
Toritillería	36
Florería	6
Escuelas Oficiales	360
	88.3

Tabla 3.24. Servicios aplicados para el tipo de Tarifa 5A de acuerdo a la clasificación del SIAPA y su consumo mensual asignado

TARIFA	Volumen (m3/mes)
5A	
Restarurantes	72
Posadas	120
Bares	72
Centros nocturnos	72
Centros botaneros	72
Autolavados	20
Lavanderias	240
Centros comerciales	240
Servicios a edificios	5
Clinica de especialidades	480
Tiendas departamentales	7
Salas de velacion	3
Cines	54
Plantas purificadoras	240
Salon de fiestas	72
Central de autobuses	120
Viveros	30
Hospitales	1920
Clubes deportivos	900
Hoteles	2250
Moteles	360
Condominios	360
Privadas	360
Blockeras y fábricas de mosaico	12
Estacionamientos	3
Comercializadoras	5
Ferrocarriles	120
	304.0

Tabla 3.25. Usuarios comerciales y su tipo de tarifa asignada de acuerdo a la clasificación del SIAPA y su consumo mensual asignado

TARIFA	Servicio	Volumen m3/mes
10	Moteles	360
11	Condominios	360
12A	Privada hasta 10 casas mínima	360
12B	Privada hasta 10 casas baja	360
12C	Privada mas de 10 casas mínima	360
14D	Guarderia Grande	360
15A	Centro Comercial con hasta 15 locales	240
15B	Centro Comercial con mas de 15 locales	360
16A	Servicios a Edificios hasta 5 oficinas	5
16B	Servicios a Edificios mas de 5 oficinas	7.5
17	Bloq. Y fábricas de mozaicos	12
20	Clínica de especialidades	480
21	Tiendas departamentales	7
22	Salas de velacion	3
23	Cines	54
27	Plantas purificadoras	240
29	Salon de fiestas	72
32A	Central de Autobuses Chica	120
32B	Central de Autobuses Mediana	120
32C	Central de Autobuses Grande	120
33	Gimnasios, obispados y viveros	450
34	Lavanderias	240
37	Ferrocarriles	120
40	Almacenes y Bodegas	3
4B	Restaurant y posadas	96
4C	Bar con 1/2 baño	72
4D	Centros nocturnos	72
6	Autolavados	20
8	Club deportivos	900
9A	Hotel 1 estrella	120
9B	Hotel 2 estrellas	120
9C	Hotel 3 estrellas	360
9D	Hotel 4 estrellas	2250

▪ **Volumen anual de tarifa fija**

Con los consumos Domésticos y Comerciales ya establecidos es posible entonces obtener el volumen mensual y anual de Consumo para los usuarios de Tarifa Fija.

Tabla 3.26. Volumen anual TOTAL de TARIFA FIJA para los DH (2006)

DH	CONTRATOS TARIFA FIJA		TOTAL TF	CONSUMO (L/HAB/DIA)	Tarifa fija
	DOM	COM			Volumen Total (m3/año)
SANTA FE	2375	94	2469	130	511,820
SAN JUAN	710	111	821	302	456,534
LAGOS DEL COUNTRY	1889	30	1919	154	421,601
TOTAL =	4,974	234	5,208	586	1,389,955

Es decir se tiene un **VOLUMEN ANUAL CONSUMIDO DE 1,389,955 m³** en total para los tres Distritos Hidrométricos o lo 5,208 usuarios de TARIFA FIJA.

Como ya se menciona anteriormente para el volumen comercial se tomaron en cuenta aquellos que si contaban con Micromedición y se extrapolo hacia sus similares en tipo de servicio brindado y de tarifa fija. Aquellos que no era posible uniformizar se aplico el volumen obtenido de los estándares que marca el manual de la CONAGUA.

Por lo tanto el desglose de los volúmenes anuales para cada colonia queda como se muestra en cada una de las siguientes tablas:

Tabla 3.27. Volumen anual consumido para el DH SANTA FE (2006)

COLONIA	CONTRATOS TARIFA FIJA		CONSUMO (L/HAB/DIA)	Tarifa fija			
				VOLUMEN (M3/AÑO)		VOLUMEN (M3/DIA)	
	DOM	COM		DOM	COM	DOM	COM
AMPL OJO DE AGUA	13	-	130	2,434	-	7	-
BUENOS AIRES	12	-	130	2,293	-	6	-
EL FAIZAN	403	8	130	73,981	5,627	206	16
ING. AGUAYO	704	27	130	130,564	26,628	363	74
LOS PINOS	228	10	130	41,924	7,015	116	19
SANTA CECILIA	645	39	130	119,672	26,336	332	73
SANTA FE	370	10	130	68,398	6,949	190	19
	2,375	94	130	439,266	72,555	1,220	202

Volumen Anual (DOM+COM) = **511,820** m3/año

Volumen promedio diario (DOM+COM) = **1,422** m3/dia

Tabla 3.28. Volumen anual consumido para el DH SAN JUAN (2006)

COLONIA	CONTRATOS TARIFA FIJA		CONSUMO (L/HAB/DIA)	Tarifa fija			
				VOLUMEN (M3/MES)		VOLUMEN (M3/DIA)	
	DOM	COM		DOM	COM	DOM	COM
FRACC. SAN ANGEL 50%	31	8	205	8,117	17,288	23	48
SAN JUAN	435	67	383	176,692	107,485	491	299
TIO BALTAZAR	52	3	310	21,314	2,206	59	6
VERSALLES	191	33	310	75,943	47,494	211	132
	709	111	302	282,066	174,474	784	485

Volumen Anual (DOM+COM) = 456,540 m³/año

Volumen promedio diario (DOM+COM) = 1,268 m³/día

Tabla 3.29. Volumen anual consumido para el DH LAGOS DEL COUNTRY (2006)

COLONIA	CONTRATOS TARIFA FIJA		CONSUMO (L/HAB/DIA)	Tarifa fija			
				VOLUMEN (M3/MES)		VOLUMEN (M3/DIA)	
	DOM	COM		DOM	COM	DOM	COM
FOVISSTE LUIS DONALDO COLOSIO	873	13	130	163,021	10,304	453	29
FRACC. VALLE DEL COUNTRY	608	3	130	113,593	1,948	316	5
LAGOS DEL COUNTRY	407	14	201	116,636	16,098	324	45
	1,889	30	154	393,250	28,351	1,092	79

Volumen Anual (DOM+COM) = 421,601 m³/año

Volumen promedio diario (DOM+COM) = 1,171 m³/día

3.1.3. Cuantificación de Perdidas en el Sistema

Parte del agua producida por el sistema de distribución se contabiliza, es decir los registros y la estimación de los consumos de tarifa fija muestran el agua que es utilizada para cada propósito, sin embargo, cierta cantidad de agua no esta medida ni autorizado su uso; a esta cantidad de agua se le considera como “pérdidas del sistema de agua potable”.

Estas pueden clasificarse en dos clases [L. Ochoa y V. Bourguett, 2001]:

- a) Pérdidas identificadas y eliminadas
 - a. Fugas reparadas
 - b. Conexiones no autorizadas localizadas
 - c. Derrames en tanques y cárcamos de bombeo
 - d. Evaporación en depósitos abiertos
 - e. Errores descubiertos en el proceso contable
 - f. Otras pérdidas

- b) Pérdidas potenciales
 - a. Fugas en conexiones domiciliarias
 - b. Fugas en tuberías principales y secundarias
 - c. Pérdidas por consumos no-autorizados

Durante el periodo de estudio se realizaron las siguientes actividades:

1. Detección de Fugas en conexiones domiciliarias
2. Detección de Fugas en tuberías principales y secundarias
3. Detección de consumos no autorizados (tomas clandestinas)

Gracias al desarrollo de estos trabajos es posible ubicar y estimar un valor aproximado de pérdidas para cada DH. No fue posible realizar el aforo y reparación de las fugas, ya que no se le ha dado la continuidad requerida por parte del Organismo Operador de Tepic. Así que la estimación de pérdidas fue a partir de métodos teóricos alternativos apoyados de herramientas como es la modelación hidráulica y métodos empíricos de cálculo.

3.1.3.1. *Estimación de pérdidas potenciales en tomas y red (Fugas)*

Para determinar de ese volumen potencial por fugas, es necesario primeramente ubicar y detectar las fugas tanto en tomas como en red.

1. DH Santa Fe

▪ *Detección de fugas en Tomas*

Mediante el presente estudio de investigación, y el proyecto de detección de fugas encomendado a través del SIAPA, se complementó la información correspondiente a pérdidas físicas por fugas tanto en tomas como en red. Se subcontrató una empresa para la realización de los trabajos de campo mediante el equipo electroacústico.

Los trabajos se llevaron a cabo con 4 brigadas conformadas por especialistas en detección de fugas no visibles. Se determinó realizar los recorridos por etapas y por sectores en horarios diurno y nocturno. Iniciando en el distrito Santa Fe dividida en 3 etapas, posteriormente se trabajó en el distrito San Juan, y por último en el distrito Lagos del Country con el mismo número de etapas.

Durante los trabajos en campo se fueron marcando con color amarillo las tomas inspeccionadas y con color azul las tomas con fugas anteponiendo la leyenda FNVT (Fuga no visible en toma) o FVT (Fuga visible en toma)

Equipo Electroacústico, que incluye: Audífonos, acelerómetros de contacto, varillas de penetración y acelerómetros tipo campana.



Figura 3.13. Equipo electroacústico y personal de Detección de fugas

Se llevó a cabo la detección de fugas no visibles en horario matutino y vespertino, ya que el servicio es tandeado. De acuerdo a la información proporcionada se tiene un total de 2,432 contratos, de los cuales se realizó la detección a 1012 tomas, en función del número de tomas mínimo que marcan los términos de referencia para el estudio solicitado por el SIAPA.

Para los trabajos se utilizaron los equipos Aqua Scope de detección directa, aplicando un acelerómetro de contacto que se coloca sobre los cuadros de las tomas con la válvula cerrada o en su defecto limitando el paso a la instalación del usuario para así determinar si la toma presenta fuga no visible.



Figura 3.14. Detección de fugas no visibles con equipos electroacústico de detección directa, en tomas domiciliarias



Figura 3.15. Toma de presión en toma domiciliaria doméstica de 1/2".

Durante los trabajos se fue realizando la medición de presión por lo que se encontró un rango de presiones que varía de 0.5 a 4.5 Kg/cm².

Se trabajó este distrito por colonias en una forma programada y eficiente. Las etapas se establecieron de la siguiente manera;

- *Primera* comprendió las colonias Santa fe y los Pinos, en esta primera etapa se detectaron 16 fugas no visibles y 4 fugas visibles.
- *Segunda* Etapa, se abarcó la zona delimitada por las colonias El Faisán e Ing. Aguayo; en esta etapa se lograron detectar 12 fugas no visibles y 8 visibles.
- *Tercera* etapa que comprende solo la colonia Sta. Cecilia; se encontraron 18 fugas no visibles y 6 visibles.

Como resultado de los trabajos de detección se tiene un total de 1012 tomas domiciliarias inspeccionadas, de las cuales en la colonia *Sta. Cecilia es donde se encontró la mayor cantidad de fugas con 18 no visibles identificadas*, en resumen un total de **46 fugas** no visibles detectadas y 18 visibles.

Durante los trabajos de detección se contabilizó la cantidad de tomas detectadas que carecían de medidor y en este distrito se tienen 51 tomas con medidor y 961 tomas sin medidor.

Las tomas sin medidor representan el 95%, además hay que cuidar que funcionen correctamente, para cuantificar de una forma más precisa el volumen utilizado por el usuario y que no se interprete como pérdidas físicas por fugas no visibles en tomas; ya que un usuario sin medidor que tenga una fuga intradomiciliaria, podría llegar a causar una pérdida de hasta 35 m³ diarios, cuando su consumo sólo fuera de 1 o 2 m³/día.



Figura 3.16. Ejemplo Usuario que presenta fuga no visible y además no tiene medidor y estaba accesible para los trabajos de detección en Colonia Santa Fe, calle Talpa no. 28

En el siguiente croquis se indica la ubicación de las fugas no visibles y visibles encontradas y también se anexa la lista de las fugas encontradas.

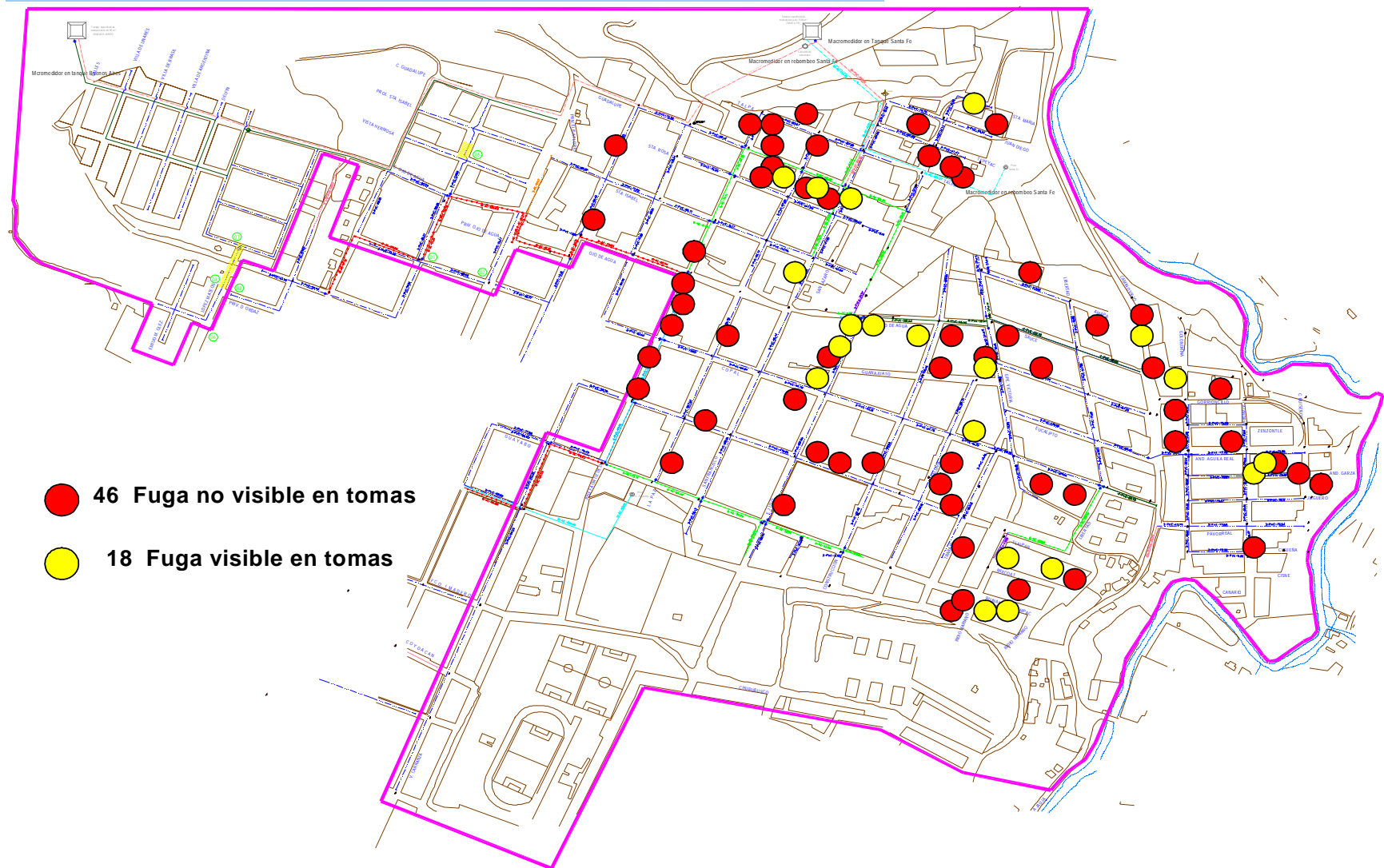


Figura 3.17. Localización de sitios con fugas en tomas en el DH Santa Fe

▪ *Detección de fugas en Red*

En este distrito se tienen aproximadamente **12,800m** de red de distribución y conducción, realizándose la inspección en casi el **42%** de la red existente en el sector.

Se utilizaron los equipos Aqua Scope de detección directa, aplicando un acelerómetro de piso tipo campana que se coloca sobre la proyección de la tubería sobre las avenidas, calles, bermas de servicio. Durante la ejecución de los trabajos se fue realizando en algunas tomas estratégicas, la medición de presión, encontrándose un rango de presiones que varía de **0.8 a 2.9 Kg/cm²**, que es excelente para la realización de los trabajos.

Se pudo observar que algunas cajas de válvulas se encontraban azolvadas y con fugas en válvulas de seccionamiento, principalmente en el estopero y el vástago.

Para este sector las etapas se establecieron de la siguiente manera:

- *Primera etapa*, comprendió el área entre las colonias Santa fe y los Pinos; se revisaron 2,132 m de red de distribución. *No se encontraron fugas no visibles y solo se encontró una fuga visible en la red.*
- *Segunda Etapa*, incluyó la zona delimitada colonias El Faisán e Ing. Aguayo; se inspeccionaron 1,334 m de red de distribución. *Se detectó una fuga no visible en la red.*
- *Tercera etapa* que comprende solo la colonia Sta. Cecilia; se inspeccionaron 1,867 m de red de distribución y *se encontró una fuga no visible y dos visibles en la red de distribución.*

Como resultado de los trabajos de detección de fugas realizados en este distrito se tiene que se inspeccionaron en total **5,333 m** de red hidráulica, de las cuales en el sector 3, es donde se encontraron anomalías en la red, identificándose *1 fuga no visible y 2 fugas visibles*, en resumen los trabajos de detección de fugas en red hidráulica inspeccionada arrojaron un total de 1 fugas no visibles detectadas y 4 fugas visibles.

En el siguiente croquis se indica la ubicación de las fugas no visibles encontradas.

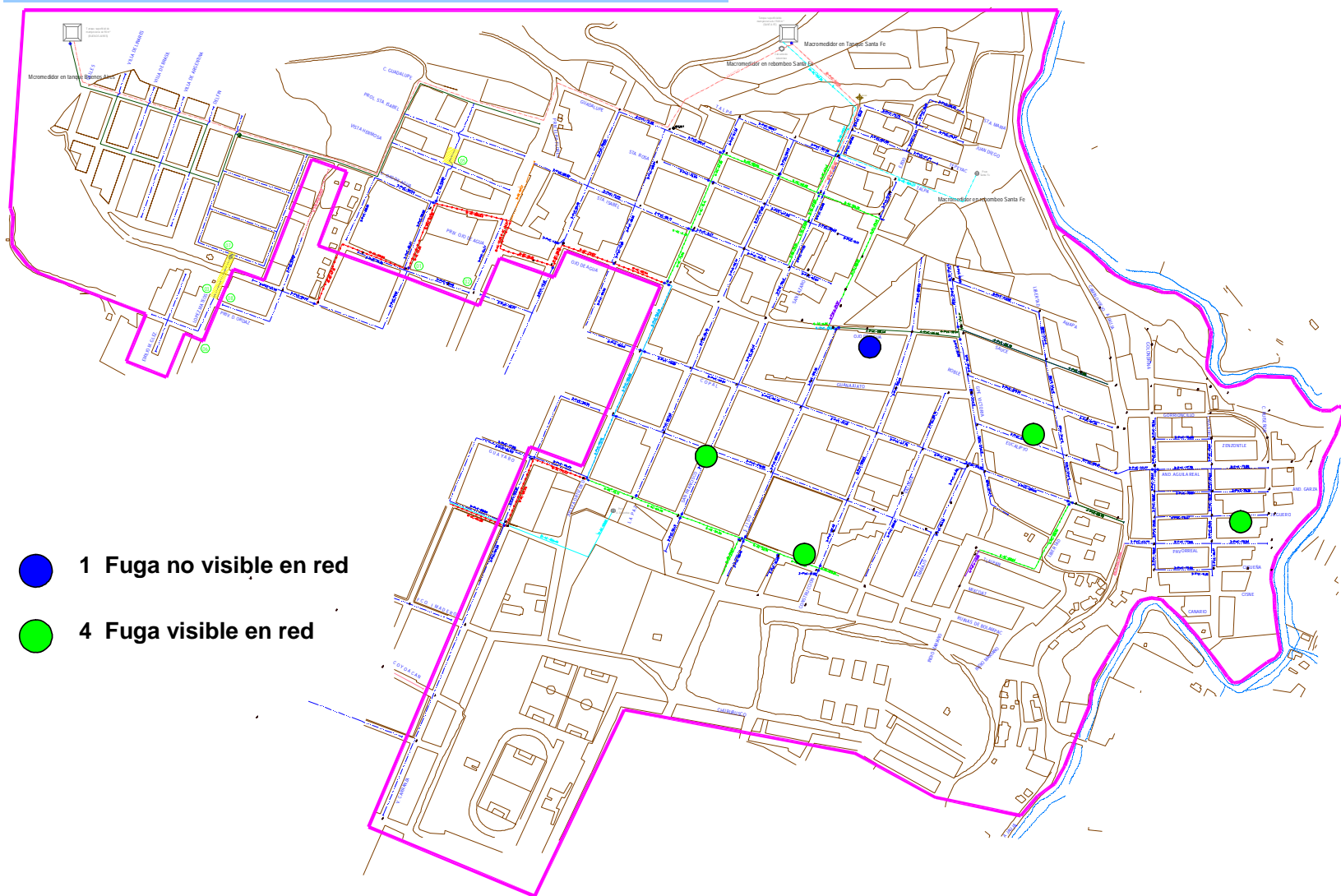


Figura 3.18. Localización de sitios con fugas en red en el DH Santa Fe

▪ *Volumen estimado por fugas para el DH Santa Fe*

Se debe estimar el volumen de las fugas durante el periodo en estudio, para lo cual es necesario calcular el gasto de cada fuga y multiplicarlo por el tiempo de permanencia correspondiente. Existen algunos procedimientos para determinar el gasto de agua de la fuga:

- a) Recipiente – Reloj
- b) Manguera – medidor
- c) Ecuación de descarga de agua por un orificio

Debido a que los dos primeros incisos hacen necesario un trabajo de excavación para cada fuga y ello depende del apoyo del Organismo Operador de Tepic, no fue posible completarlo al menos hasta este momento. Por lo tanto para obtener un valor aproximado al volumen por fugas se tomaran algunas otras consideraciones como el inciso c, mediante la ecuación de descarga, también se tomaran en cuenta las fugas que si han podido ser aforadas y sus características particulares, para así completar el aforo de las fugas no medidas.

Ecuación de descarga de un orificio

$$Q = K \cdot A \cdot P^{1/2}$$

Donde:

Q es el gasto de fuga en L/s

A área de la sección transversal de la falla (cm²)

P presión del agua en la tubería, en kg/cm²

K 16.1809 para fallas circulares y 9.0979 para rajaduras

De esta manera es posible obtener un gasto promedio por fugas para tomas y para red. Es importante recordar que el volumen de una fuga considerando la ecuación del orificio, está estrechamente ligada a la presión en ese punto. Ya que como sabemos a mayor presión mayor gasto de fuga, siendo esta otra consideración importante para la estimación del volumen.

De tal manera que mediante los valores de presión que resultan de un modelo hidráulico es posible calcular el volumen de cada fuga. Se toman como referencia 3 aforos en la colonia San Juan y se comparan con los resultados del modelo, con lo que se puede apreciar que el valor teórico obtenido es parecido al valor de las muestras tomadas. También se toman como referencia estadísticas de fugas en otras ciudades del país, y los valores son aproximados a los estadísticos.

La consideración del tamaño de la falla es un valor significativo en el valor del volumen de la fuga. Por lo que considerando que los diámetros de falla se encuentren entre los rangos de 5 y 10mm cada falla y considerando en su mayoría del tipo rajadura que es la más usual, se procede de esta manera a la determinación del área.

A continuación se enumeran la cantidad de fugas tomadas, su ubicación tanto de fugas en tomas como en red y sus derivaciones en fugas visibles y no visibles. Posteriormente se enlistan los volúmenes por fuga y por colonia y sus totales para cada DH.

Para el DH Santa Fe, se tienen los siguientes valores de gasto en m³/día, para cada una de las fugas.

Tabla 3.30. Volumen de Fugas no visibles en tomas

No.	Colonia	Presion			Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m3/dia)
		(mca)	(kg/cm2)	(lb/plg2)		
1	Santa Fe	45,99	4,599	65,42	3,83	13,79
2	Santa Fe	53,25	5,325	75,75	4,12	14,84
3	Santa Fe	44,69	4,469	63,58	3,78	13,60
4	Santa Fe	44,5	4,45	63,30	3,77	13,57
5	Santa Fe	55,5	5,55	78,95	4,21	15,15
6	Santa Fe	46	4,6	65,44	3,83	13,79
7	Santa Fe	43	4,3	61,17	3,70	13,34
8	Santa Fe	42,36	4,236	60,26	3,68	13,24
9	Santa Fe	41,92	4,192	59,63	3,66	13,17
10	Santa Fe		0	0,00	0,00	0,00
11	Los Pinos	44,72	4,472	63,62	3,78	13,60
12	Los Pinos	46	4,6	65,44	3,83	13,79
13	Los Pinos	48	4,8	68,28	3,91	14,09
14	Los Pinos	57,31	5,731	81,53	4,28	15,40
15	Los Pinos	50	5	71,13	3,99	14,38
16	Los Pinos	46	4,6	65,44	3,83	13,79
17	Santa Cecilia	45,8	4,58	65,15	3,82	13,76
18	Santa Cecilia	40,6	4,06	57,76	3,60	12,96
19	Santa Cecilia	40	4	56,90	3,57	12,86
20	Santa Cecilia	45,1	4,51	64,16	3,79	13,66
21	Santa Cecilia	49,75	4,975	70,77	3,98	14,34
22	Santa Cecilia	44,6	4,46	63,45	3,77	13,58
23	Santa Cecilia	43,27	4,327	61,56	3,72	13,38
24	Santa Cecilia	45,01	4,501	64,03	3,79	13,64
25	Santa Cecilia	45	4,5	64,02	3,79	13,64
26	Santa Cecilia	45	4,5	64,02	3,79	13,64
27	Santa Cecilia	44	4,4	62,59	3,75	13,49
28	Santa Cecilia	43	4,3	61,17	3,70	13,34
29	Santa Cecilia	46,3	4,63	65,87	3,84	13,84
30	Santa Cecilia	46	4,6	65,44	3,83	13,79
31	Santa Cecilia	45	4,5	64,02	3,79	13,64
32	Santa Cecilia	46	4,6	65,44	3,83	13,79
33	Santa Cecilia	39,5	3,95	56,19	3,55	12,78
34	Santa Cecilia	40,6	4,06	57,76	3,60	12,96
35	Col. Ing. Aguayo	46	4,6	65,44	3,83	13,79
36	Col. Ing. Aguayo	47	4,7	66,86	3,87	13,94
37	Col. Ing. Aguayo	47,11	4,711	67,02	3,88	13,96
38	Col. Ing. Aguayo	47,3	4,73	67,29	3,89	13,99
39	Col. El Faizan	54,5	5,45	77,53	4,17	15,01
40	Col. El Faizan	54,3	5,43	77,25	4,16	14,99
41	Col. El Faizan	54,5	5,45	77,53	4,17	15,01
42	Col. El Faizan	57	5,7	81,09	4,26	15,35
43	Col. El Faizan	53,38	5,338	75,94	4,13	14,86
44	Col. El Faizan	54,23	5,423	77,15	4,16	14,98
45	Col. El Faizan	55,11	5,511	78,40	4,19	15,10
46	Col. El Faizan	57,6	5,76	81,94	4,29	15,43
					174,73	629,04
					L/s	m3/dia

Tabla 3.31. Volumen de Fugas no visibles en red

No.	Colonia	Presion			Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m ³ /dia)
		(mca)	(kg/cm2)	(lb/plg2)		
1	Santa Cecilia	45	4,5	64,02	20,21	72,77
2	El Faizan	48	4,8	68,28	20,88	75,16
					151,87	147,93
					L/s	m3/dia

Tabla 3.32. Volumen de Fugas visibles en tomas

No.	Colonia	Presion			Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m ³ /dia)
		(mca)	(kg/cm ²)	(lb/plg ²)		
1	Santa Fe	55,5	5,55	78,95	4,91	17,68
2	Santa Fe	47,5	4,75	67,57	4,54	16,35
3	Santa Fe	47,5	4,75	67,57	4,54	16,35
4	Los Pinos	44,6	4,46	63,45	4,40	15,85
5	Santa Cecilia	45	4,5	64,02	3,79	13,64
6	Santa Cecilia	44,4	4,44	63,16	3,76	13,55
7	Santa Cecilia	46	4,6	65,44	3,83	13,79
8	Santa Cecilia	47,8	4,78	68,00	3,91	14,06
9	Santa Cecilia	47,9	4,79	68,14	3,91	14,07
10	Santa Cecilia	45	4,5	64,02	3,79	13,64
11	Col. Ing. Aguayo	47	4,7	66,86	3,87	13,94
12	Col. Ing. Aguayo	47	4,7	66,86	3,87	13,94
13	Col. Ing. Aguayo	46,31	4,631	65,88	3,84	13,84
14	Col. Ing. Aguayo	46,3	4,63	65,87	3,84	13,84
15	El Faizan	56	5,6	79,66	4,23	15,22
16	El Faizan	54,5	5,45	77,53	4,17	15,01
17	El Faizan	54,2	5,42	77,10	4,16	14,97
18	El Faizan	54,5	5,45	77,53	4,17	15,01
					73,55	264,77
					L/s	m ³ /dia

Tabla 3.33. Volumen de Fugas visibles en red

No.	Colonia	Presion			Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m ³ /dia)
		(mca)	(kg/cm ²)	(lb/plg ²)		
1	Santa Fe	47	4,7	66,86	20,66	74,37
2	Santa Cecilia	49	4,9	69,71	21,09	75,94
3	Santa Cecilia	44	4,4	62,59	19,99	71,96
					339,21	222,27
					L/s	m ³ /dia

Tabla 3.34. Resumen de volúmenes de fugas estimados para el DH Santa Fe

	No.	Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m ³ /dia)	Volumen Fuga (m ³ /AÑO)	Volumen Fuga (m ³ /mes)
FNV	48	329,23	777	283.594	23.309
FV	21	412,76	487,04	17.534	1.461
TOTAL	69	741,99	1.264,01	301.127	

Es decir existe un valor aproximado de 69 fugas en el distrito hidrométrico Santa Fe, y un volumen estimado de fugas de 1,264 m³/día. Si se hace la consideración que esas 48 fugas no visible *puedan permanecer no descubiertas en un periodo de una año*, entonces el volumen de pérdidas es de 283,594m³. Si por el contrario las 21 fugas visible permanecen sin reparación al menos un mes (considerando que el organismo tarde 3 días como máximo en repararlo) y considerando esto como estadística mensual, entonces el volumen de pérdidas físicas de fugas visibles seria del orden de 1,461 m³/mes.

Por lo tanto resulta un volumen de fuga estimado anual = 301,127m³/año

2. DH San Juan

▪ *Detección de fugas en tomas*

En este distrito hay 1,566 usuarios, pero debido al horario de servicio y a la falta de normalización de las tomas domiciliarias se realizó la detección de solo 871 tomas. También se utilizaron los equipos Aqua Scope de detección directa y sus accesorios.



Figura 3.19. Detección de fugas no visibles con equipos electroacústico de detección directa, en tomas y su toma de presión

Se encontró en un rango de presiones de **0.7 a 3.25 Kg/cm²**, excelente para la realización de los trabajos de detección.

Se trabajo en 2 etapas o sectores de trabajo:

- *Primera Etapa* la Colonia San Juan; en esta zona se localizaron 4 tomas con fugas no visibles y 4 visibles.
- *Segunda Etapa* la Colonia Versailles; en este sector se lograron detectar 6 fugas no visibles y 1 visible.

Como resultados de los trabajos de detección se revisaron **871 tomas**, de las cuales en la etapa dos es donde se encontró la mayor cantidad con 6 fugas no visibles y una visible.

En resumen, se identificaron **10 fugas no visibles y 5 visibles**.

En este distrito ya se iniciaron los trabajos de reparación de fugas no visibles y se ha aforado 1 toma con fuga debido a rajaduras longitudinales y transversales, además se realizó el aforo con medidor confiable, obteniendo un caudal de 0.20 l/s.

Durante los trabajos de detección se contabilizó la cantidad de tomas que carecían de medidor y en este distrito, se encontraron 96 tomas sin medidor correspondiente al 12.4 %. En el siguiente croquis se indica la ubicación de las fugas no visibles encontradas.



Figura 3.20. Sitios de fugas en tomas domiciliarias en el DH San Juan

▪ *Detección de fugas en red*

En este distrito se tiene un Aproximado de **12,500 m** de red de distribución, realizándose la detección en la mayor longitud de red existente en el sector con un **77 %** de la red.

Este distrito está constituido por una zona de nivel socioeconómico *Alto*. Durante la ejecución de los trabajos se hizo la medición de presión en algunas tomas, encontrándose un rango de presiones que en general varían de **0.8 a 2.5 Kg/cm²**, que es aceptable para la realización de los trabajos de detección.

Se estableció que se trabajara en este distrito por etapas de la siguiente manera:

- *Primera Etapa* comprendió el área de la Colonia San Juan en esta primera zona se inspeccionaron **5,77 m**, en esta sección se encontraron *9 fugas no visibles y una fuga visible*.
- *Segunda Etapa* se abarcó la zona delimitada por la Colonia Versalles; en esta segunda etapa se detectaron **3848 m** de red, en esta sección inspeccionada *solo se detectó una fuga visible en red*.

Como resultados de los trabajos de detección de fugas realizados en este distrito se tiene que se inspeccionaron un total de **9,620 m** de red hidráulica, de las cuales en la zona 1 fue en donde se encontraron más anomalías en la red de distribución, localizándose 9 fuga no visible y 1 fuga visible.

En el siguiente croquis se indica la ubicación de las fugas no visibles y visibles encontradas.

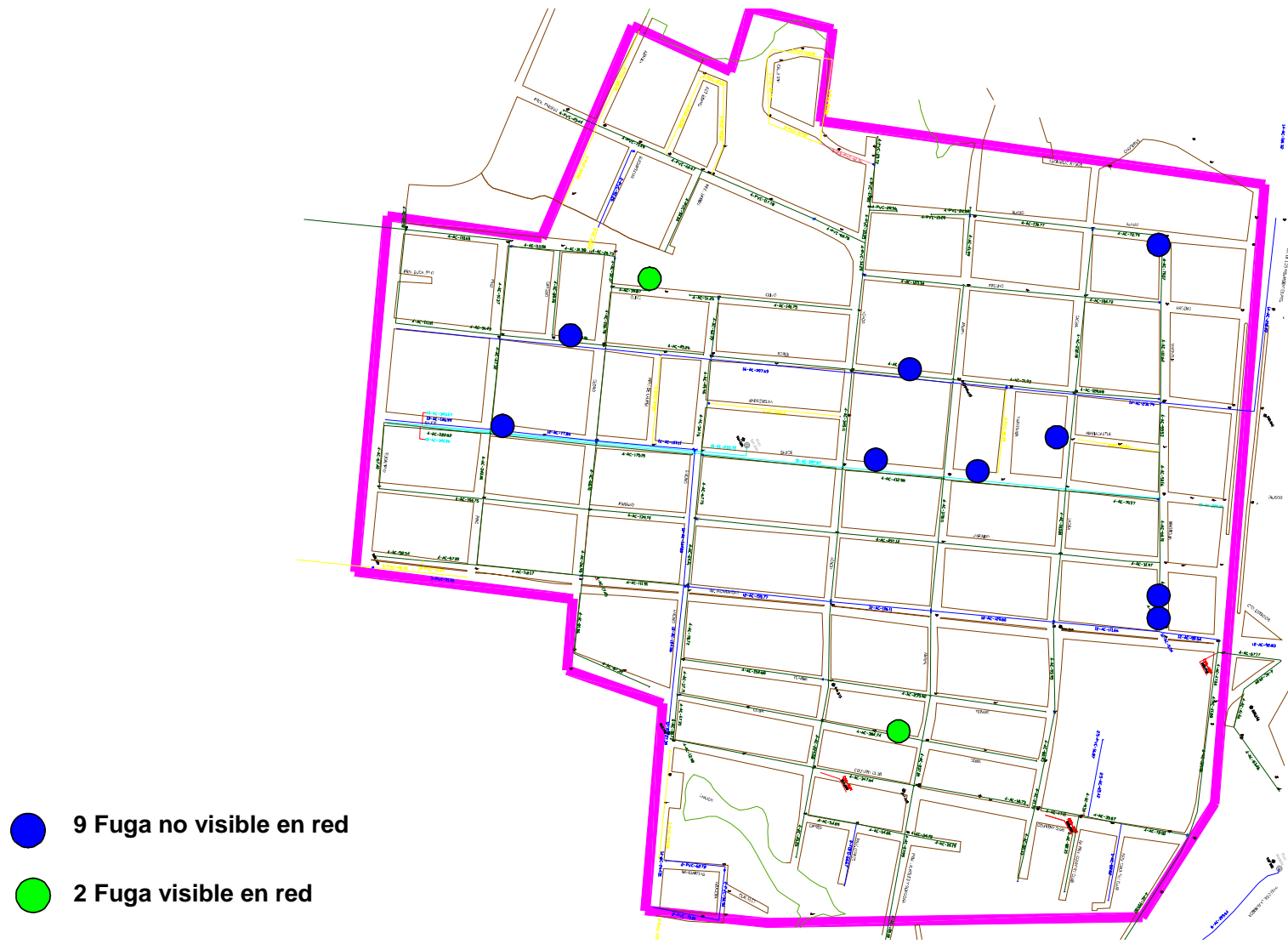


Figura 3.21. Sitios de fugas en red en el DH San Juan

▪ *Volumen estimado por fugas para el DH San Juan*

Para el DH San Juan, se tienen los siguientes valores de gasto en m³/día, para cada una de las fugas y su total por tipo

Tabla 3.35. Volumen de Fugas no visibles en tomas

No.	Colonia	Presion			Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m3/dia)
		(mca)	(kg/cm2)	(lb/plg2)		
1	San Juan	42	4,2	59,75	3,66	13,18
2	San Juan	32	3,2	45,52	3,20	11,50
3	San Juan	30	3	42,68	3,09	11,14
4	San Juan	42,83	4,283	60,93	3,70	13,31
5	Versalles	40	4	56,90	3,57	12,86
6	Versalles	38	3,8	54,06	3,48	12,54
7	Versalles	32	3,2	45,52	3,20	11,50
8	Versalles	36	3,6	51,21	3,39	12,20
9	Versalles	35	3,5	49,79	3,34	12,03
10	Versalles	34	3,4	48,37	3,29	11,86
					33,92	122,12
					L/s	m3/dia

Tabla 3.36. Volumen de Fugas visibles en tomas

No.	Colonia	Presion			Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m3/dia)
		(mca)	(kg/cm2)	(lb/plg2)		
1	San Juan	29	2,9	41,25	3,04	10,95
2	San Juan	27,44	2,744	39,04	2,96	10,65
3	San Juan	33	3,3	46,95	3,25	11,68
4	San Juan	30	3	42,68	3,09	11,14
5	Versalles	41,5	4,15	59,04	3,64	13,10
					15,98	57,53
					L/s	m3/dia

Tabla 3.37. Volumen de Fugas no visibles en red

No.	Colonia	Presion			Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m3/dia)
		(mca)	(kg/cm2)	(lb/plg2)		
1	San Juan	43,89	4,389	62,44	3,74	13,47
2	San Juan	42,83	4,283	60,93	3,70	13,31
3	San Juan	35	3,5	49,79	3,34	12,03
4	San Juan	32	3,2	45,52	3,20	11,50
5	San Juan	36	3,6	51,21	3,39	12,20
6	Versalles	48	4,8	68,28	3,91	14,09
7	Versalles	47	4,7	66,86	3,87	13,94
8	Versalles	20	2	28,45	2,53	9,09
9	Tio Baltazar	21	2,1	29,87	2,59	9,32
					46,25	166,49
					L/s	m3/dia

Tabla 3.38. Volumen de Fugas visibles en red

No.	Colonia	Presion			Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m3/dia)
		(mca)	(kg/cm2)	(lb/plg2)		
1	Tio Baltazar	27,44	2,744	39,04	11,84	42,61
2	Versalles	35	3,5	49,79	13,37	48,12
					117,70	423,72
					L/s	m3/dia

Tabla 3.39. Resumen de volúmenes de fugas estimados para el DH San Juan

	No.	Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m3/dia)	Volumen Fuga (m3/AÑO)	Volumen Fuga (m3/mes)
FNV	19	80,17	288,62	105.345	8.658
FV	7	133,68	481,25	17.325	1.444
TOTAL	26	213,85	769,86	122.670	

Es decir existe un valor aproximado de 26 fugas en el distrito hidrométrico San Juan, y un gasto de fugas de $769.86 \text{ m}^3/\text{día}$.

Si se hace la consideración que las 19 fugas no visibles *puedan permanecer no descubiertas en un periodo de un año*, entonces el volumen de pérdidas es de $105,345 \text{ m}^3$. O si duraran tan solo un mes serian de $8,658 \text{ m}^3$.

Si por el contrario las 7 fugas visible permanecen sin reparación al menos un mes (considerando un periodo de tres días entre el reporte y la reparación), entonces el volumen de pérdidas físicas seria del orden de $1,444 \text{ m}^3$.

Por lo tanto resulta un volumen de fuga estimado anual = $122,670 \text{ m}^3/\text{año}$

3. DH Lagos del Country

▪ **Detección de fugas en tomas**

Se llevó a cabo la detección de fugas no visibles en horario de matutino y vespertino, ya que el servicio es de 22 h. En este distrito, se tienen 8,224 tomas, se realizó la detección de fugas a un total de 1,534 tomas.



Figura 3.22. Toma de presión en toma domiciliaria doméstica de ½". Con un valor de 0.5 y en otra zona con una presión de 0.9 Kg/cm²

Se encontraron rangos de presión de **0.5 a 1.2 Kg/cm²**, aceptable para la realización de los trabajos de detección. Se estableció que se trabajara en este distrito en 2 etapas o sectores:

- **Primera etapa** comprendió el área del Fraccionamiento Foviste “Luis Donaldo Colosio”; se encontraron 7 fugas no visibles y 10 fugas visibles..
- **Segunda Etapa** incluyó la zona delimitada por el Fraccionamiento del Valle Country y Lagos del Country, se detectó 1 fuga no visible y 7 fugas visibles.

Como resultado se tiene que se revisaron un total de **1,534** tomas, de las cuales en la zona 1 es donde se encontró la mayor cantidad con 7 fugas no visibles y 10 visibles.

En resumen, de los trabajos de detección de fugas en tomas domiciliarias se lograron identificar 8 fugas no visibles y 17 visibles en tomas.

Se contabilizó la cantidad de tomas que carecían de medidor en este distrito, 392 tomas sin medidor siendo el porcentaje correspondiente al 16.6 % que es menor al detectado en el distrito de Santa Fe. Se recomienda además normalizar los cuadros, para efectuar con mayor eficacia los trabajos de recuperación de agua no contabilizada por fugas y por toma de lectura.

Tabla 3.40. Relación de fugas no visibles en tomas domiciliarias en Distrito Lagos del Country

No.	Distrito	Tipo de fuga	Dirección	
1		FNVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar Japón no. 33
2		FNVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar Japón no. 466
3		FNVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar Japón no. 429
4		FNVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar Japón no. 134
5		FNVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar Indico no. 429
6		FNVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar Salud no. 62
7		FNVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar Artico no.33
8		FNVT	Fracc. Lagos del Country	Lago Superior no. 186

Tabla 3.41. Relación de fugas visibles en tomas domiciliarias en Distrito Lagos del Country

1	FVT	Fracc. Lagos del Country	Lago Victoria no. 150
2	FVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar Arabigo no. 361
3	FVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar Artico no. 21
4	FVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar de Japón no.124
5	FVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar de Japón no. 503
6	FVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar Salud no.12
7	FVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar Salud no.108
8	FVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar Salud no. 364
9	FVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar de Filipinas no. 13
10	FVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar de Amarillo no. 49
11	FVT	Fracc. Luis Donaldo Colosio	Mar de China no. 95
12	FVT	Fracc. Del Valle Country	Mar Caribe no. 73
13	FVT	Fracc. Del Valle Country	Mar Noruego no. 37
14	FVT	Fracc. Del Valle Country	Már Caribe no. 29
15	FVT	Fracc. Del Valle Country	Már Caribe no. 45
16	FVT	Fracc. Del Valle Country	Mar de Kara no. 28
17	FVT	Fracc. Del Valle Country	Már de Japón no. 67

En el siguiente croquis se indica la ubicación de las fugas no visibles encontradas.

▪ *Detección de fugas en red*

En este distrito se tiene aproximadamente de **16,300 m** de red de distribución y conducción, realizándose los recorridos de inspección en casi el **28%** de la red existente en el sector.

Este distrito está conformado por usuarios de nivel socioeconómico *medio* y *bajo*. Durante la ejecución de los trabajos se fue realizando en algunas tomas estratégicas, la medición de presión, encontrándose un rango de presiones que varía de **0.7 a 1.2 kg/cm²**, que es excelente para la realización de los trabajos. Se pudo observar que en cajas de válvulas se encontraban azolvadas.

Para este sector las etapas se establecieron de la siguiente manera:

- *Primera etapa* comprendió el área del Fraccionamiento Foviste “Luis Donaldo Colosio; se revisaron **3,182 m** de red de distribución. *No se encontraron fugas no visibles y ni tampoco se encontró fuga visible en la red.*
- *Segunda Etapa* incluyó la zona delimitada por el Fraccionamiento del Valle Country, se inspeccionaron **1,364 m** de red de distribución. *No se detectó ninguna fuga no visible y sin embargo se encontraron 4 fugas visibles en la red.*

Como resultado de los trabajos de detección de fugas realizados en este distrito se tiene que se inspeccionaron en total **4,546 m** de red hidráulica, de las cuales en el sector 2 es donde se encontraron anomalías en la red, identificándose solo 4 fugas visibles.

En el siguiente croquis se indica la ubicación de las fugas no visibles encontradas.



Figura 3.24. Sitios de fugas en red del DH Lagos del Country

▪ *Volumen estimado por fugas para el DH Lagos del Country*

Para el DH Lagos del Country, se tienen los siguientes valores de gasto en m³/día, para cada una de las fugas y su total por tipo.

Tabla 3.42. Volumen de Fugas no visibles en tomas

No.	Colonia	Presion			Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m3/dia)
		(mca)	(kg/cm2)	(lb/plg2)		
1	Fracc. Colosio	12	1,2	17,07	1,96	7,04
2	Fracc. Colosio	12,5	1,25	17,78	2,00	7,19
3	Fracc. Colosio	12,4	1,24	17,64	1,99	7,16
4	Fracc. Colosio	12,3	1,23	17,50	1,98	7,13
5	Fracc. Colosio	13,5	1,35	19,20	2,08	7,47
6	Fracc. Colosio	13	1,3	18,49	2,04	7,33
7	Fracc. Colosio	13,3	1,33	18,92	2,06	7,42
8	Fracc. Lagos del Country	10,65	1,065	15,15	1,84	6,64
					15,94	57,39
					L/s	m3/dia

Tabla 3.43. Volumen de Fugas visibles en tomas

No.	Colonia	Presion			Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m3/dia)
		(mca)	(kg/cm2)	(lb/plg2)		
1	Fracc. Lagos del Country	9,5	0,95	13,51	1,74	6,27
2	Fracc. Colosio	13,2	1,32	18,78	2,05	7,39
3	Fracc. Colosio	13,5	1,35	19,20	2,08	7,47
4	Fracc. Colosio	12,5	1,25	17,78	2,00	7,19
5	Fracc. Colosio	12,6	1,26	17,92	2,01	7,22
6	Fracc. Colosio	13	1,3	18,49	2,04	7,33
7	Fracc. Colosio	13,2	1,32	18,78	2,05	7,39
8	Fracc. Colosio	13	1,3	18,49	2,04	7,33
9	Fracc. Colosio	12,9	1,29	18,35	2,03	7,30
10	Fracc. Colosio	12,6	1,26	17,92	2,01	7,22
11	Fracc. Colosio	12,8	1,28	18,21	2,02	7,28
12	Fracc. Valle del Country	8,5	0,85	12,09	1,65	5,93
13	Fracc. Valle del Country	12,24	1,224	17,41	1,98	7,11
14	Fracc. Valle del Country	7,8	0,78	11,10	1,58	5,68
15	Fracc. Valle del Country	8,21	0,821	11,68	1,62	5,83
16	Fracc. Valle del Country	7,8	0,78	11,10	1,58	5,68
17	Fracc. Valle del Country	7,6	0,76	10,81	1,56	5,61
					32,01	115,23
					L/s	m3/dia

Tabla 3.44. Volumen de Fugas visibles en red

No.	Colonia	Presion			Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m3/dia)
		(mca)	(kg/cm2)	(lb/plg2)		
1	Fracc. Valle del Country	10,51	1,051	14,95	7,33	26,37
2	Fracc. Valle del Country	11,67	1,167	16,60	7,72	27,79
3	Fracc. Valle del Country	11	1,1	15,65	7,49	26,98
4	Fracc. Valle del Country	10,2	1,02	14,51	7,22	25,98
					61,76	222,35
					L/s	m3/dia

Tabla 3.45. Resumen de volúmenes de fugas estimados para el DH Lagos del Country

	No.	Gasto Fuga (L/s)	Gasto Fuga (m3/dia)	Volumen Fuga (m3/AÑO)	Volumen Fuga (m3/mes)
FNV	19	77,70	279,73	102.102	8.392
FV	8	32,01	115,23	4.148	346
TOTAL	29	109,71	394,96	106.250	

Existe un valor aproximado de 14 fugas en el distrito hidrométrico Lagos del Country, y un gasto estimado de 394.96 m³/día.

Si se hace la consideración que las 19 fugas no visibles *puedan permanecer no descubiertas en un periodo de un año*, entonces el volumen de pérdidas es de 102,102m³. O si duraran tan solo un mes serian de 8,392m³. Si por el contrario las 8 fugas visible permanecen sin reparación al menos un mes (considerando un periodo de tres días entre el reporte y la reparación), entonces el volumen de pérdidas físicas seria del orden de 346 m³/mes.

Por lo tanto resulta un volumen de fuga estimado anual = 106,250 m³/año

▪ **Volumen Total Anual Estimado de Fugas**

Los Volúmenes de Fuga estimados por Colonia y por DH se resumen como sigue:

Tabla 3.46. Volumen anual estimado de fugas para los DH (2006)

DH	Tomas detectadas	Red detectada	No. FUGAS	Volumen Fuga (m3/dia)	Volumen Fuga (m3/AÑO)
SANTA FE	1012	5333	69	2,550	472,540
SAN JUAN	871	9620	26	770	122,670
LAGOS DEL COUNTRY	1534	4546	29	395	106,250
Total =	3417	19499	124	3,715	701,460

Es decir se tiene un VOLUMEN ANUAL de FUGAS de **701,460 m³** en total para los tres Distritos Hidrométricos.

3.1.3.2. *Estimación de Pérdidas por Consumos No Autorizados (Tomas Clandestinas)*

Las tomas clandestinas o conexiones no autorizadas son arreglos de tuberías que generalmente instala el usuario con el fin de disminuir el registro de volumen de agua, o en el caso extremo, para que no aparezca en el listado de usuarios autorizados por el sistema [Ochoa, et al, 2001].

Durante el transcurso de los trabajos de campo, se fue inspeccionando el padrón de usuarios registrados. Para realizar dicha actividad, fue muy importante el apoyo brindado por el SIAPA Tepic, al proporcionar la base de datos de las tomas registradas tanto domésticas como comercial.

La base de datos incluía información como:

- Nombre del usuario
- Calle y colonia a la que pertenece
- Tipo de usuario (Doméstico o comercial)
- Tipo de Tarifa o en su defecto el tipo de comercio o nivel socioeconómico al que pertenece)

Con lo anterior se procedió a hacer un “barrido” casa por casa ubicando cada predio y corroborándolo con los registrados para cada colonia y de acuerdo a la base de datos registrada. Esta información fue a su vez comparada con la proporcionada de las cuadrillas de inspección del Organismo Operador a su área de informática.

La inspección física se realizó en el siguiente orden:

- 1. DH Santa Fe**
- 2. DH San Juan**
- 3. DH Lagos del Country**

Las tomas clandestinas fueron descubiertas durante un periodo de 3 meses de Octubre a Diciembre del 2006

1. DH Santa Fe

Tabla 3.47. Listados de Tomas Clandestinas encontradas en el DH Santa Fe

COLONIA : OJO DE AGUA

No.	DOMICILIO	TIPO
1	AND AHUACAE 1	DOMESTICA
2	AND AHUACAE 3	DOMESTICA
3	AND AHUACAE 5	DOMESTICA
4	AND LA RAZA 10	DOMESTICA
5	AND LA RAZA 12	DOMESTICA
6	D ORDAZ 114	DOMESTICA
7	DURAZNO 2	DOMESTICA
8	DURAZNO 5	DOMESTICA
9	GUAYABO 384	DOMESTICA
10	GUAYABO 402	DOMESTICA
11	GUAYABO 405	DOMESTICA
12	ING AGUAYO 158	DOMESTICA
13	J O DGUEZ 969	DOMESTICA
14	M AVILA CAMACHO 47	DOMESTICA
15	M MATAMOROS 98 int 10	DOMESTICA
16	M MATAMOROS 98 int 14	DOMESTICA
17	M MATAMOROS 98 int 16	DOMESTICA
18	M MATAMOROS 98 int 18	DOMESTICA
19	M MATAMOROS 98 int 2	DOMESTICA
20	M MATAMOROS 98 int 20	DOMESTICA
21	M MATAMOROS 98 int 24	DOMESTICA
22	M MATAMOROS 98 int 26	DOMESTICA
23	M MATAMOROS 98 int 28	DOMESTICA
24	M MATAMOROS 98 int 30	DOMESTICA
25	M MATAMOROS 98 int 32	DOMESTICA
26	M MATAMOROS 98 int 34	DOMESTICA
27	M MATAMOROS 98 int 36	DOMESTICA
28	M MATAMOROS 98 int 38	DOMESTICA
29	M MATAMOROS 98 int 4	DOMESTICA
30	M MATAMOROS 98 int 40	DOMESTICA
31	M MATAMOROS 98 int 42	DOMESTICA
32	M MATAMOROS 98 int 44	DOMESTICA
33	M MATAMOROS 98 int 6	DOMESTICA
34	M MATAMOROS 98 int 8	DOMESTICA
35	M MATAMOROS 99 int 12	DOMESTICA
36	PRIV ELISA FLORES 7	DOMESTICA
37	VILLA DE ARGENTINA s/n	DOMESTICA
38	VISTA HERMOSA 16	DOMESTICA
39	VISTA HERMOSA 18	DOMESTICA
40	VISTA HERMOSA 9	DOMESTICA

COLONIA : EL FAIZAN

No.	DOMICILIO	TIPO
1	AND CIGUENA 60	DOMESTICA
2	AND CIGUEÑA 63	DOMESTICA
3	AND CIGUEÑA 67	DOMESTICA
4	AND CIGUEÑA 72	DOMESTICA
5	AND CISNE 22	DOMESTICA
6	AND CISNE 28	DOMESTICA
7	AND CISNE 30	DOMESTICA
8	AND CISNE 32	DOMESTICA

COLONIA : LOS PINOS

No.	DOMICILIO	TIPO
1	AND ENCINO 16	DOMESTICA
2	AND ENCINO 3	DOMESTICA

COLONIA : SANTA CECILIA

No.	DOMICILIO	TIPO
1	COPAL 59	DOMESTICA
2	GUANAJUATO 97	DOMESTICA
3	VALDIVIA 264	DOMESTICA

COLONIA : SANTA FE

No.	DOMICILIO	TIPO
1	TALPA 16	DOMESTICA
2	TALPA 17	DOMESTICA
3	TALPA 18-a	DOMESTICA
4	TALPA 26	DOMESTICA
5	TALPA 28	DOMESTICA
6	TALPA 30-a	DOMESTICA
7	TALPA 78	DOMESTICA

Por lo tanto el volumen estimado de consumo no contabilizado por tomas Clandestinas es:

Tabla 3.48. Tomas Clandestinas descubiertas en el DH SANTA FE y su volumen estimado ANUAL (2006)

DH	Colonias	TOMAS CLANDESTINAS		Consumo (L/Hab/dia)	VOLUMEN POR TOMAS CLANDESTINAS				
		DOM	COM		M3/DIA		M3/AÑO		TOTAL
					DOM	COM	DOM	COM	M3/AÑO
SANTA FE	AMP. OJO DE AGUA	40		130	21		7,592	-	7,592
	BUENOS AIRES			130			-	-	-
	EL FAISAN	8		130	4		1,518	-	1,518
	ING. AGUAYO			130			-	-	-
	LOS PINOS	2		130	1		380	-	380
	SANTA CECILIA	3		130	2		569	-	569
	SANTA FE	7		130	4		1,329	-	1,329
	Total	60	0	130	31	0	11,388	-	11,388

2. DH San Juan

Tabla 3.49. Listados de Tomas Clandestinas encontradas en el DH San Juan

COLONIA : SAN JUAN

No.	DOMICILIO	ENTRE CALLES	TIPO
1	ACACIA 185		COMERCIAL
2	ACACIA 191	ALAMO Y JARDIN PINOCHO	DOMESTICA
3	AMAPA 204	ALAMO Y ZANJON	DOMESTICA
4	AMAPA 206	ALAMO Y ZANJON	DOMESTICA
5	AV. INSURGENTES 889-b		DOMESTICA
6	AV. INSURGENTES 909		COMERCIAL
7	AV. INSURGENTES s/n		COMERCIAL

COLONIA : VERSALLES

No.	DOMICILIO	ENTRE CALLES	TIPO
10	C VJO SAN BLAS 22	MIRADOR Y LIBRAMIENTO	DOMESTICA
11	C VJO SAN BLAS 24	MIRADOR Y LIBRAMIENTO	DOMESTICA
12	C VJO SAN BLAS 9	YESCA Y JACARANDAS	DOMESTICA
13	C VJO SAN BLAS s/n	MIRADOR Y LIBRAMIENTO	COMERCIAL
14	CRISANTEMO 28		DOMESTICA
15	CRISANTEMO 30-a		DOMESTICA
16	DATIL 1	MIRADOR Y LIBRAMIENTO	DOMESTICA
17	DURAZNO 10	ROBLE Y PROL. OLIVO	DOMESTICA
18	DURAZNO 121	ESQ ROSAL Y RINCON	DOMESTICA
19	DURAZNO 258	ROBLE Y ZANJON	DOMESTICA
20	ENCINOS s/n		COMERCIAL
21	JACARANDAS 343		DOMESTICA
22	JACARANDAS 379		DOMESTICA
23	LIBRAMIENTO 14	C VJO SAN B Y ZANJON	DOMESTICA
24	LIBRAMIENTO 15	C VJO SAN B Y ZANJON	DOMESTICA
25	LIBRAMIENTO 28	C VJO SAN B Y ZANJON	DOMESTICA
26	LIBRAMIENTO 570	PROL. PARAISO Y ROBLE	DOMESTICA
27	LIBRAMIENTO 77	C VJO SAN B Y ZANJON	DOMESTICA
28	MIRADOR 66	C VJO SAN B Y ZANJON	DOMESTICA
29	MIRADOR 73	C VJO SAN B Y ZANJON	DOMESTICA
30	MIRADOR 76	C VJO SAN B Y ZANJON	DOMESTICA
31	MIRADOR 96	C VJO SAN B Y ZANJON	DOMESTICA
32	NOGAL 175	OLIVO Y ZANJON	DOMESTICA
33	PALMA 74	ZANJON Y DATIL	DOMESTICA
34	PARAISO 155-a		DOMESTICA
35	PROL. OLIVO 231	CARRIZO Y NOGAL	DOMESTICA
36	PROL. OLIVO 40		DOMESTICA
37	PROL. OLIVO 45		DOMESTICA
38	PROL. OLIVO 80	C VJO SAN B Y DURAZNO	DOMESTICA
39	PROL. PARAISO 19	ESQ CARRIZO Y	DOMESTICA
40	PROL. PARAISO 20-a	RAFAEL B Y CARRIZO	DOMESTICA
41	PROL. ROBLE 369-10	EUCALIPTO Y NOGAL	DOMESTICA
42	RAFAEL BUELNA 6	PARAISO Y ZANJON	DOMESTICA
43	ROSAL 46	CRISANTEMO Y LLAMARADA	DOMESTICA
44	ROSAL 49		DOMESTICA
45	SAUCE 11-a		DOMESTICA
46	TEPAME 19	ENCINO Y ACACIA	DOMESTICA

COLONIA : TIO BALTAZAR

No.	DOMICILIO	ENTRE CALLES	TIPO
8	AZALIAS 10	FRESNO Y CERRADA	DOMESTICA
9	BUGAMBILIA 9	FRESNO Y CERRADA	DOMESTICA

Por lo tanto el volumen estimado de consumo no contabilizado por tomas Clandestinas es:

Tabla 3.50. Tomas Clandestinas descubiertas en el DH SAN JUAN y su volumen estimado ANUAL (2006)

DH	Colonias	Tomas Clandestinas		Consumo (L/Hab/día)	VOLUMEN DE TOMAS CLANDESTINAS				
		DOM	COM		M3/DIA		M3/AÑO		TOTAL
					DOM	COM	DOM	COM	M3/AÑO
SAN JUAN	SAN ANGEL 50%			205					-
	SAN JUAN	4	3	383	5	9	1,810	3,223	5,033
	TIO BALTAZAR	2		310	2		905		905
	VERSALLES	44	2	310	43	6	15,845	2,150	17,995
	Total	50	5	302	51	15	18,560	5,373	23,933

3. DH Lagos del Country

Tabla 3.51. Listados de Tomas Clandestinas encontradas en el DH Lagos del Country

COLONIA : FOVISSSTE LUIS DONALDO COLOSIO

No.	DOMICILIO	ENTRE CALLES	TIPO
1	MAR FILIPINAS 15	MAR SALU Y MAR DE CHINA	FIJA DOMESTICA
2	MAR FILIPINAS 33	MAR SALU Y MAR DE CHINA	FIJA DOMESTICA
3	MAR FILIPINAS 34	MAR SALU Y MAR DE CHINA	FIJA DOMESTICA
4	MAR FILIPINAS 43	MAR SALU Y MAR DE CHINA	FIJA DOMESTICA
5	MAR FILIPINAS 30	MAR SALU Y MAR DE CHINA	FIJA DOMESTICA
6	MAR SALU 58	MAR AMARILLO Y M FILIPINAS	FIJA DOMESTICA
7	MAR SALU 72	MAR FILIPINAS Y M CORTEZ	FIJA DOMESTICA
8	MAR SALU 56	MAR AMARILLO Y M FILIPINAS	FIJA DOMESTICA
9	MAR SALU 72	MAR ROJO Y MAR FILIPINAS	FIJA DOMESTICA

COLONIA : LAGOS DEL COUNTRY

No.	DOMICILIO	ENTRE CALLES	TIPO
1	LAGO DE CHAPALA	LAGO ERIE Y ONTARIO	FIJA DOMESTICA
2	LAGO DEL COUNTRY 1L	SUPERIOR Y MICHIGAN	FIJA DOMESTICA
3	LAGO DEL COUNTRY 1L	SUPERIOR Y MICHIGAN	FIJA DOMESTICA
4	LAGO DEL COUNTRY 1L	SUPERIOR Y MICHIGAN	FIJA DOMESTICA
5	LAGO DEL COUNTRY 1L	SUPERIOR Y MICHIGAN	FIJA DOMESTICA
6	LAGO DEL COUNTRY 5	PATZCUARO Y CHAPALA	FIJA DOMESTICA
7	LAGO DEL OSO 24	L SUPERIOR Y CHAPALA	FIJA DOMESTICA
8	LAGO ERIE 206	L SUPERIOR	FIJA DOMESTICA
9	LAGO ERIE 68	PATZCUARO Y CHAPALA	FIJA DOMESTICA
10	LAGO ERIE 132	CHAPALA	FIJA DOMESTICA
11	LAGO ERIE S/N	LAGO SUPERIOR Y CHAPALA	FIJA DOMESTICA
12	LAGO NYASA 216	L SUPERIOR Y CHAPALA	FIJA DOMESTICA
13	LAGO NYASA 31	L SUPERIOR Y CHAPALA	FIJA DOMESTICA
14	LAGO NYASA 64	L SUPERIOR Y CHAPALA	FIJA DOMESTICA
15	LAGO ONTARIO 158	L SUPERIOR Y CHAPALA	FIJA DOMESTICA
16	LAGO ONTARIO 5 o 7	ESQ. CON HURON	FIJA DOMESTICA
17	LAGO ONTARIO 6	ESQ. CON HURON	FIJA DOMESTICA
18	LAGO ONTARIO S/N	L SUPERIOR Y CHAPALA	FIJA DOMESTICA
19	LAGO SUPERIOR 18	L DEL COUNT Y L. TANGANICA	FIJA DOMESTICA
20	LAGO SUPERIOR 40	ESQ. OMEGA	FIJA DOMESTICA
21	LAGO SUPERIOR 495	ESQ LAGO TANGANICA	FIJA DOMESTICA
22	LAGO SUPERIOR 8	ESQ. LAGO DEL COUNTRY	FIJA DOMESTICA
23	LAGO VICTORIA 130	PATZCUARO	FIJA DOMESTICA
24	LAGO VICTORIA 18	ESQ. LAGO HURON	FIJA DOMESTICA
25	LAGO VICTORIA 26	PATZCUARO Y HURON	FIJA DOMESTICA
26	LAGOS DEL COUNTRY	MICHIGAN Y CHAPALA	FIJA DOMESTICA

COLONIA : FRACC VALLE DEL COUNTRY

No.	DOMICILIO	TIPO
1	LAGO GENOVA 2	FIJA DOMESTICA
2	LAGO GENOVA 3	FIJA DOMESTICA
3	LAGO GENOVA 4	FIJA DOMESTICA
4	LAGO GENOVA 5	FIJA DOMESTICA
5	LAGO GENOVA 6	FIJA DOMESTICA
6	LAGO GENOVA 7	FIJA DOMESTICA
7	LAGO GENOVA 8	FIJA DOMESTICA
8	LAGO GENOVA 9	FIJA DOMESTICA
9	LAGO GENOVA 12	FIJA DOMESTICA
10	LAGO GENOVA 13	FIJA DOMESTICA
11	LAGO GENOVA 14	FIJA DOMESTICA
12	LAGO GENOVA 15	FIJA DOMESTICA
13	LAGO GENOVA 16	FIJA DOMESTICA
14	LAGO FLORENCIA 1	FIJA DOMESTICA
15	LAGO FLORENCIA 2	FIJA DOMESTICA
16	LAGO FLORENCIA 3	FIJA DOMESTICA
17	LAGO FLORENCIA 4	FIJA DOMESTICA
18	LAGO FLORENCIA 5	FIJA DOMESTICA
19	LAGO FLORENCIA 6	FIJA DOMESTICA
20	LAGO FLORENCIA 7	FIJA DOMESTICA
21	LAGO FLORENCIA 8	FIJA DOMESTICA
22	LAGO FLORENCIA 9	FIJA DOMESTICA
23	LAGO FLORENCIA 10	FIJA DOMESTICA
24	LAGO FLORENCIA 11	FIJA DOMESTICA
25	LAGO FLORENCIA 12	FIJA DOMESTICA
26	LAGO FLORENCIA 13	FIJA DOMESTICA
27	LAGO FLORENCIA 14	FIJA DOMESTICA
28	LAGO FLORENCIA 15	FIJA DOMESTICA
29	LAGO FLORENCIA 16	FIJA DOMESTICA
30	LAGO FLORENCIA 17	FIJA DOMESTICA
31	MAR NORUEGO 18	FIJA DOMESTICA
32	MAR NORUEGO 26	FIJA DOMESTICA
33	MAR NORUEGO 27	FIJA DOMESTICA
34	MAR NORUEGO 30	FIJA DOMESTICA
35	MAR NORUEGO 42	FIJA DOMESTICA
36	MAR NORUEGO 48	FIJA DOMESTICA
37	MAR NORUEGO 56	FIJA DOMESTICA
38	MAR NORUEGO 64	FIJA DOMESTICA
39	MAR NORUEGO 70	FIJA DOMESTICA
40	MAR NORUEGO 74	FIJA DOMESTICA
41	LAGO SUPERIOR	FIJA DOMESTICA
42	ESQ. MAR CARIBE 2 CASAS SOLAS SIN NUMERO	FIJA DOMESTICA
43	LAGO SUPERIOR 2 CASAS EN CONSTRUCCION	FIJA DOMESTICA

Por lo tanto el volumen estimado de consumo no contabilizado por tomas Clandestinas es:

Tabla 3.52. Tomas Clandestinas descubiertas en el DH LAGOS DEL COUNTRY y su volumen estimado ANUAL (2006)

DH	Colonias	VOLUMEN DE TOMAS CLANDESTINAS							
		Tomas Clandestinas		Consumo (L/Hab/dia)	M3/DIA		M3/AÑO		TOTAL
		DOM	COM	DOM	DOM	COM	DOM	COM	M3/AÑO
LAGOS DEL COUNTRY	FOVISSTE LUIS DONALDO COLOSIO	9		130	5		1,708		1,708
	VALLE DEL COUNTRY	43		130	22		8,161		8,161
	LAGOS DEL COUNTRY	26		201	21		7,782		7,782
	Total	78	0	154	48	0	17,651	-	17,651

▪ **Volumen Anual Estimado de Tomas Clandestinas**

Con los consumos Domésticos y Comerciales ya establecidos es posible entonces obtener el volumen mensual y anual de Consumo para los usuarios Clandestinos.

Los Volúmenes por Colonia y por Distrito Hidrométrico que se obtuvieron son:

Tabla 3.53. Tomas Clandestinas descubiertas en Zona en Estudio y su volumen estimado ANUAL (2006)

DH	VOLUMEN DE TOMAS CLANDESTINAS							
	Tomas Clandestinas		Consumo (L/Hab/dia)	M3/DIA		M3/AÑO		TOTAL
	DOM	COM	DOM	DOM	COM	DOM	COM	M3/AÑO
SANTA FE	60	-	130	31	-	11,388	-	11,388
SAN JUAN	50	5	302	51	15	18,560	5,373	23,933
LAGOS DEL COUNTRY	78	-	154	48	-	17,651	-	17,651
Total	188	5	195	130	15	47,600	5,373	52,972

Es decir se tiene un VOLUMEN ANUAL CONSUMIDO DE **52,972 m³** en total para los tres Distritos Hidrométricos o los 213 usuarios con TOMAS CLANDESTINAS.

3.2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CADA DH

El procedimiento para la realización del Diagnóstico del sistema de agua potable en la zona en estudio, está basado en las especificaciones de la *American Water Works Association*, AWWA, y la *Internacional Water Association*, IWA. Los procedimientos son similares al descrito en el libro: Reducción Integral de Pérdidas de Agua Potable [L. Ochoa, V. Bourguett, 2001]. Se esquematiza de la siguiente manera:

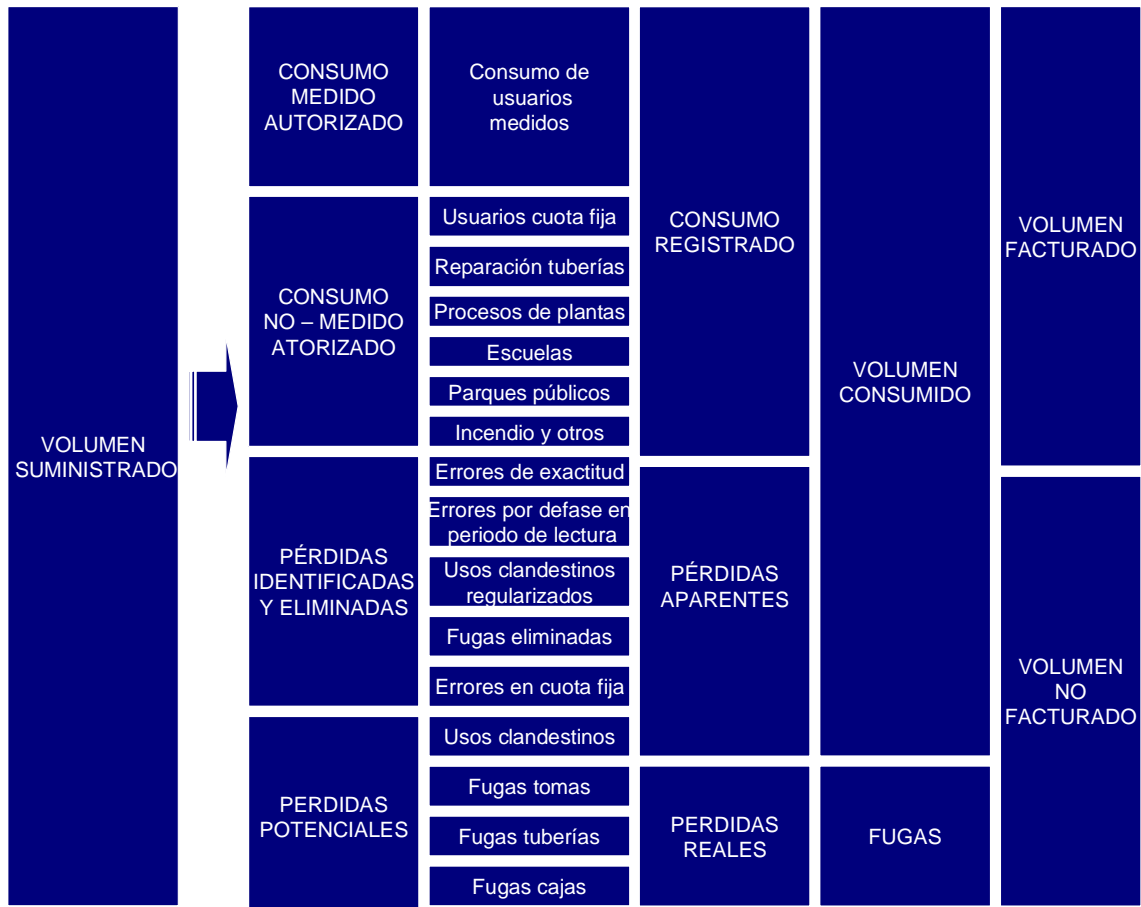


Figura 3.25. Balance de agua (basado en AWWA e IWA)

Al realizar un balance de agua en un sistema de distribución, lo que se espera encontrar, es una relación del tipo siguiente:

$$\text{Suministro} = \text{Consumo medido de usuarios} + \text{Consumo Estimado} + \text{Pérdidas de agua}$$

Antes de iniciar, es recomendable establecer algunos factores como:

- establecer una hoja de trabajo,
- Definir un periodo de análisis: se considero un periodo de 12 meses para incluir las variaciones estacionales.
- Elegir la unidad de medida: se recomienda utilizar m³

Definido lo anterior se procede a elaborar el Balance hidráulico para cada uno de los DH estudiados.

3.2.1. DH Santa Fe

Los resultados del balance nos indican el tamaño del problema de pérdidas de agua no contabilizada, y ofrece indicios de las pérdidas por fugas en conexiones domiciliarias, fugas en la tubería principal y secundaria, o volúmenes de agua por procesos comerciales y usos no autorizados, así como errores por la medición.

De tal manera que para este DH el agua suministrada se consume en función de los siguientes porcentajes:

Tabla 3.54. Resumen de Resultados del Balance Hidráulico para el DH SANTA FE (volumen consumido y pérdidas en el sistema *después del estudio*)

CONCEPTO	VOLUMEN ANUAL (m3)	% respecto al total suministrado
Volumen de Suministro o Producción	1,065,435.0	100%
CONSUMOS		
Consumo medido autorizado (Micromedición)	2,233.0	0.21%
Consumo no medido autorizado (Cuota Fija)	511,820.0	48.04%
Subtotal consumo =	514,053.0	48.25%
PERDIDAS		
Consumos no autorizados (usos clandestinos)	11,388.0	1.07%
Pérdidas Potenciales (Fugas)	301,127.0	28.26%
Error en la Medición	45.0	0.0042%
Otros (error en la medición, fugas no localizadas, usuarios clandestinos no considerados, derrames en tanques, volumen de almacenamiento de tanque, reparación de tuberías, parques públicos, escuelas, errores de exactitud, errores por cuota fija)	238,822.0	22.42%
Subtotal pérdidas =	551,382	51.75%

Es decir si se llevara a cabo la recuperación de caudales en el sector mediante la reparación de esas fugas y la regularización de los usuarios clandestinos en cada colonia, entonces se puede tener una eficiencia del 78% en este sector, el restante 22% se puede recuperar con el seguimiento en los trabajos de campo, como la reparación y calibración de los medidores, los trabajos de detección de fugas y algunos otros conceptos.

De tal manera que se pueden establecer las siguientes conclusiones de acuerdo a los resultados del balance hidráulico:

-
-
1. Se puede apreciar que el *Volumen Consumido Medido* está por debajo del 1%. Este es el volumen de consumo más confiable dentro del balance hidráulico, ya que representa el comportamiento en el consumo de la gente. Pese a ello se le da poca importancia a este distrito.
 2. El *Consumo Autorizado No Medido* o de tarifa fija representa el 48% del volumen suministrado, aquí se toman en cuenta todos los usuarios registrados en la base de datos del padrón del SIAPA, inclusive aquellos que cuentan con subsidios, sin embargo se debe tener en consideración que brinda un porcentaje de error, debido a que la clasificación del usuario puede ser variable y por tanto se depende de la fiabilidad del padrón y su base de datos; pueden existir usuarios con mayor consumo registrados así como de menor consumo y por tanto resultar volúmenes de consumo por debajo de los reales. Se hace la recomendación de la importancia de Micromedición en el Sector, principalmente a aquellas colonias con una mayor cantidad de usuarios potenciales, y en aquellas zonas donde las cargas piezométricas son mayores.
 3. Los *Consumos por Usos Clandestinos* pueden brindar errores en el balance del agua e ineficiencia en el proceso contable del organismo, por lo que es necesario regularizar estos usuarios y reportar si representan un consumo alto. Un usuario clandestino puede ser también aquel que mediante algún arreglo en su tubería puede disminuir el registro del volumen de agua y así reportar un menor consumo.

En este DH se tienen reportados 60 usuarios clandestinos, siendo el mayor la colonia Ampliación Ojo de Agua, aunque no representa un consumo alto, debido a que son usuarios de nivel bajo, si resultan importantes los 11,388 m³ no reportados en un año, ya que comparados con los regularizados, reciben el mismo volumen consumido anual, y mayor que los usuarios que cuentan con Micromedición.

4. Las *Pérdidas Potenciales o Fugas*, se puede apreciar que ese 44.35% del volumen suministrado, es decir los 67,455m³ en un año equivalen al consumo de 9,904 habitantes. Es importante también tomar en cuenta que las fugas se muestran elevadas debido a las altas presiones que se registran en el distrito, el cálculo del caudal que se obtuvo de manera teórica, es representativo del comportamiento de la zona. Para efectos del estudio, solo se hizo la detección en 1012 de los 2432 usuarios registrados, y en el caso de fugas en red se hizo solo de 5,333m de los 12,800m de red del distrito, por tanto la cantidad de fugas puede ser mayor, lo que habrá de completarse posteriormente y al mismo tiempo ir haciendo la recuperación de caudales, mediante la reparación de las mismas.

-
5. *Otros*, se refiere a todos los consumos no detectados y que pueden ser variables y relativos en cada zona en particular. Por ejemplo, se pueden deber a aquellos volúmenes que van implícitos dentro de los errores de medición, y que pueden ser por arriba o por debajo del valor real.

Durante los trabajos de campo se pudo detectar un porcentaje de error promedio del micromedidor del 7% de sobremedición, es decir un volumen no registrado de 47m³ de mas en un año en este distrito, si además agregamos un error por lectura o por el desfase de las fechas durante los recorridos de inspección en el medidor, entonces este valor puede aumentar.

Otros volúmenes no considerados pueden ser aquellos usuarios clandestinos no detectados durante el estudio y que pueden ser mayores.

El volumen por almacenamiento en tanque es otro concepto no considerado durante el estudio, pero que no brinda un valor de pérdidas, ya que muchas veces también ayuda a la regularización del sistema y presiones en la red.

El agua utilizada durante trabajos de limpieza, desasolve, reparación de tuberías, puede también ser significativa y difícil de cuantificar debido al registro nulo que se tiene en este servicio. El agua utilizada en parques públicos también es importante, aunque de acuerdo al padrón no se tiene un registro de volúmenes del agua utilizada como riego.

Los usuarios de cuota fija son clasificados de acuerdo a su estrato socioeconómico, y los comerciales de acuerdo a su servicio brindado, estos valores pueden ser variables, ya que los comercios muchas veces tienden a aumentar sus consumos de manera considerable. Debido a que el organismo operador no tiene ningún dato de consumo asignado para tarifa fija, el consumo obtenido fue a partir del análisis por usuario y en función de los valores de consumo asignados por tipo de usuario de acuerdo al Manual de datos básicos de la CONAGUA.

3.2.2. DH San Juan

Se puede apreciar que antes de realizar el diagnóstico no se tenía definido donde se concentraban las pérdidas en el Distrito, ahora es posible ver que gran parte de ellas se concentra en los errores de medición y los usos no autorizados y no solo son pérdidas debidas a fugas.

Tabla 3.55. Resumen de Resultados del Balance Hidráulico para el DH SAN JUAN (volumen consumido y pérdidas en el sistema *después del estudio*)

CONCEPTO	VOLUMEN ANUAL (m3)	% respecto al total suministrado
Volumen de Suministro o Producción	1,140,515.0	100.0%
CONSUMOS		
Consumo medido autorizado (Micromedición)	377,737.0	33.1%
Consumo no medido autorizado (Cuota Fija)	456,534.0	40.0%
Subtotal consumo =	834,271.0	73.15%
PERDIDAS		
Consumos no autorizados (usos clandestinos)	23,933.0	2.1%
Pérdidas Potenciales (Fugas)	105,721.0	9.3%
Error en la Medición	65,848.0	5.8%
Otros (error en la medición, fugas no localizadas, usuarios clandestinos no considerados, derrames en tanques, volumen de almacenamiento de tanque, reparación de tuberías, parques públicos, escuelas, errores de exactitud, errores por cuota fija)	110,742.0	9.71%
Subtotal pérdidas =	306,244	26.85%

De acuerdo al resultado del Balance se pueden establecer las siguientes conclusiones para este Distrito:

1. Para el Volumen Consumido Medido o por Micromedición se tiene un porcentaje del 33.1 % que representa a 737 usuarios, a pesar de que el porcentaje de Micromedición es un poco menor que la cantidad de contratos Fijos, la veracidad en los resultados en este tipo de usuarios es mayor, ya que representa el consumo real de cada habitante y se puede ver la importancia de no uniformizar los consumos. Se ha identificado que aunque pertenecen a un nivel socioeconómico alto, el usuario puede tener un consumo menor. Es importante iniciar también la calibración de los medidores para reducir así las pérdidas debidas a la submedición ya que se sitúa hasta en un 20% de error en la colonia San Juan y en la Versalles en 16%, lo que resulta en 65,848m³ anuales no contabilizados.
2. El Consumo de Tarifa Fija, representa el 40% del volumen y a 821 tomas o usuarios. Recordemos que estos volúmenes fueron estimados a partir del tipo de usuario y su nivel socioeconómico, y el comportamiento de su consumo en la Micromedición registrada, pero en algunos casos fue necesario aplicar un consumo promedio de 302 L/Hab/día por lo que entra un valor de error en la estimación para cada toma en particular.
3. Consumos no autorizados o usos clandestinos, se tiene un volumen no facturado de 23,933m³ al año, es decir el 2.1% del volumen de producción, que abastece de forma gratuita y sin ningún control a 55 tomas o 228 habitantes. Es importante la regularización de este tipo de tomas, para el correcto balance hidráulico.
4. Las Perdidas Potenciales o Fugas, este volumen representa el 9.3% del suministrado a la red, o 105,721m³ en un año. Es importante que se realice la recuperación de caudales en el sector. En el distrito solo se revisaron 871 tomas de las 1558 tomas registradas en el padrón, y 9.6km de los 12.8km existentes. Se recomienda que los trabajos de reparación comiencen por las áreas de mayor presión, ya que es en estas donde los caudales perdidos son mayores.
5. Otros, son aquellos volúmenes de agua que no pudieron considerarse dentro del estudio, como tomas clandestinas no detectadas, medidores con mal funcionamiento no detectados, fugas no inspeccionadas en red y tomas, consumos potenciales de agua, riego en parques, reparación de tuberías, y otros. Representan un porcentaje alto debido a que también aquí van las pérdidas por fugas que no fueron localizadas en el sector y por lo tanto no se cuantificaron dentro de las pérdidas por fugas.

3.2.3. DH Lagos del Country

De acuerdo al estudio de diagnóstico y las actividades de medición en campo, ha sido posible obtener un balance hidráulico, en el cual se puede apreciar que las pérdidas se ven concentradas como se muestra en la tabla 3.56.

Tabla 3.56. Resumen de Resultados del Balance Hidráulico para el DH Lagos del Country (volumen consumido y pérdidas en el sistema *después del estudio*)

CONCEPTO	VOLUMEN ANUAL (m3)	% respecto al total suministrado
Volumen de Suministro o Producción	710,290.0	100.0%
CONSUMOS		
Consumo medido autorizado (Micromedición)	51,195.0	7.2%
Consumo no medido autorizado (Cuota Fija)	421,601.0	59.4%
Subtotal consumo =	472,796.0	66.56%
PERDIDAS		
Consumos no autorizados (usos clandestinos)	17,651.0	2.5%
Perdidas Potenciales (Fugas)	81,422.0	11.5%
Error en la Medicion	5,565.0	0.8%
Otros (error en la medicion, fugas no localizadas, usuarios clandestinos no considerados, derrames en tanques, volumen de almacenamiento de tanque, reparacion de tuberias, parques publicos, escuelas, errores de exactitud, errores por cuota fija)	132,856.0	18.70%
Subtotal pérdidas =	237,494	33.44%

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Balance hidráulico se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. Para el Volumen Consumido Medido o por Micromedición se tiene un porcentaje del 7.27% del producido, este volumen representa el consumo real de cada habitante y se puede ver la importancia de no uniformizar los consumos. El distrito es de nivel socioeconómico medio, con un padrón de Micromedición de 97 usuarios, se hizo la inspección de 54 medidores, en su mayoría domésticos, de los cuales 10 no servían, de esta muestra solo la colonia Lagos del Country es representativa de sus usuarios y consumos, no obstante existe un desfaseamiento, lo que indica que su clasificación de consumo medio no es la adecuada debido a que se tiene un consumo por habitante de 380 L/hab/día, es decir se tienen grandes consumidores. Debido a esto no es posible extrapolarlo hacia todos los usuarios de tarifa fija y nivel medio en la ciudad.
2. El Consumo Autorizado No Medido o de Tarifa Fija, representa el 59.4% del producido, es decir 421,601 m³ al año y a 1919 tomas o usuarios. Según el estudio se ha identificado que no todo el sector debe estar clasificado como consumo alto, ya que al hacer la revisión y análisis de cada contrato se pudo encontrar que muchos pertenecen a un nivel bajo. Como se ha mencionado la asignación de consumos se ha hecho de manera minuciosa para cada usuario de modo que se trato de evitar reducir al máximo el error provocado por la asignación de consumos uniformes para así considerar de manera independiente a cada usuario. Los consumos más altos se han podido identificar en la colonia Lagos del Country, con 201 L/hab/día, aunque la de Valle del Country resulta una colonia con consumo medio en su categoría, no se reflejo de manera individual por usuario.
3. Consumos no autorizados o usos clandestinos, durante el periodo de estudio se pudieron encontrar un total de 78 tomas clandestinas, un valor alto para el tamaño del distrito. Se tiene un volumen no facturado de 17,651 m³ al año, es decir el 2.5% del volumen de producción, que abastece de forma gratuita y sin ningún control a 78 tomas o 322 habitantes. Es importante la regularización de este tipo de tomas.
4. Las Perdidas Potenciales o Fugas, los 81,422m³ representan el 11.5% de la producción, o bien un promedio de 223 m³/día es decir lo que consumen 1,098 habitantes de nivel medio en este distrito. Aunque la cantidad de fugas encontradas fue muy pequeña, recordemos que en el estudio solo se abarco una cantidad de tomas inspeccionadas en el sector y se trató que fuera lo más representativo posible del distrito.

3.2.4. Volumen Anual Total de Pérdidas

Revisando los diagnósticos de cada distrito y sus respectivos balances hidráulicos se puede resumir que las pérdidas en el estudio alcanzan el 37.35%, las pérdidas encontradas para los tres DH se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 3.57. Volumen anual total de pérdidas en los tres DH

PERDIDAS	VOLUMEN ANUAL (m3)
Consumos no autorizados (usos clandestinos)	52,972.0
Perdidas Potenciales (Fugas)	701,459.0
Error en la Medicion	71,458.0
Otros (error en la medicion, fugas no localizadas, usuarios clandestinos no considerados, derrames en tanques, volumen de almacenamiento de tanque, reparacion de tuberias, parques publicos, escuelas, errores de exactitud, errores por cuota fija)	269,231.0
	1,095,120.0

Es decir se estima un valor promedio de pérdidas por los tres DH estudiados del 37.35%, es decir un:

VOLUMEN ESTIMADO de PÉRDIDAS = 1, 095,120 m³/año

**CAPITULO 4. REVISION HIDRÁULICA Y PROPUESTAS DE
MEJORAMIENTO DE LA SECTORIZACION MEDIANTE EL
MODELO DE SIMULACIÓN**

4.1. INTRODUCCIÓN DE LA RED DENTRO DEL PROGRAMA DE SIMULACION HIDRÁULICA

A fin de llevar a cabo la elaboración del modelo base, que contiene las características físicas del sistema de tuberías, conviene esquematizar la red. Para ello se trazan las tuberías representándolas con líneas, se ubican y simbolizan instalaciones hidráulicas tales como tanques, pozos, estaciones de bombeo, y válvulas de control (todo aquello que intervenga en el funcionamiento hidráulico). En éste esquema conviene ubicar las elevaciones o cotas topográficas. Así como diámetros de tuberías y niveles de operación de tanques. También es conveniente anotar diámetros y longitudes entre nudos.

EPANET es un programa orientado al análisis del comportamiento de los sistemas de distribución de agua y el seguimiento de la calidad del agua en los mismos. Modela un sistema de distribución de agua como un conjunto de líneas conectadas por sus nudos extremos. Las líneas representan tuberías, bombas, o válvulas de control. Los nudos representan puntos de conexión entre tuberías o extremos de las mismas, con o sin demandas, y también depósitos o embalses [EPANET, 2002]. La figura siguiente muestra cómo se interconectan todos estos objetos entre sí para formar el modelo de una red en EPANET.

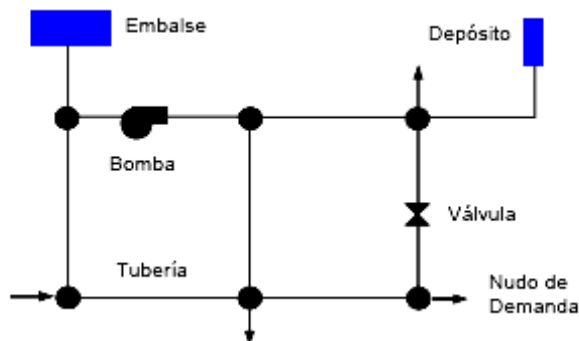


Figura 4.1. Componentes físicos de un Sistema de Distribución de Agua en EPANET

4.1.1. Cálculo de la demanda

La demanda se refiere al *Gasto máximo horario* de la red para el área o colonia a sectorizar. A pesar de que la demanda de agua potable en algunos tramos de la red puede ser distribuida a lo largo de los tramos (en tomas o conexiones de otras tuberías), en los modelos de cálculo hidráulico como EPANET se supone que la demanda de agua potable está concentrada en los nodos de la red.

Existen tres procedimientos para obtener el gasto de demanda en cada nudo (Gasto por lote o toma, Gasto por unidad de área, Gasto por unidad de longitud), pero del cual se procederá al cálculo con el segundo método:

Gasto por unidad de área: Si se conoce la superficie que se atenderá, el gasto total se divide entre el área neta a la que proporcionará el servicio. El gasto unitario que resulta se multiplica por el área que sirve cada nudo, para lo cual el área por servir se divide en áreas de influencia para los diferentes nudos.

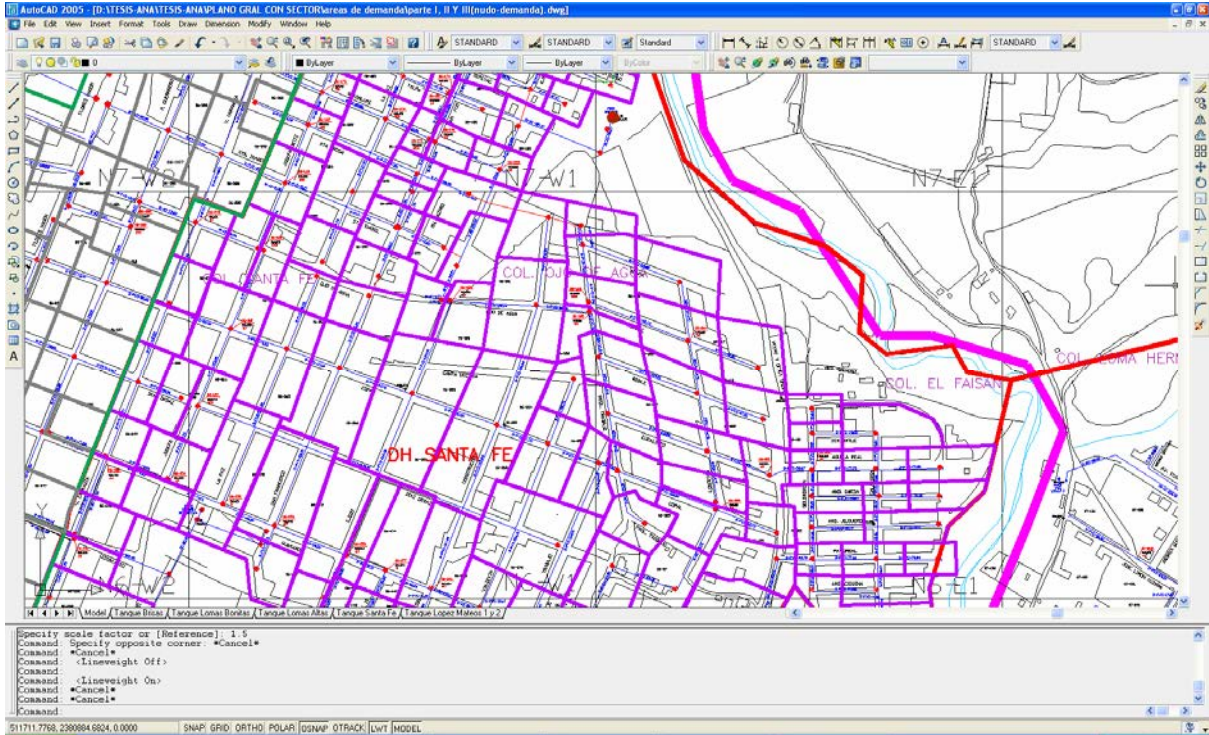


Figura 4.2. Distribución de la demanda por áreas de influencia de los nudos.

Después de aplicar el proceso descrito, se obtienen las demandas concentradas en los nodos como una suma de los consumidores. En la captura de los distritos en el EPANET®, existe un campo con la etiqueta demanda base, en este caso de análisis estático, como demanda base se coloca el gasto máximo horario, en la Figura 4.3 siguiente se aprecia el campo mencionado.

Propiedad	Valor
*ID Nudo de Caudal	62
Coordenada X	433123.17
Coordenada Y	2135725.31
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	2651.27
Demanda Base	0.09
Curva Modul. Demanda	1
Tipos de Demanda	1

Figura 4.3. Características de los nodos.

EPANET modela el sistema como un conjunto de líneas conectadas por sus nudos extremos. Las líneas representan tuberías, bombas, o válvulas de control. Los nudos representan puntos de conexión entre tuberías o extremos de las mismas, con o sin demandas, y también depósitos o embalses.

Los datos que se necesitan para alimentar el modelo son los siguientes:

- Tuberías (tramos de la red): diámetro, longitud, coeficientes de pérdidas de carga por fricción.
- Nodos: elevación, demanda de agua.
- Tanques: nivel de agua (se considera constante en un análisis de flujo permanente).

En caso de que se tuviese una válvula cerrada se indicaba en el campo estado inicial de la tubería, como se muestra en la ilustración.



Figura 4.4. Características de las tuberías.

4.1.2. Modelación hidráulica mediante análisis estático

Para el presente estudio en el que solo se requiere una revisión de los distritos hidrométricos, y sus presiones disponibles, se ha procedido a la simulación solamente mediante un **análisis estático**, ya que además es aquí donde se modela el sistema en las condiciones críticas y de máxima demanda.

Asimismo no es posible llevar a cabo un análisis en periodos extendidos debido a que la información proporcionada por el Organismo Operador no es la suficiente para completar y ajustar el modelo y sus componentes de operación del sistema, tales como las leyes o curvas de demanda, o las curvas características de bombas, para tal efecto también es requerida una calibración mas completa y la aplicación de las leyes de operación real de la red.

En el análisis estático se supone que los caudales demandados y suministrados permanecen constantes, , es decir no existen variaciones en la operación de la red y el nivel en el tanque es el mismo en cualquier instante de tiempo.

Por lo tanto la ecuación empleada en el sistema de modelación para determinar la pérdida de carga en cada nodo se calcula a partir de la Ecuación de Darcy-Weisbach, ya que es la más aplicable a todo tipo de líquidos y regímenes:

$$h_f = H_2 - H_1 = f \frac{L}{D} \frac{Q^2}{2gA^2}$$

En las Tablas 4.1 y 4.2 se listan las expresiones del coeficiente de resistencia y el valor del exponente del caudal utilizado para la ecuación de Darcy-Weisbach y los otros sistemas de ecuaciones comúnmente utilizados que son Hazen-Williams y Chezy-Manning [EPANET,].

Tabla 4.1. Fórmulas de Pérdida de Carga para tubería llena (las pérdidas se expresan en mca y el caudal en m³/s)

<i>Fórmula</i>	<i>Coficiente de Resistencia (A)</i>	<i>Expon. Caudal (B)</i>
Hazen-Williams	10,674 C ^{-1,852} d ^{4,871} L (†)	1,852
Darcy-Weisbach	0,0827 f(ε,d,q) d ⁻⁵ L (‡)	2
Chezy-Manning	10,294 n ² d ^{-5,33} L (§)	2

donde: C = Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams
 ε = Coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (m)
 f = factor de fricción (depende de ε, d, y q)
 n = Coeficiente de rugosidad de Manning
 d = diámetro de la tubería (m)
 L = longitud de la tubería (m)
 q = caudal (m³/s)

Tabla 4.2. Coeficientes de Rugosidad para Tubería Nueva

<i>Material</i>	<i>C Hazen-Williams (universal)</i>	<i>ε Darcy-Weisbach (mm)</i>	<i>n Manning (universal)</i>
Fundición	130 – 140	0,25	0,012 – 0,015
Hormigón o revest. de Hormigón	120 – 140	0,3 – 3,0	0,012 – 0,017
Hierro Galvanizado	120	0,15	0,015 – 0,017
Plástico	140 – 150	0,0015	0,011 – 0,015
Acero	140 – 150	0,03	0,015 – 0,017
Cerámica	110	0,3	0,013 – 0,015

4.2. REVISION HIDRAULICA Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO PARA CADA DISTRITO HIDROMÉTRICO

Actualmente el SIAPA Tepic ha venido trabajando en los programas de sectorización, pero sin ningún análisis hidráulico previo del diseño de los Distritos Hidrométricos. Es por eso la necesidad de la revisión hidráulica mediante la modelación, tomando en cuenta las mejores alternativas de solución en cuanto a gastos y niveles mínimos y máximos de presiones que establecen tanto el sistema hidráulico de la red como los parámetros establecidos por la CONAGUA para este tipo de población.

De tal manera que habiendo alimentado el modelo con los datos de los componentes físicos y los no físicos se procede a realizar la simulación del sistema de agua potable de los distritos. Es importante recordar que una vez que se ejecuta el programa arroje resultados de gasto y presión diferentes a la operación real del sistema, por lo que los valores deben ser verificados.

4.2.1. DH Santa Fe

De acuerdo a los resultados del modelo hidráulico como se muestra en la Figura 4.5, y considerando una distribución de agua potable mediante sistema a gravedad, donde además no se consideran bombeos directos a la red, las presiones resultantes del cálculo del modelo hidráulico varían como se muestra en la Tabla 4.3, para cada colonia del DH Santa Fe.

Tabla 4.3. Presiones en el DH Santa Fe, de acuerdo a la modelación de proyecto

COLONIA	PRESION (mca)	
	MIN	MAX
AMP. OJO DE AGUA	2	22.8
SANTA FE	28	52.5
LOS PINOS	4.3	17
EL FAIZAN	7.93	13.11
SANTA CECILIA	19.5	45
ING. AGUAYO	10.9	13.3
BUENOS AIRES	0	8.9

En la colonia Santa Fe alcanzan presiones máximas de 52mca, comparadas con la de la zona sur de 28mca. La Colonia Buenos Aires, tiene presiones negativas en varios puntos, lo que indica la necesidad de un mejor planteamiento en el sistema de red, por otro lado en la colonia Santa Cecilia es importante verificar algunas líneas que marcan presiones muy altas hacia el norte y bajas colindando con la colonia Ing. Aguayo. Los valores obtenidos mediante la modelación tienen pequeñas variaciones con las mediciones en campo; el modelo fue creado a partir de los planos existentes y más actualizados con que cuenta el SIAPA, no obstante, no se tiene la certeza de la actualización última de ellos, es posible también que las diferencias se deban a la operación de la red, ya que en la operación algunas colonias como la Santa Fe, existen bombeos directos y movimientos de válvulas.

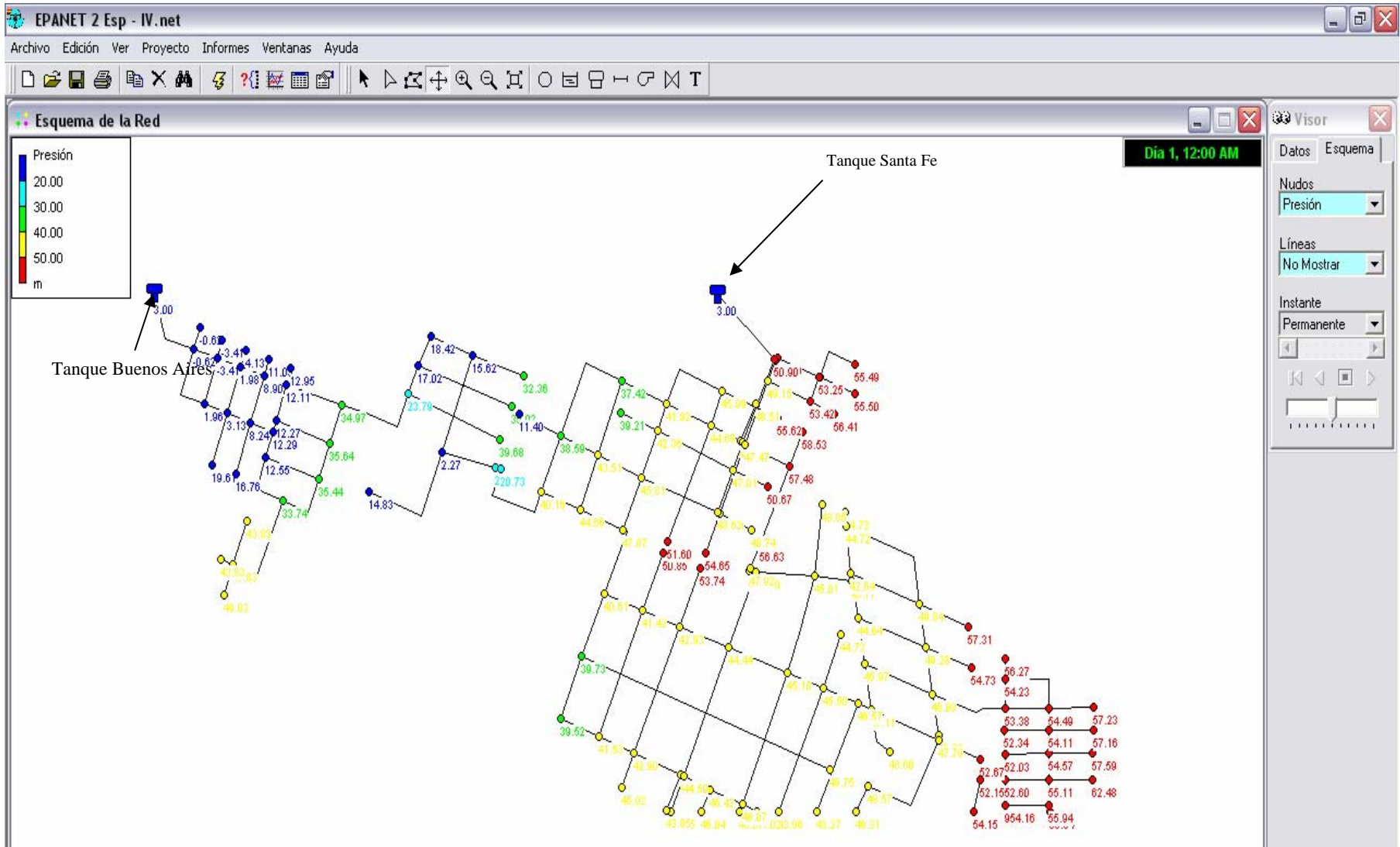


Figura 4.5. Valores de presión en la simulación de condición actual.

Por lo que de acuerdo a los resultados del modelo se puede concluir lo siguiente:

La zona de color azul, en algunos nodos cercanos al Tanque “Buenos Aires” hay ausencia de agua y bajas presiones, debido a que el diámetro de cuatro pulgadas no es suficiente para satisfacer el área de cobertura que tiene asignada.

En la zona de color rojo, en su mayoría la Colonia “El Faizan”, hay presiones mayores a 50mca debido al desnivel topográfico, las presiones del orden de 50mca pueden dañar a la tubería, por lo que es necesario instalar algunos dispositivos para regular ya sea válvulas reguladoras de presión o cajas rompedoras de presión.

Con base en el análisis que se realizó al modelo se han generado una serie de propuestas, en la figura 4.6 se puede apreciar como se tiene un rango de presiones de mayor funcionalidad y sin riesgo de que se dañe la tubería.

En el Tanque “Buenos Aires” fue necesario hacer un cambio de tubería de cuatro pulgadas a una de seis para aumentar la cantidad de agua que entra y como consecuencia aumente la presión y evitar las presiones menores a cero.

Por otro lado fue necesario también cerrar la tubería de 8 pulgadas (Ver Figura 4.7), que se encuentra ubicada la calle privada ojo de agua y de esta manera disminuir el área de influencia del tanque buenos aires, por consecuencia las presiones negativas desaparecen, con esto se logra que cada distrito tenga su propia fuente de abastecimiento.

Para disminuir la presión debido al desnivel topográfico en las zonas bajas del distrito, fue necesario colocar válvulas reguladoras de presión. Se colocó además una válvula con consigna a 30mca, en la tubería de 10 pulgadas que sale del tanque (calle San Lázaro, esq. con Calle Guadalupe de la colonia Santa Fe) y la otra con consigna a 8mca, en la tubería de cuatro pulgadas de la calle cinco, de la Colonia Buenos Aires, esto se puede ver en las Figura 4.8.

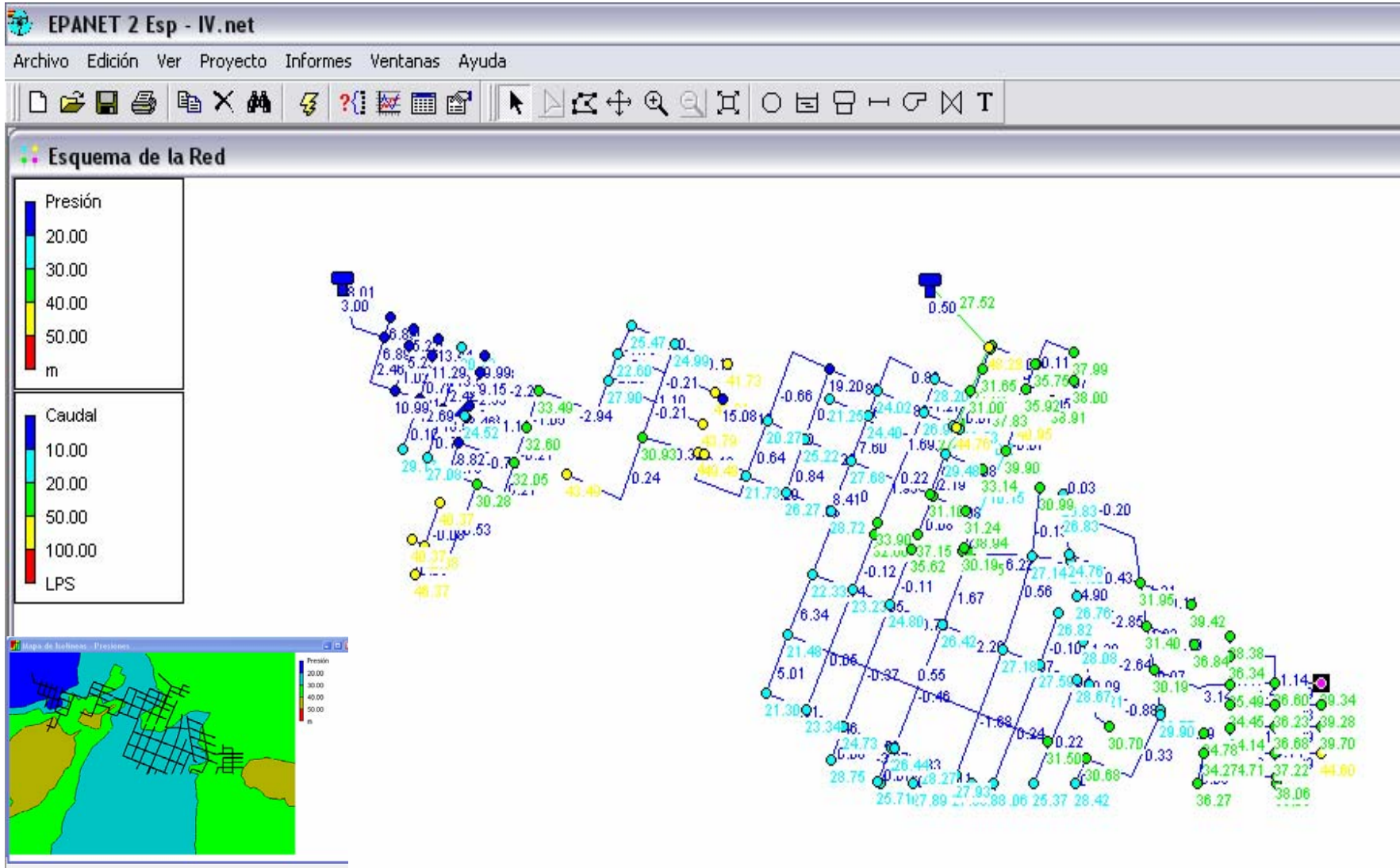


Figura 4.6. Valores de presión después de realizar las propuestas.

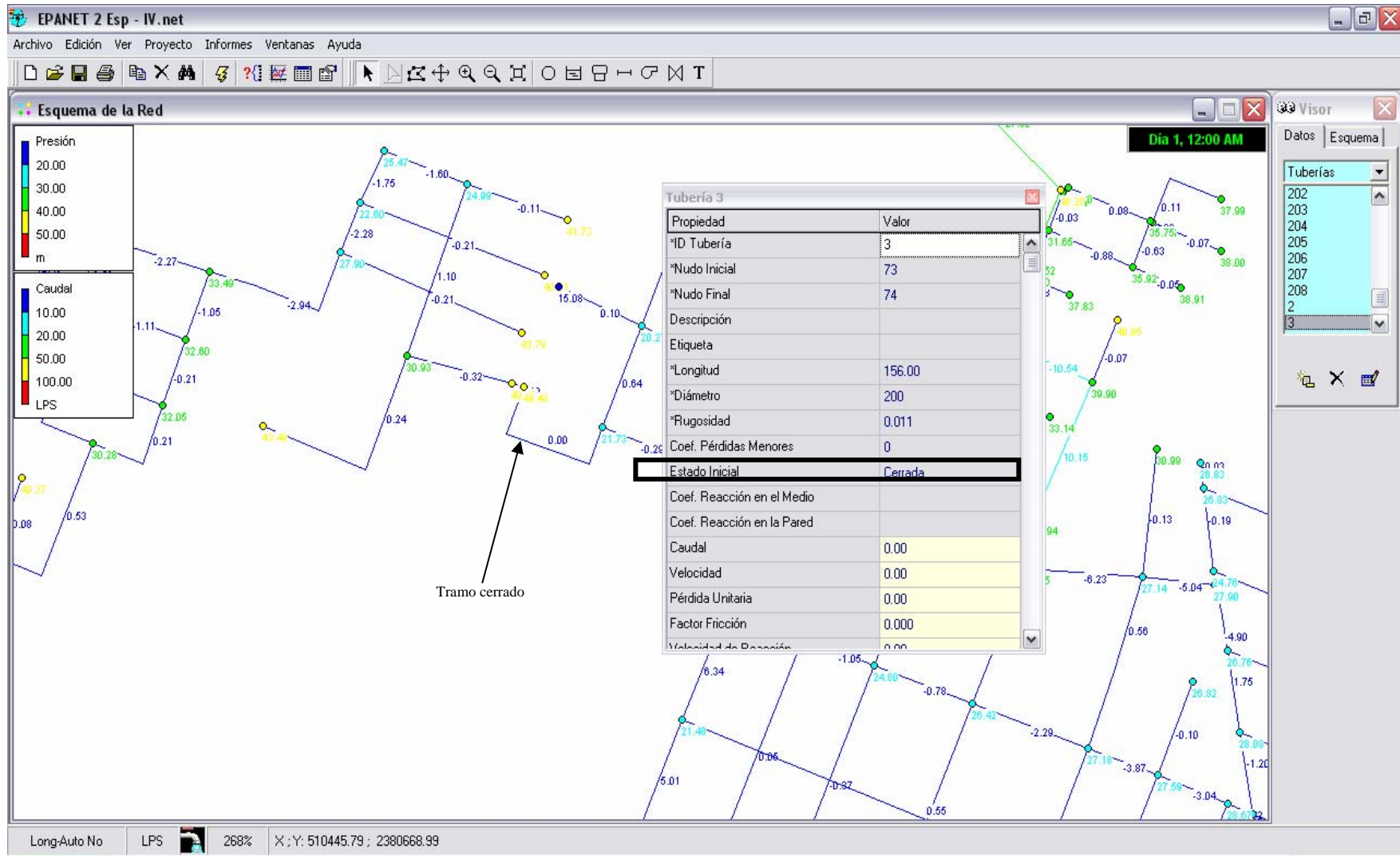


Figura 4.7. Tramo cerrado en EPANET.

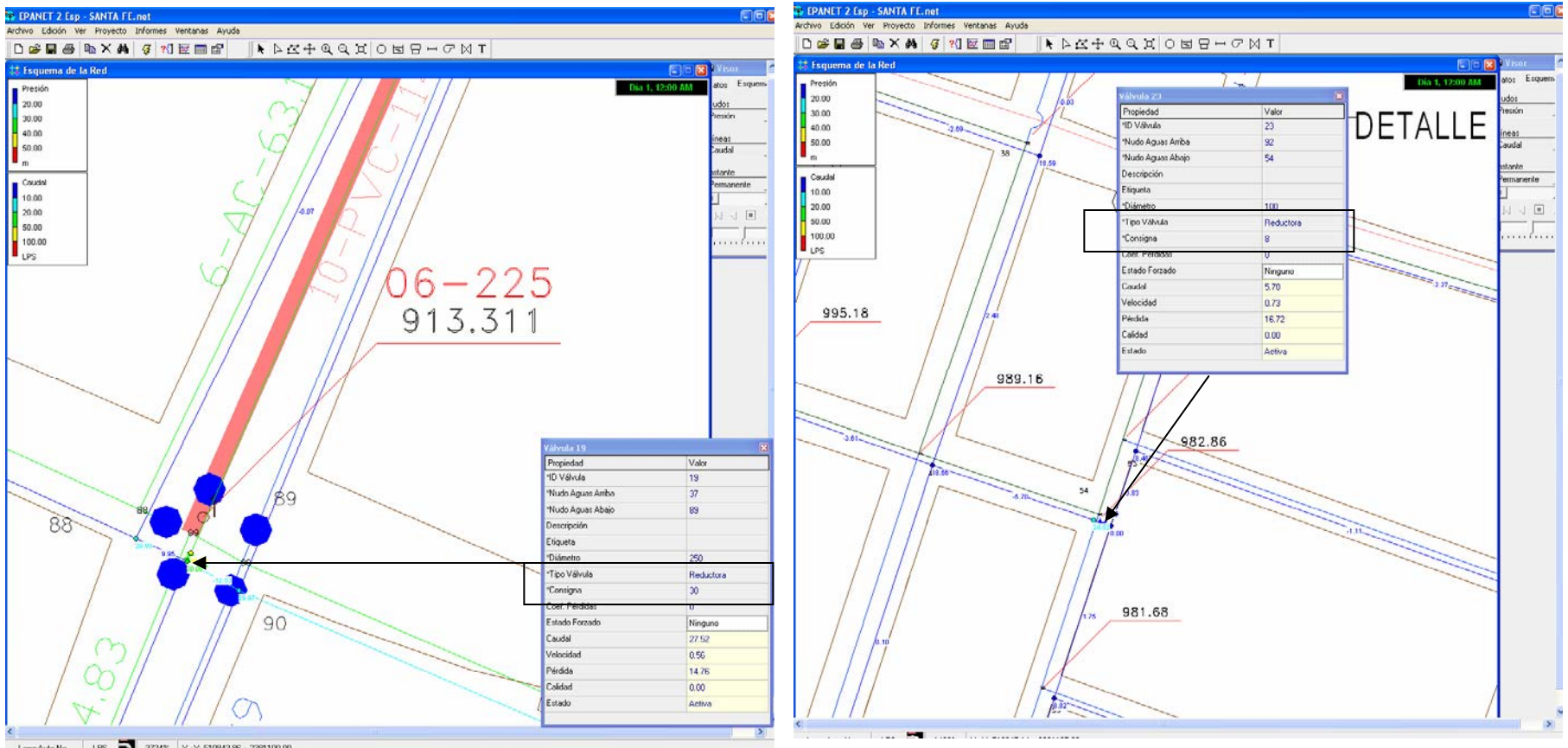


Figura 4.8. Colocación de VRP en calle 5 (Col. Buenos Aires) y en calle San Lazaro, esq. Guadalupe (Col. Santa Fe)

4.2.2. DH San Juan

Las presiones obtenidas mediante el modelo varían de la siguiente manera para cada colonia del DH San Juan

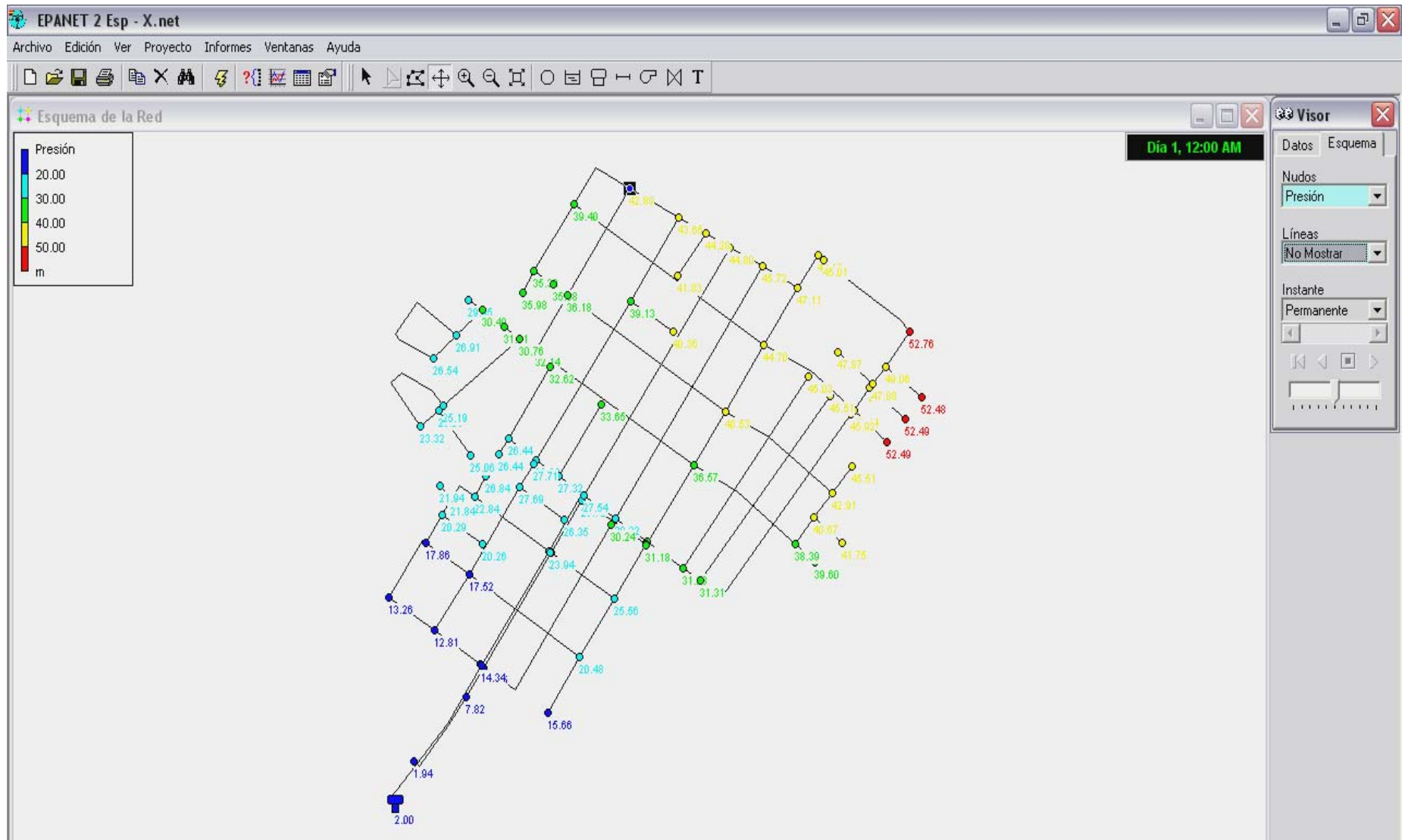
Tabla 4.4. Presiones en el DH San Juan, de acuerdo a la modelación de proyecto

COLONIA	PRESION	
	MIN	MAX
SAN JUAN	29	43
VERSALLES	8	52
TIO BALTAZAR	23	29
SAN ANGEL 50%	35	42

En la colonia Versalles existe una mayor variación de la presiones por su configuración geográfica. En las colonias Tío Baltasar y San Angel existe mayor uniformidad en las presiones.

En la colonia San Juan existen presiones altas, a las que se tiene que regular al igual que en la Versalles Norte, mediante alguna rehabilitación en la red o movimientos en la operación de sus válvulas.

En la modelación actual se observa que existe una zona de presión mayor a 50 mca, por lo que se ha propuesto como se muestra en la Figura 4.11, regular la zona mediante una válvula reguladora de presión con consigna a 10mca, en la avenida jacarandas esquina con encino en la tubería de 12 pulgadas (Figura 4.11), de esta manera tenemos un mejor funcionamiento hidráulico y se evita que se rompa la tubería por el exceso de presión.



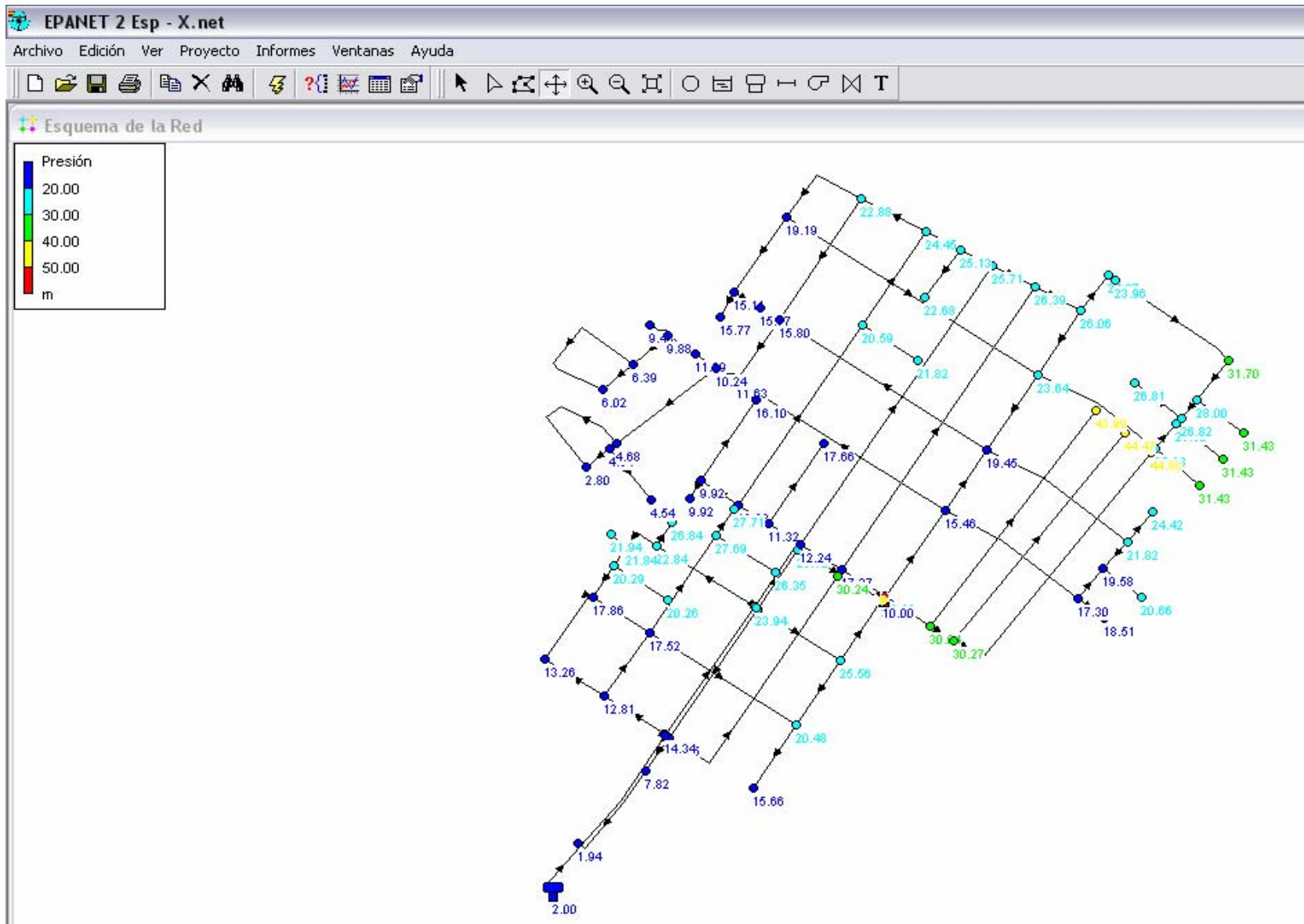


Figura 4.10. Valores de presión después de realizar las propuestas.

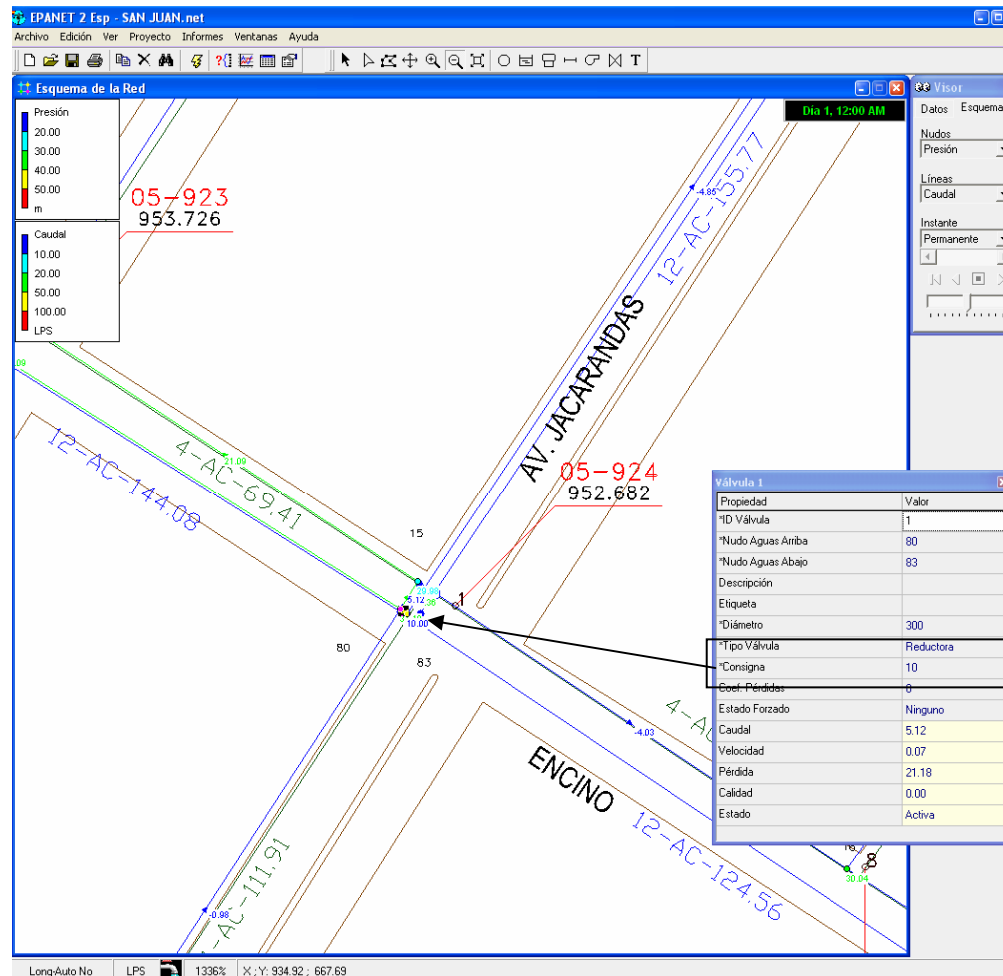


Figura 4.11. Colocación de VRP en Av. Jacarandas (Col. San Juan)

4.2.3. DH Lagos del Country

Como se muestra en la Figura 4.12, después de realizar la modelación, se puede observar que en este distrito existen zonas donde hay ausencia de agua, el tanque elevado existente y el bombeo directo a la red no son suficientes para satisfacer la demanda. En la tabla 4.5 se puede apreciar lo comentando en estas líneas.

Tabla 4.5. Presiones en el DH Lagos del Country, de acuerdo a la modelación de proyecto

COLONIA	PRESION	
	MIN	MAX
LAGOS DEL COUNTRY	0	12
VALLE DEL COUNTRY	0	9
FOVISSTE LUIS DONALDO COLOSIO	0	13

De acuerdo al modelo las tres colonias se encuentran en su mayoría con presión baja, incluso negativa en la mayoría de los puntos, es decir, si el abastecimiento fuera por gravedad, entonces habría que hacer rehabilitaciones, movimientos de válvulas o cierres en algunas zonas, para mejorar las presiones y por lo tanto que el agua llegue a todos los puntos.

Dentro de las propuestas después de haber realizado el análisis y como se puede observar en la Figura 4.13, se eliminó el bombeo directo a la Colonia Lagos del Country para hacer independientes los distritos y manejar la red de agua potable de esa zona por separado.

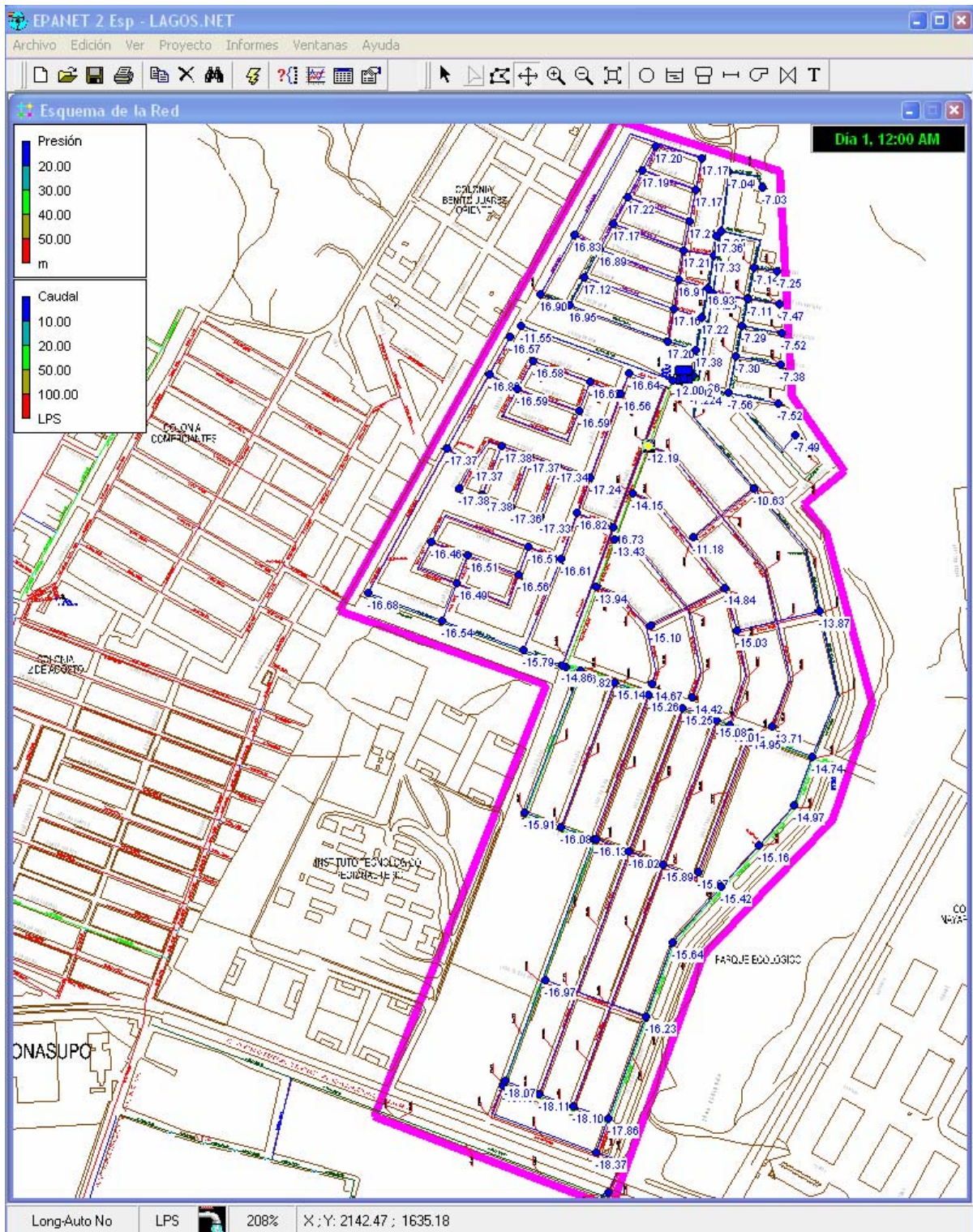


Figura 4.12. DH Lagos del Country en la simulación actual

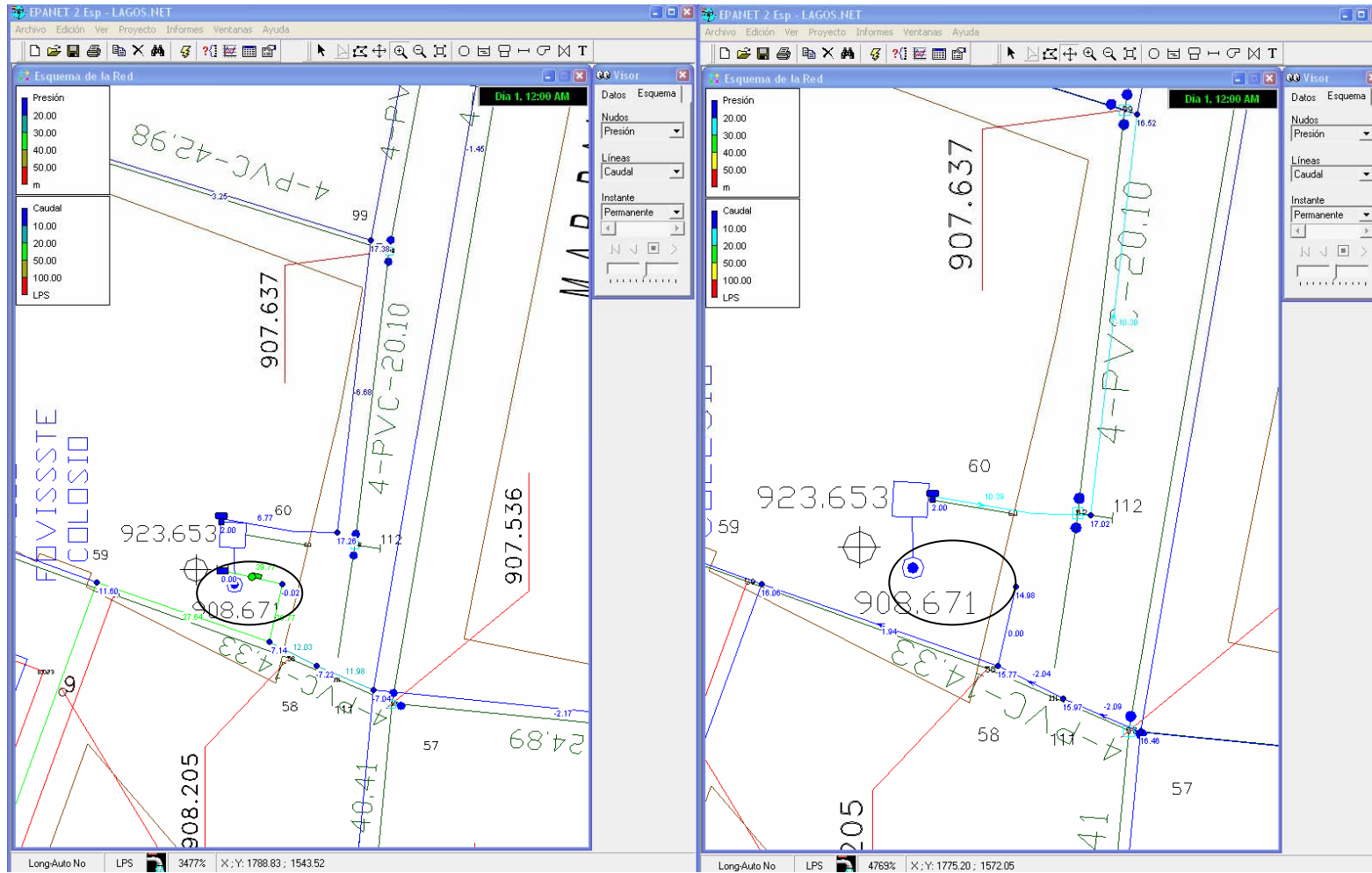


Figura 4.13. Bombeo directo hacia la colonia lagos del country, como se aprecia en el modelo actual (izquierda) y su eliminación en la propuesta (derecha)

Otra de las propuestas resultantes del análisis de la modelación y como se observa en la Figura 4.14, es el planteamiento de la construcción de un tanque (Parque Ecológico por Av. Lagos del Country), con capacidad de 338 m³ con dimensiones de 2 m de altura y una base cuadrada de 13 m de lado, con un tiempo de bombeo de 20 horas (4 – 24 h), por lo que es necesario revisar si la capacidad del tanque es suficiente:

$$C=RQ_{md}$$

Donde

C: Capacidad del tanque, en m³.

R: Coeficiente de regulación.

Q_{md}: Gasto máximo diario, L/s.

Con base al manual de datos básicos (CNA, 1994), para ese horario de bombeo se tiene un coeficiente de regulación de 9, y de la modelación hidráulica se obtuvo un caudal de 36.15 L/s, se puede obtener la capacidad del tanque.

$$C=9 (36.15)=325 \text{ m}^3$$

Por lo que se observa que la capacidad propuesta es mayor que la requerida, por lo tanto se garantiza que el tanque proporcionará un servicio eficiente.

En la figura 4.14 se puede ver la ubicación del tanque y como se mejoraron las presiones en la colonia.

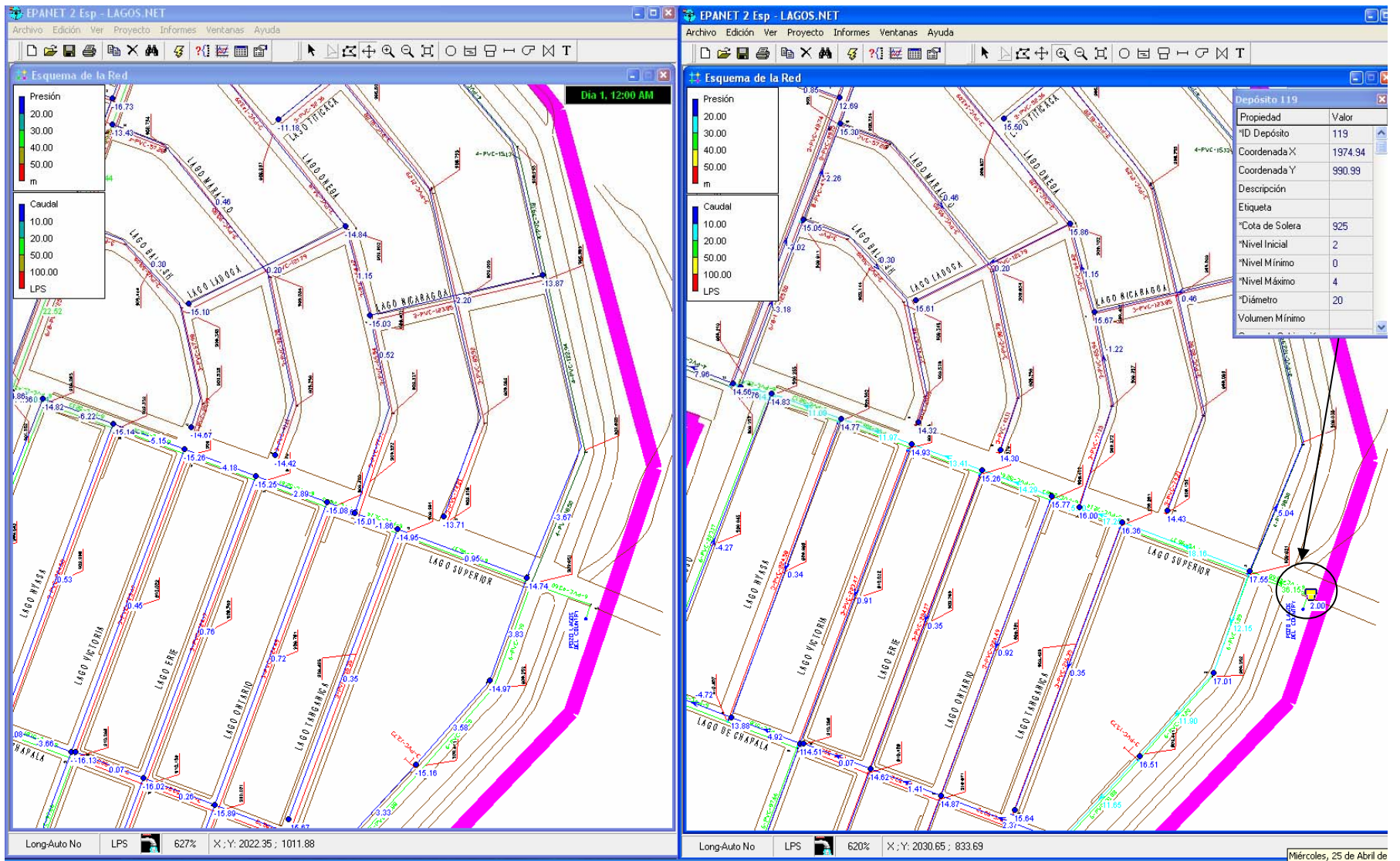


Figura 4.14. Colocación de un tanque por Av. Lagos del Country (a la izquierda la simulación actual con presiones negativas y a la derecha la simulación propuesta)

Se ha propuesto también cerrar algunos tramos para tener delimitados los distritos y solo tener una entrada de caudal; por la prolongación de calle “Mar Amarillo” para conectar “Mar Báltico” y “Mar de las Antillas”, de esta manera se mejoran las presiones en esa zona y se puede controlar mejor el distrito y sus derivaciones (Ver Figura 4.15).

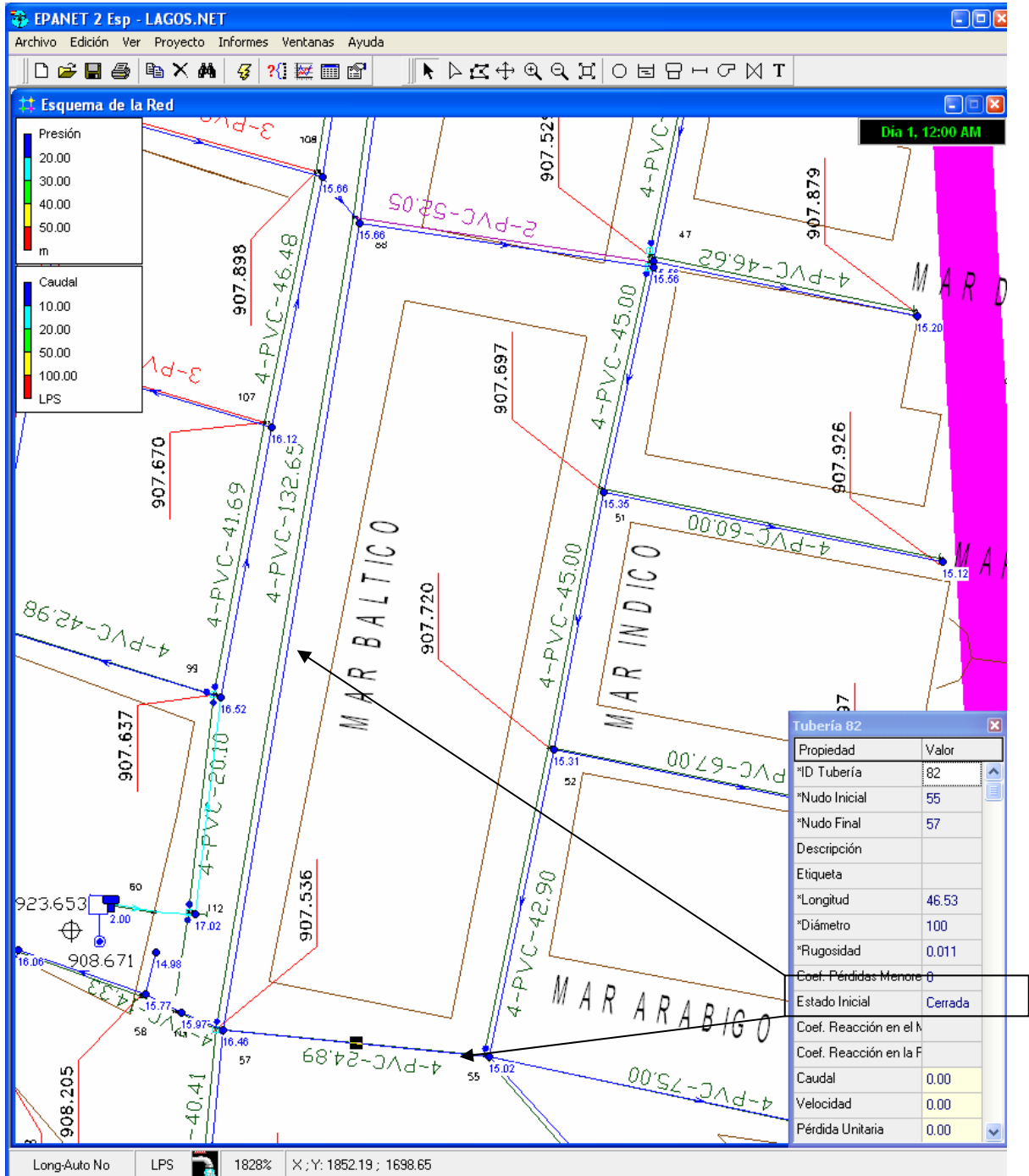


Figura 4.15. Tramos cerrados cercanos al tanque Colosio

Después de realizar las propuestas al modelo se observó que el funcionamiento hidráulico mejoró como se puede apreciar en la siguiente figura.

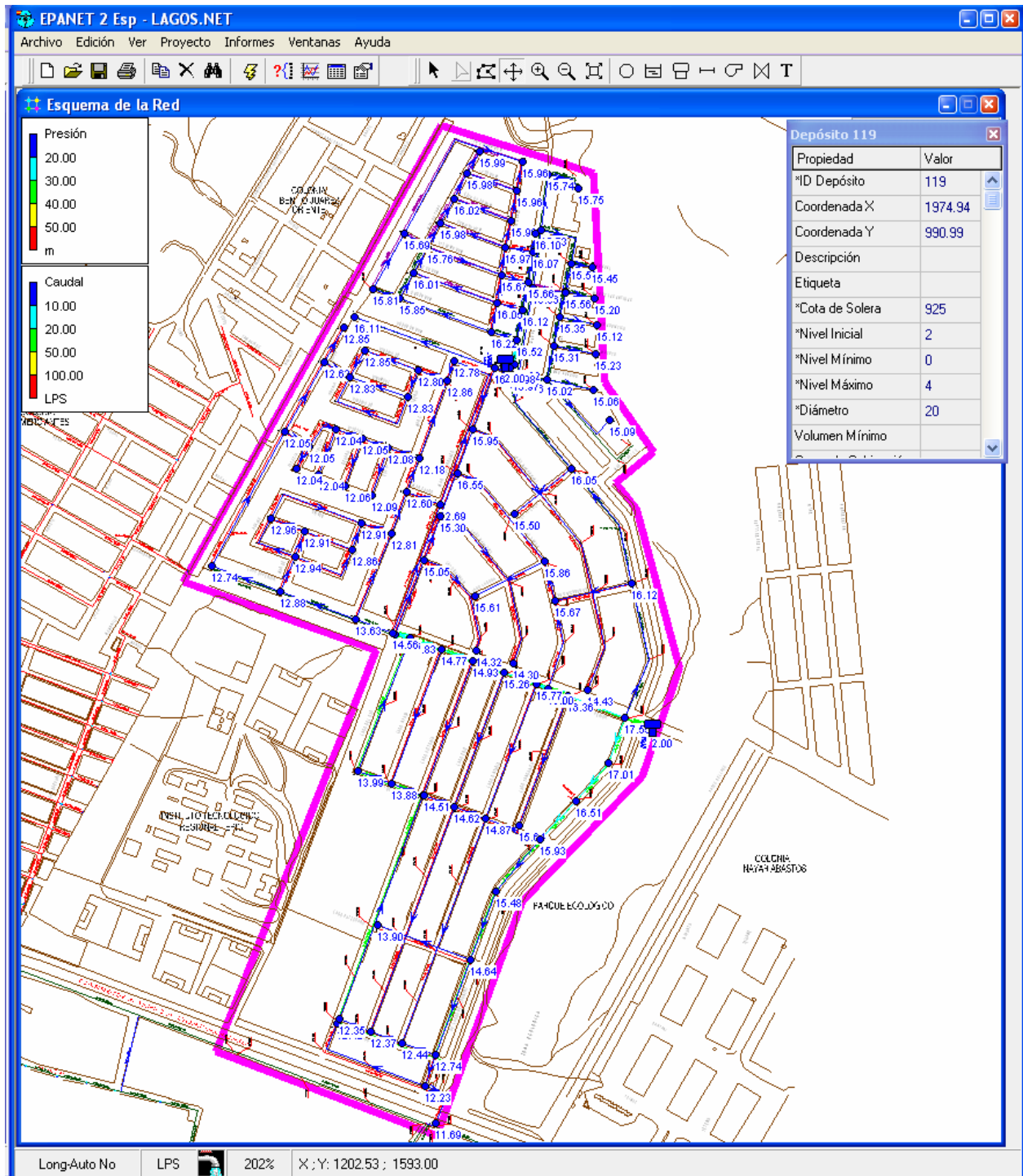


Figura 4.16. Valores de presión después de realizar las propuestas.

**CAPITULO 5. PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS A
CORTO Y MEDIANO PLAZO Y SU SIMULACIÓN PROSPECTIVA
DE LA RED**

5.1. PROGRAMA DE REDUCCION DE PERDIDAS A CORTO Y MEDIANO PLAZO

La reducción de pérdidas representa un programa para aumentar la eficiencia del sistema de agua potable y conservar los recursos financieros del organismo operador [IMTA, L. Ochoa, V. Bourguett, 2001]. Surge de la necesidad de implantar un proceso de modernización en el uso eficiente del agua y control de la operación del sistema hidráulico de agua potable y disminuir el nivel de pérdidas por agua no contabilizada.

Lo que se espera es reducir el agua no contabilizada por zonas, mediante la corrección de los errores de Micromedición, la rehabilitación de tomas domiciliarias y tuberías para evitar fugas, hacer un ajuste en el sistema tarifario para eliminar así la subestimación de consumos y finalmente la localización y regularización de los usos clandestinos.

Para realizar el programa de control de pérdidas se diseñan e implantan estos elementos, mediante una serie de acciones a corto y mediano plazo.

Debido a que a un corto y mediano plazo la población se ve incrementada entonces la dotación por habitante también se verá modificada. Por lo tanto antes de iniciar el programa es recomendable evaluar ese aumento en la población y sus demandas.

5.1.1. Análisis de la población

Según el censo 2000, Tepic cuenta con 305,176 habitantes. Para calcular la población actual 2006 y la población para el análisis prospectivo del 2010 y 2015, es necesario primeramente estimar la tasa de crecimiento, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$i = \left[\left(\frac{P_{i+1}}{P_i} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] \bullet 100$$

donde:

i : Tasa de crecimiento en el periodo t_i - t_{i+1}

P_{i+1} : Población en el año t_{i+1}

P_i : Población en el año t_i

t : Numero de años entre la población P_{i+1} y la población P_i

Por lo tanto la tasa de crecimiento para la ciudad de Tepic, según los censos registrados y de acuerdo a la ecuación anterior, es de:

i = 3.89 %

Con la tasa de crecimiento es posible obtener el valor de la población de proyecto. Para lo cual es necesario definir la ecuación o modelo de ajuste que represente en mejor manera el comportamiento de la población y así la población deseada para el análisis a un corto y mediano plazo, entendiéndose con ello para el año 2010 y 2015 respectivamente.

Es decir de acuerdo a la tasa de crecimiento $i=3.89\%$ Tepic tiene una población actual de **346,965 habitantes.**

5.1.2. Proyección a corto (2010) y mediano plazo (2015)

- **Ajuste Aritmético**

En el caso de que los valores de los censos históricos se ajusten a una recta, se utiliza la siguiente expresión característica para cualquier año “t”:

$$P = a + bt$$

donde:

$$a = \frac{\sum Pi - b \sum ti}{N} \quad b = \frac{N \sum ti Pi - \sum ti \sum Pi}{N \sum ti^2 - (\sum ti)^2}$$

- **Ajuste Exponencial**

La expresión esta dada por:

$$P = a \cdot e^{bt}$$

$$a = e^{\left[\frac{\sum \ln Pi - b \sum ti}{N} \right]} \quad b = \frac{N \sum ti \ln Pi - \sum ti \sum \ln Pi}{N \sum ti^2 - (\sum ti)^2}$$

- **Ajuste Logarítmico**

$$P = a + b \cdot (\ln t)$$

$$a = \frac{\sum Pi - b \sum \ln ti}{N} \quad b = \frac{N \sum \ln ti \cdot Pi - \sum \ln ti \sum Pi}{N \sum (\ln ti)^2 - (\sum \ln ti)^2}$$

Con los valores anteriores y su valor de correlación en cada uno se hace la comparación para elegir el que mas represente el crecimiento de la población y por lo tanto el año de proyecto.

- **Análisis**

El valor de correlación es similar entre el aritmético y logarítmico, y se aproximan según la gráfica a los valores reales conforme aumentan para la población de proyecto. Sin embargo el coeficiente de correlación para el modelo exponencial se aproxima más a 1, por lo que es un mejor ajuste, aunque en la gráfica su tendencia en la población de proyecto aumenta excesivamente, por lo que se estableció hacer un promedio entre los tres tipos de modelo aplicados y de esta manera acercar al coeficiente de correlación a la unidad.

La población resultante para cada Método de ajuste resultado como se muestra a continuación:

Tabla 5.1. Población ajustada en cada modelo

	ti (año)	Pi (hab)	P = ae ^{bt}			
			Exponencial	Aritmetico	Logarítmico	Promedio
1	1950	45,610	51,879	20,742	20,142	30,921
2	1960	73,576	74,078	77,222	77,305	76,201
3	1970	110,939	105,770	133,701	134,176	124,549
4	1980	177,007	151,024	190,180	190,760	177,321
5	1990	241,463	215,641	246,659	247,058	236,453
6	2000	305,176	307,903	303,138	303,075	304,705
7	2005	339,308	367,925	331,377	330,978	343,427
8	2006	346,965	381,268	337,025	336,550	351,615
9	2007		395,091	342,673	342,120	359,961
10	2008		409,416	348,321	347,687	368,475
11	2009		424,262	353,969	353,250	377,161
12	2010		439,645	359,617	358,812	386,025
13	2011		455,586	365,265	364,370	395,074
14	2012		472,106	370,913	369,926	404,315
15	2013		489,224	376,561	375,479	413,754
16	2014		506,963	382,209	381,029	423,400
17	2015		525,345	387,857	386,576	433,259

R ² =	0.9887	0.9925	0.9921	0.9979
------------------	--------	--------	--------	--------

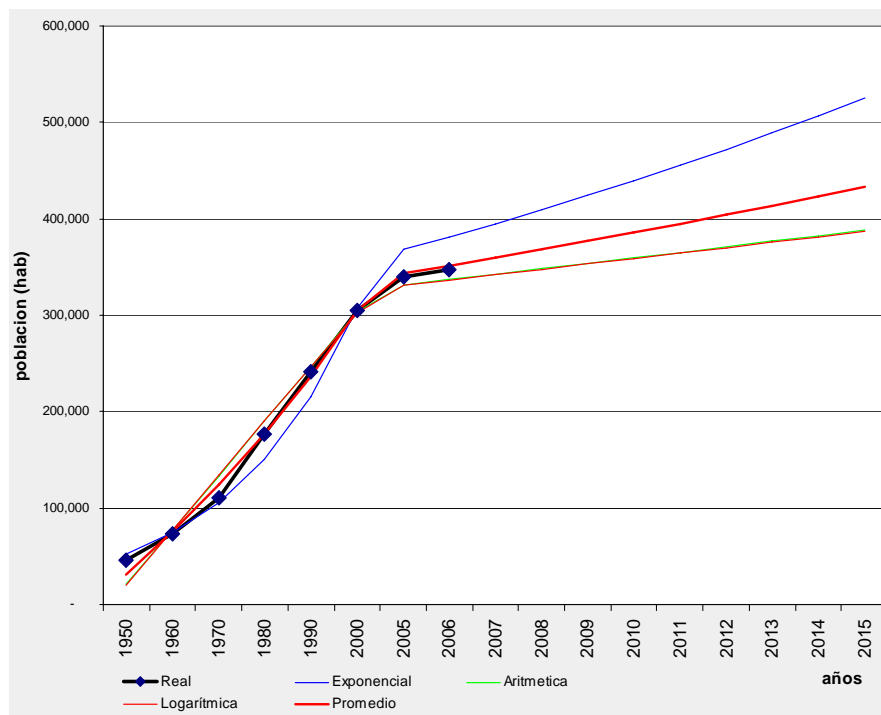


Figura 5.1. Gráfica de los Modelos de ajuste de la población

Por lo tanto la población de proyecto para corto y mediano plazo en la ciudad de Tepic se estima en:

2010 = 386,025 hab

2015 = 433,259 hab

Es decir la población de Proyecto para cada Sector quedaría de la siguiente manera:

Tabla 5.2. Población para cada DH del año 2006 aL 2015

DH	POBLACION									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SANTA FE	9,904	10,275	10,518	10,766	11,019	11,277	11,541	11,810	12,086	12,367
SAN JUAN	5,669	5,881	6,020	6,162	6,307	6,455	6,606	6,760	6,918	7,079
LAGOS DEL COUNTRY	8,211	8,519	8,720	8,926	9,136	9,350	9,568	9,792	10,020	10,253

Tabla 5.3. Población para cada colonia del DH del año 2005 aL 2015

DH	COLONIA	POBLACION										
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SANTA FE	AMP. OJO DE AGUA	57	58	60	62	63	64	66	68	69	71	72
	SANTA FE	1,520	1,535	1,593	1,631	1,669	1,708	1,748	1,789	1,831	1,874	1,917
	LOS PINOS	942	952	988	1,011	1,035	1,059	1,084	1,109	1,135	1,162	1,189
	EL FAIZAN	1,655	1,672	1,735	1,776	1,818	1,860	1,904	1,948	1,994	2,040	2,088
	SANTA CECILIA	2,655	2,682	2,782	2,848	2,915	2,984	3,054	3,125	3,198	3,273	3,349
	ING. AGUAYO	2,888	2,918	3,027	3,099	3,172	3,246	3,322	3,400	3,479	3,561	3,643
	BUENOS AIRES	86	87	90	92	94	97	99	101	104	106	109
	TOTAL =	9,803	9,904	10,275	10,518	10,766	11,019	11,277	11,541	11,810	12,086	12,367

DH	COLONIA	POBLACION										
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SAN JUAN	SAN JUAN	3,871	3,911	4,058	4,154	4,251	4,351	4,453	4,558	4,664	4,773	4,884
	VERSALLES	1,323	1,337	1,387	1,420	1,453	1,487	1,522	1,558	1,594	1,631	1,669
	TIO BALTAZAR	286	288	299	306	314	321	328	336	344	352	360
	SAN ANGEL 50%	131	132	137	141	144	147	151	154	158	162	165
		TOTAL =	5,611	5,669	5,881	6,020	6,162	6,307	6,455	6,606	6,760	6,918

DH	COLONIA	POBLACION										
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LAGOS DEL COUNTRY	LAGOS DEL COUNTRY	2,052	2,073	2,151	2,202	2,254	2,307	2,361	2,416	2,473	2,530	2,589
	VALLE DEL COUNTRY	2,495	2,520	2,615	2,677	2,740	2,804	2,870	2,937	3,006	3,076	3,147
	FOVISSTE LUIS DONAL	3,580	3,617	3,753	3,841	3,932	4,024	4,119	4,215	4,314	4,414	4,517
		TOTAL =	8,127	8,211	8,519	8,720	8,926	9,136	9,350	9,568	9,792	10,020

De la misma manera es posible hacer una proyección de la cantidad de contratos del año 2005 al 2015.

Tabla 5.4. Contratos por colonia del DH del año 2005 aL 2015

DH	COLONIA	CONTRATOS										
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SANTA FE	AMP. OJO DE AGUA	14	14	15	15	15	16	16	16	17	17	17
	SANTA FE	377	381	395	405	414	424	434	444	454	465	476
	LOS PINOS	238	240	249	255	261	267	273	280	286	293	300
	EL FAIZAN	408	412	427	438	448	458	469	480	491	503	514
	SANTA CECILIA	683	690	716	733	750	768	786	804	823	842	861
	ING. AGUAYO	727	734	761	780	798	817	836	855	875	896	917
	BUENOS AIRES	21	21	22	22	23	23	24	24	25	26	26
	TOTAL =	2,466	2,492	2,585	2,646	2,709	2,772	2,837	2,904	2,972	3,041	3,112

DH	COLONIA	CONTRATOS										
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SAN JUAN	SAN JUAN	1,064	1,075	1,115	1,142	1,169	1,196	1,227	1,253	1,282	1,312	1,342
	VERSALLES	369	373	387	396	405	415	419	435	445	455	466
	TIO BALTAZAR	72	73	75	77	79	81	90	85	87	89	91
	SAN ANGEL 50%	41	41	43	44	45	46	42	48	49	50	51
		TOTAL =	1,546	1,562	1,620	1,659	1,698	1,738	1,778	1,820	1,862	1,906

DH	COLONIA	CONTRATOS										
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LAGOS DEL COUNTRY	LAGOS DEL COUNTRY	516	521	541	553	566	580	593	607	621	636	651
	VALLE DEL COUNTRY	607	613	636	651	666	682	698	714	731	748	765
	FOVISSTE LUIS DONAL	879	888	921	943	965	988	1,011	1,035	1,059	1,084	1,109
	TOTAL =	2,001	2,022	2,098	2,147	2,198	2,250	2,302	2,356	2,411	2,467	2,525

Con los datos de crecimiento en la población se procede a analizar la reducción de pérdidas requerida para el año 2010 y 2015 considerando la demanda solicitada para la población obtenida en el ajuste.

Se hace la consideración de bajar el nivel de pérdidas a un mínimo del 20% que es el promedio deseable. Por lo que se propone una reducción gradual y constante a largo plazo y se evalúan los beneficios en materia de eficiencia en el sistema de agua potable de cada Distrito analizado.

5.1.2.1. *DH Santa Fe*

En la Tabla 5.5 se puede apreciar como existe una disminución en las perdidas al aplicarle un programa de reducción al 20% deseado, comparado con el 51% actual.

Tabla 5.5. Volumen y porcentaje de pérdidas y consumos con y sin programa de reducción de pérdidas para el DH Santa Fe

CONCEPTO	VOLUMEN ANUAL (m ³)	% respecto al total suministrado	% respecto a las pérdidas	VOLUMEN ANUAL (con reducción a 20% pérdidas) (m ³)	% respecto al total suministrado con disminución de 20% pérdidas
Volumen de Suministro o Producción	1,065,435.0	100%			
CONSUMOS					
Consumo no medido autorizado (Cuota Fija)	511,820.0	48%			
Subtotal consumo =	514,053.0	48.25%			
PERDIDAS					
Consumos no autorizados (usos clandestinos)	11,388.0	1.07%	2.07%	4,401	0.41%
Perdidas Potenciales (Fugas)	301,127.0	28.26%	54.61%	116,373	10.92%
Error en la Medicion	45.0	0.00%	0.01%	17	0.00%
Otros (error en la medicion, fugas no localizadas, usuarios clandestinos no considerados, derrames en tanques, volumen de almacenamiento de tanque, reparacion de tuberias, parques publicos, escuelas, errores de exactitud, errores por cuota fija)	238,822.0	22.42%	43.31%	92,295	8.66%
Subtotal pérdidas =	551,382	51.75%	100.00%	213,087.0	20.00%

Volumen a reducir a largo plazo = 338,295.00 m³
 Volumen anual de reduccion = 37,588.33 m³
 %anual de reduccion = 3.528%

Este Distrito tiene un porcentaje de pérdidas con respecto a la producción de 51.75% es decir 551,382m³ al año. Se pretende establecer un programa a corto y mediano plazo reduciendo hasta un 20% el porcentaje de pérdidas, es decir llegar a los 213,087m³ en el 2015. Se puede realizar la recuperación de caudales en el sector mediante la reparación de fugas y la regularización de los usuarios clandestinos en cada colonia, se puede alcanzar una eficiencia del 80% en este sector, el restante se puede recuperar con el seguimiento en los trabajos de campo, como la calibración de los medidores, los trabajos de detección y algunos otros conceptos.

Para la eliminación de las pérdidas físicas, se necesitan recuperar al menos 20,528m³ anualmente, o 56m³ diarios, lo que correspondería, a la reparación diaria de 4 fugas en tomas o de 1 fuga en red diaria.

Resulta también importante la regularización de los 60 usuarios clandestinos en el sector, se requiere al menos la regularización anual de 4 usuarios al año. Por lo tanto si se continúan los trabajos de manera uniforme por un periodo de un año la diferencia entre las pérdidas actuales y las esperadas es decir, el ahorro esperado seria de:

$$551,382 - 213,087 = 338,295 \text{ m}^3$$

Si consideramos un periodo de 2006 al 2015, es decir 9 años, entonces el porcentaje anual que deberá disminuirse es del 3.52% o 37,588m³/año.

Si esto lo traducimos a dinero recuperado y si consideramos que el m³ de agua según el promedio en el país es de \$2.00, entonces existirá un ahorro de: \$676,590.00, para el año 2015. Lo que se puede traducir en \$75,176.00 por año de ahorro. O un ahorro de \$6,264.66 mensuales. De tal manera que para el periodo del 2006 al 2015, el volumen de pérdidas quedara como se muestra a continuación

Los volúmenes reales y esperados a corto y mediano plazo son:

Tabla 5.6. Programa de Reducción de pérdidas a corto y mediano plazo para el DH Santa Fe

AÑO	HAB	CONSUMO		Consumo doméstico Unitario (L/Hab/dia)	Sin reducción de pérdidas				Con reducción a 20% de pérdidas			
					PERDIDAS		Dotacion sin reducción		PERDIDAS		Dotacion con reducción a 20% pérdidas	
					M3/AÑO	L/DIA	M3/AÑO	L/DIA	L/hab/dia	M3/AÑO	M3/AÑO	L/DIA
2007	10,275	487,549	1,335,750	130	551,382	1,510,636	277	1,038,931	513,794	1,407,654	267	1,001,342
2008	10,518	499,079	1,367,340	130	551,382	1,510,636	274	1,050,461	476,205	1,304,672	254	975,284
2009	10,766	510,847	1,399,580	130	551,382	1,510,636	270	1,062,229	438,617	1,201,690	242	949,464
2010	11,019	522,852	1,432,470	130	551,382	1,510,636	267	1,074,234	401,029	1,098,709	230	923,880
2011	11,277	535,094	1,466,010	130	551,382	1,510,636	264	1,086,476	363,440	995,727	218	898,534
2012	11,541	547,620	1,500,330	130	551,382	1,510,636	261	1,099,002	325,852	892,745	207	873,472
2013	11,810	560,385	1,535,300	130	551,382	1,510,636	258	1,111,767	288,264	789,763	197	848,648
2014	12,086	573,481	1,571,180	130	551,382	1,510,636	255	1,124,863	250,675	686,782	187	824,156
2015	12,367	586,814	1,607,710	130	551,382	1,510,636	252	1,138,196	213,087	583,800	177	799,901

Corto Plazo (2010)

Volumen de pérdidas 2010 (sin reducción) = 1,074,234 m³

Volumen de pérdidas 2010 (con reducción) = 923,880 m³

Reducción = 150,354m³ o \$300,708.0

Mediano Plazo (2015)

Volumen de pérdidas 2015 (sin reducción) = 1,138,196 m³

Volumen de pérdidas 2015 (con reducción) = 799,901 m³

Reducción = 338,295m³ o \$676,590.0

Al aplicar un programa de reducción de pérdidas y conservando el suministro anual, es posible bajar la dotación casi al valor real de consumo de la población. Esto es posible visualizarlo en la gráfica 5.3. La dotación en el 2015 bajó de 252 a 177L/hab/día, es decir disminuyó 75 L/hab/día.

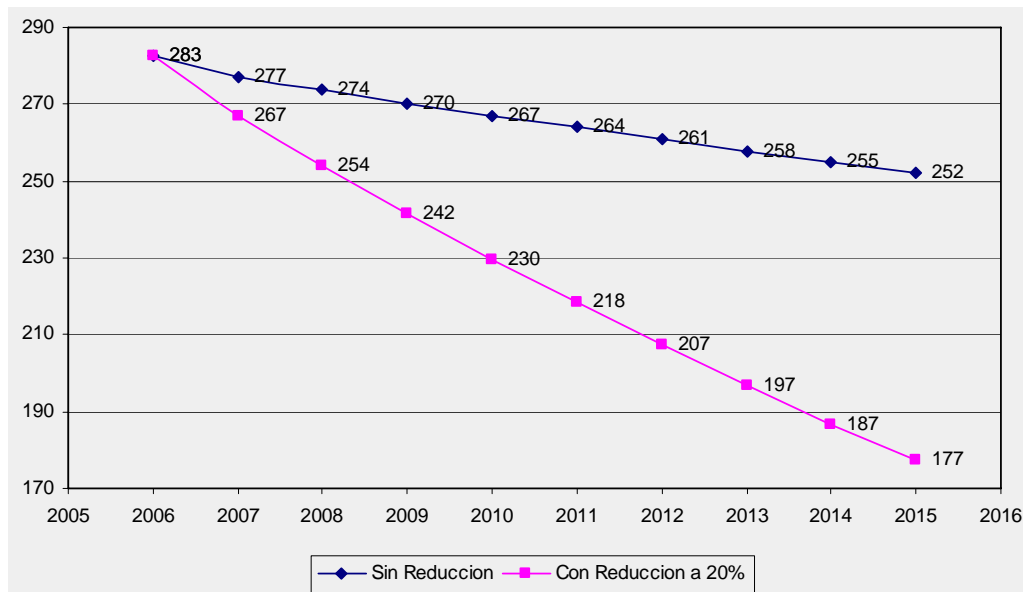


Figura 5.2. Reducción en la dotación con el programa de pérdidas

Las acciones de reducción de pérdidas en un 20% se verán reflejadas anualmente de la siguiente manera para el corto y mediano plazo:

Tabla 5.7. Volúmenes anuales obtenidos con el programa de reducción a 20% las pérdidas

AÑO	Consumos no autorizados (usos clandestinos)	Perdidas Potenciales (Fugas)	Error en la Medicion	Otros (error en la medicion, fugas no localizadas, usuarios clandestinos no considerados,
	m3/año	m3/año	m3/año	m3/año
2006	11,388	472,539	45	67,410
2007	10,612	440,325	42	62,815
2008	9,835	408,112	39	58,219
2009	9,059	375,898	36	53,624
2010	8,283	343,685	33	49,028
2011	7,506	311,471	30	44,433
2012	6,730	279,258	27	39,838
2013	5,954	247,044	24	35,242
2014	5,177	214,831	20	30,647
2015	4,401	182,617	17	26,051

5.1.2.2. *DH San Juan*

En la Tabla 5.8 se muestra el volumen recuperado y la eliminación de pérdidas al disminuir éstas a un 20% deseado.

Tabla 5.8. Volumen y porcentaje de pérdidas y consumos para el DH San Juan

CONCEPTO	VOLUMEN ANUAL (m3)	%respecto al total suministrado	%respecto a las pérdidas	VOLUMEN ANUAL (con reducción a 20% pérdidas) (m3)	%respecto al total suministrado con disminución de 20% pérdidas
Volumen de Suministro o Producción	1,140,515.0	100%			
CONSUMOS					
Consumo medido autorizado (Micromedición)	377,737.0	33.12%			
Consumo no medido autorizado (Cuota Fija)	456,534.0	40%			
Subtotal consumo =	834,271.0	73.15%			
PERDIDAS					
Consumos no autorizados (usos clandestinos)	23,933.0	2.10%	7.82%	17,826	1.56%
Pérdidas Potenciales (Fugas)	105,721.0	9.27%	34.52%	78,745	6.90%
Error en la Medición	65,848.0	5.77%	21.50%	49,046	4.30%
Otros (error en la medición, fugas no localizadas, usuarios clandestinos no considerados, derrames en tanques, volumen de almacenamiento de tanque, reparación de tuberías, parques públicos, escuelas, errores de exactitud, errores por cuota fija)	110,742.0	9.71%	36.16%	82,485	7.23%
Subtotal pérdidas =	306,244	26.85%	100.00%	228,103.0	20.00%

Volumen a reducir a largo plazo = 78,141.00 m3
 Volumen anual de reducción = 8,682.33 m3
 %anual de reducción = 0.761%

Este Distrito tiene un porcentaje de pérdidas con respecto a la producción de 26.8% es decir 306,244 m³ al año. Se pretende establecer un programa a corto y mediano plazo, reduciendo hasta un 20%, es decir llegar a los 228,103m³ para el año 2015. Aunque aquí resulta importante el consumo con Micromedición si lleva un porcentaje alto de error en los aparatos, es decir un 20% de sobremedición para la colonia San Juan, un 16% en la Versalles y en algunas otras una submedición del 5%.

Una de las actividades recomendadas dentro de los trabajos de recuperación para este distrito es iniciar los trabajos de calibración, para reducir los 65,848m³ anuales no contabilizado, también se recomienda considerar la reubicación de los medidores inaccesibles para aumentar el padrón de usuarios que se puede leer con toda seguridad. Referente a los usuarios de cuota fija se propone hacer el ajuste del sistema tarifario por colonia (383L/hab/día para consumidores altos), ya que aunque el DH pertenece a un nivel socioeconómico alto, no todas las colonias pertenecen a estas tarifas, por lo que en los trabajos de sectorización posteriores se recomienda analizar las demandas por colonias para así disminuir el error.

Con la regularización de los usuarios clandestinos de al menos esas 55 tomas anuales se puede recuperar un caudal de 23,933m³.

Se recomienda continuar los trabajos de detección de fugas ya que para tomas solo se inspeccionó el 55% y en red el 75%, por lo que el valor estimado de fugas puede aumentar significativamente e incluso por la zona que se estudió. Se recomienda recuperar al menos 2,997m³ anuales o la reparación de 3 fugas diarias. Es importante recordar que no solo para recuperar las pérdidas por fugas se deben hacer los cambios en la tubería dañada, es conveniente hacer un cambio en las tuberías con mayor antigüedad, ya que muchas veces el sector maneja presiones altas y aun cuando se repare la toma o red dañada se puede volver a provocar que se abra mas adelante le fuga. Por lo tanto las acciones se deben planear y hacer en conjunto y por etapas de trabajo, analizando así los beneficios obtenidos.

Por lo tanto, la recuperación de caudales obtenida con estas acciones serian de:

$$306,244-228,103=78,141 \text{ m}^3$$

Si consideramos un periodo de 2006 al 2015, es decir 9 años, entonces el porcentaje anual que deberá disminuirse es del 0.761% o 8,682.33 m³/año. Es decir, si el m³ de agua según el promedio en el país es de \$2.00, entonces existirá un ahorro de: \$ 156,282.0 para el año 2015. Lo que se puede traducir en \$17,364.66 por año de ahorro. O de \$1,447.05 mensuales.

De tal manera que para el periodo del 2006 al 2015, el volumen de pérdidas quedara como se muestra a continuación:

Por lo tanto los volúmenes reales y los esperados a corto y mediano plazo son:

Tabla 5.9. Programa de Reducción de pérdidas a corto y mediano plazo para el DH San Juan

AÑO	HAB	CONSUMO		Consumo doméstico Unitario (L/Hab/dia)	Sin reducción de pérdidas				Con reducción a 20% de pérdidas			
					PERDIDAS		Dotacion sin reducción		PERDIDAS		Dotacion con reducción	
					M3/AÑO	L/DIA	M3/AÑO	L/DIA	L/hab/dia	M3/AÑO	M3/AÑO	L/DIA
2007	5,881	648,263	1,776,062	302	306,244	839,025	445	954,507	297,562	815,237	441	945,824
2008	6,020	663,585	1,818,040	302	306,244	839,025	441	969,829	288,879	791,450	433	952,464
2009	6,162	679,237	1,860,924	302	306,244	839,025	438	985,481	280,197	767,663	427	959,434
2010	6,307	695,221	1,904,714	302	306,244	839,025	435	1,001,465	271,515	743,876	420	966,735
2011	6,455	711,535	1,949,410	302	306,244	839,025	432	1,017,779	262,832	720,089	414	974,367
2012	6,606	728,179	1,995,012	302	306,244	839,025	429	1,034,423	254,150	696,301	407	982,329
2013	6,760	745,155	2,041,520	302	306,244	839,025	426	1,051,399	245,468	672,514	401	990,622
2014	6,918	762,571	2,089,236	302	306,244	839,025	423	1,068,815	236,785	648,727	396	999,356
2015	7,079	780,318	2,137,858	302	306,244	839,025	421	1,086,562	228,103	624,940	390	1,008,421

Corto Plazo (2010)

Volumen de pérdidas 2010 (sin reducción) = 1,001,465 m³

Volumen de pérdidas 2010 (con reducción) = 966,735 m³

Reducción = 34,730 m³ o \$69,460.0

Mediano Plazo (2015)

Volumen de pérdidas 2015 (sin reducción) = 1,086,562 m³

Volumen de pérdidas 2015 (con reducción) = 1,008,421 m³

Reducción = 78,141 m³ o \$156,282.0

Al aplicar un programa de reducción de pérdidas y conservando el suministro anual, es posible bajar la dotación casi hasta el valor real de consumo de la población. En la Figura 5.3 se puede ver que la dotación en el 2015 bajó de 421 a 390L/hab/día, es decir disminuyó 483L/hab/día.

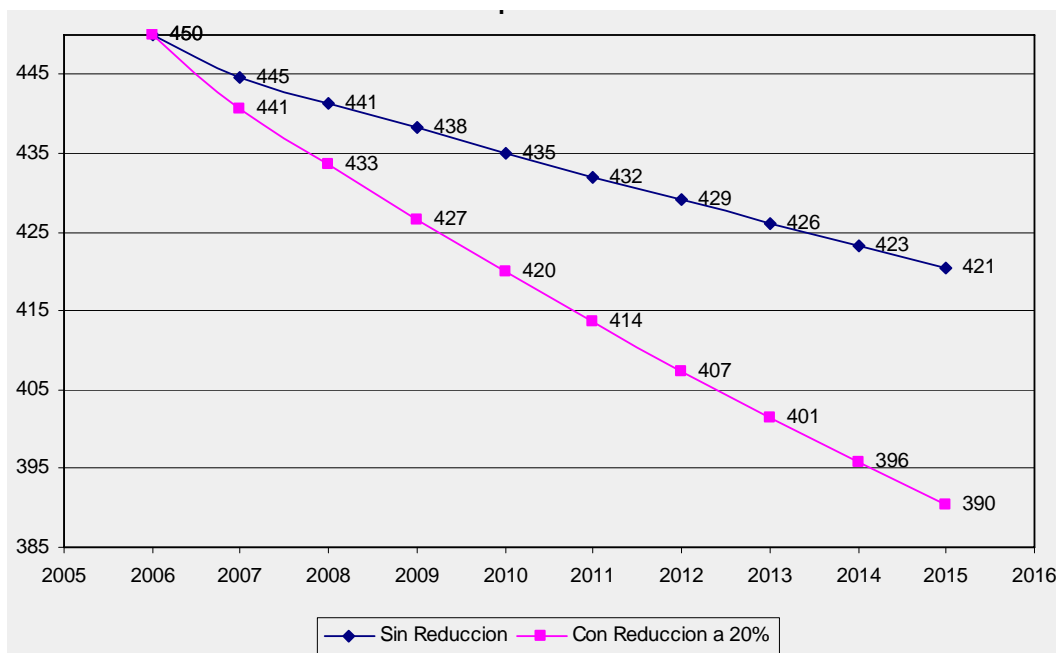


Figura 5.3. Reducción en la dotación con el programa de pérdidas

Las acciones de reducción de pérdidas en un 20% se ven reflejadas de la siguiente manera para un corto y mediano plazo:

Tabla 5.10. Volúmenes anuales obtenidos con el programa de reducción a 20% las pérdidas

AÑO	Consumos no autorizados (usos clandestinos)	Pérdidas Potenciales (Fugas)	Error en la Medicion	Otros (error en la medicion, fugas no localizadas, usuarios clandestinos no)
	m3/año	m3/año	m3/año	m3/año
2006	23,933	122,670	65,848	93,793
2007	23,254	119,192	63,981	91,134
2008	22,576	115,714	62,114	88,475
2009	21,897	112,237	60,247	85,816
2010	21,219	108,759	58,381	83,156
2011	20,540	105,281	56,514	80,497
2012	19,862	101,803	54,647	77,838
2013	19,183	98,325	52,780	75,179
2014	18,505	94,847	50,913	72,520
2015	17,826	91,370	49,046	69,861

5.1.2.3. *DH Lagos Del Country*

Tabla 5.11. Volumen y porcentaje de pérdidas y consumos para el DH Lagos del Country

CONCEPTO	VOLUMEN ANUAL (m3)	% respecto al total suministrado	% respecto a las pérdidas	VOLUMEN ANUAL (con reducción a 20% pérdidas) (m3)	% respecto al total suministrado con disminución de 20% pérdidas
Volumen de Suministro o Producción	710,290.0	100%			
CONSUMOS					
Consumo medido autorizado (Micromedición)	51,195.0	7.21%			
Consumo no medido autorizado (Cuota Fija)	421,601.0	59%			
Subtotal consumo =	472,796.0	66.56%			
PERDIDAS					
Consumos no autorizados (usos clandestinos)	17,651.0	2.49%	7.43%	10,558	1.49%
Perdidas Potenciales (Fugas)	81,422.0	11.46%	34.28%	48,703	6.86%
Error en la Medicion	5,565.0	0.78%	2.34%	3,329	0.47%
Otros (error en la medicion, fugas no localizadas, usuarios clandestinos no considerados, derrames en tanques, volumen de almacenamiento de tanque, reparacion de tuberias, parques publicos, escuelas, errores de exactitud, errores por cuota fija)	132,856.0	18.70%		79,468	11.19%
			55.94%		
Subtotal pérdidas =	237,494	33.44%	100.00%	142,058.0	20.00%

Volumen a reducir a largo plazo = 95,436.00 m3
 Volumen anual de reduccion = 10,604.00 m3
 % anual de reduccion = 1.493%

Este Distrito tiene un porcentaje de pérdidas con respecto a la producción de 33.44% es decir 237,494m³ al año. Se pretende reducir hasta un 20% el porcentaje de pérdidas, es decir 142,058m³ al año. Para la reducción de esas pérdidas se recomienda completar al menos el 70% con Micromedición, ya que esta zona solo cuenta con el 7.27%, es importante efectuar un programa de calibración del parque de micromedidores, para ajustar los rangos al menos a un +-5% de error. Con esto será posible extrapolarlos a los de cuota fija, ya que se encuentran fuera de rango, porque si bien dentro de la base de datos del SIAPA los clasifica como nivel medio, algunos si alcanzan el consumo alto. Se recomienda evaluar las demandas y con esto la corrección del sistema tarifario. Los usos clandestinos representan el 2.44%, por lo que hay que continuar fija con la verificación de ellos. Por ultimo es importante completar el 100% de los trabajos de detección de fugas en tomas y red, recordemos que aquí solo se abarco el 18% en tomas y el 28% en red, se recomienda reparar al menos 2 fugas diariamente, con esto se obtendrá la recuperación de 3,635m³ anuales. Con el estudio se ha podido identificar que puede existir un mejoramiento en la eficiencia de un 33.4% a un 20% si se aplica el programa de recuperación de caudales y el ahorro esperado seria de:

$$237,494 - 142,058 = 95,436 \text{ m}^3$$

Si consideramos un periodo de 2006 al 2015, es decir 9 años, entonces el porcentaje anual que deberá disminuirse es del 1.493% o 10,640 m³/año en total. Si esto lo transformamos en ganancias monetarias, es decir, si el m³ de agua según el promedio en el país es de \$2.00, entonces existirá un ahorro de: \$ 190,872 para el año 2015. Lo que se puede traducir en \$21,208.0 por año de ahorro o \$1,767.33 mensuales. De tal manera que para el periodo del 2006 al 20015, el volumen de pérdidas quedara como se muestra a continuación:

Por lo tanto los volúmenes reales y los esperados a corto y mediano plazo son:

Tabla 5.12. Programa de Reducción de pérdidas a corto y mediano plazo para el DH Lagos del Country

AÑO	HAB	CONSUMO		Consumo doméstico Unitario (L/Hab/dia)	Sin reducción de pérdidas				Con reducción a 20% de pérdidas			
					PERDIDAS		Dotacion sin reducción		PERDIDAS		Dotacion con reducción a 20% pérdidas	
					M3/AÑO	L/DIA	M3/AÑO	L/DIA	L/hab/dia	M3/AÑO	M3/AÑO	L/DIA
2007	8,519	674,747	1,848,623	217	237,494	650,668	293	912,241	226,890	621,616	290	901,637
2008	8,720	690,668	1,892,240	217	237,494	650,668	292	928,162	216,286	592,564	285	906,954
2009	8,926	706,984	1,936,942	217	237,494	650,668	290	944,478	205,682	563,512	280	912,666
2010	9,136	723,617	1,982,512	217	237,494	650,668	288	961,111	195,078	534,460	276	918,695
2011	9,350	740,567	2,028,950	217	237,494	650,668	287	978,061	184,474	505,408	271	925,041
2012	9,568	757,833	2,076,256	217	237,494	650,668	285	995,327	173,870	476,356	267	931,703
2013	9,792	775,575	2,124,864	217	237,494	650,668	283	1,013,069	163,266	447,304	263	938,841
2014	10,020	793,634	2,174,340	217	237,494	650,668	282	1,031,128	152,662	418,252	259	946,296
2015	10,253	812,089	2,224,901	217	237,494	650,668	280	1,049,583	142,058	389,200	255	954,147

Corto Plazo (2010)

Volumen de pérdidas 2010 (sin reducción) = 961,111 m³

Volumen de pérdidas 2010 (con reducción) = 918,695 m³

Reducción = 42,416 m³ o \$84,832.0

Mediano Plazo (2015)

Volumen de pérdidas 2015 (sin reducción) = 1,049,583 m³

Volumen de pérdidas 2015 (con reducción) = 954,147 m³

Reducción = 95,436 m³ o \$190,872

La dotación en el 2015 bajó de 395 a 390L/hab/día como se puede ver en la Figura 5.4.

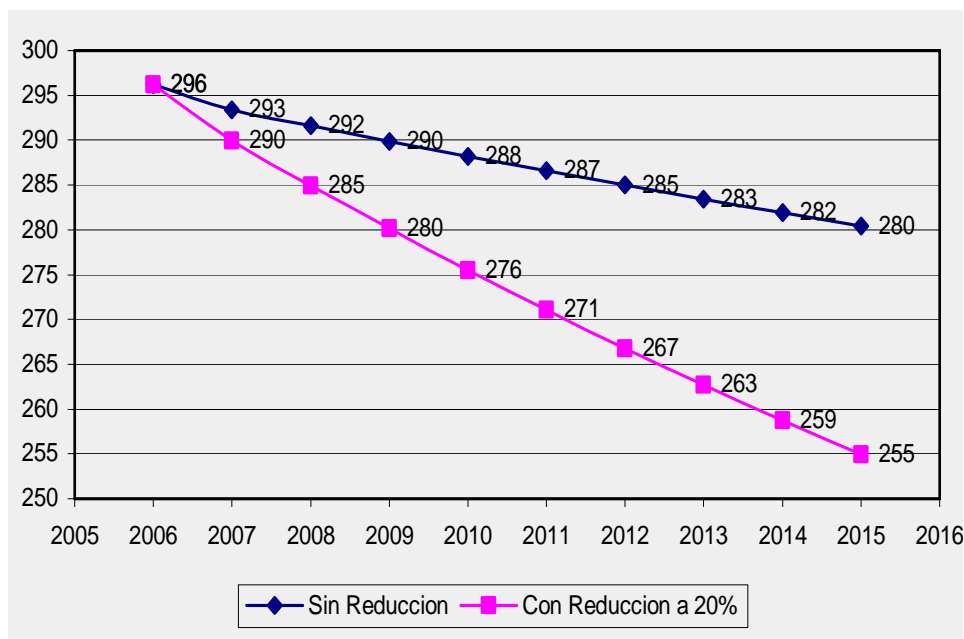


Figura 5.4. Reducción en la dotación con el programa de pérdidas

Las acciones de reducción de pérdidas en un 20% en el DH Lagos del Country se verán reflejadas en cada concepto de pérdidas como sigue:

Tabla 5.13. Volúmenes anuales obtenidos con el programa de reducción a 20% las pérdidas

AÑO	Consumos no autorizados (usos clandestinos)	Perdidas Potenciales (Fugas)	Error en la Medicion	Otros (error en la medicion, fugas no localizadas, usuarios clandestinos no considerados, derrames en tanques, volumen de almacenamiento de tanque, reparacion de tuberias, parques
	m3/año	m3/año	m3/año	m3/año
2006	17,651	106,250	5,565	108,028
2007	16,863	101,506	5,317	103,205
2008	16,075	96,762	5,068	98,381
2009	15,287	92,018	4,820	93,558
2010	14,499	87,274	4,571	88,734
2011	13,710	82,530	4,323	83,911
2012	12,922	77,786	4,074	79,088
2013	12,134	73,042	3,826	74,264
2014	11,346	68,298	3,577	69,441
2015	10,558	63,554	3,329	64,617

Tabla 5.14. Volúmenes anuales obtenidos con el programa de reducción a 20% las pérdidas

AÑO	Consumos no autorizados (usos clandestinos)	Perdidas Potenciales (Fugas)	Error en la Medicion	Otros (error en la medicion, fugas no localizadas, usuarios clandestinos no considerados, derrames en tanques, volumen de almacenamiento de tanque, reparacion de tuberias, parques publicos, escuelas, errores de
	m3/año	m3/año	m3/año	m3/año
2006	15,363	50,069	1,569	562,136
2007	14,267	46,497	1,457	522,031
2008	13,171	42,925	1,345	481,925
2009	12,075	39,353	1,233	441,820
2010	10,979	35,780	1,121	401,715
2011	9,883	32,208	1,009	361,610
2012	8,787	28,636	897	321,504
2013	7,691	25,064	785	281,399
2014	6,594	21,492	673	241,294
2015	5,498	17,920	562	201,189

5.2. ANALISIS DE LA SIMULACION PROSPECTIVA A CORTO (2010) Y MEDIANO PLAZO (2015)

Se analizarán las propuestas establecidas en la revisión hidráulica de los DH utilizando el modelo para un corto y mediano plazo. Como resultado de esta revisión, se harán las recomendaciones correspondientes sobre las necesidades del sistema.

5.2.1. DH Santa Fe

Se realizaron las proyecciones para el año 2010 y 2015 y así obtener las nuevas demandas con las poblaciones en estudio como se muestran en la tabla 5.15.

Tabla 5.15. Proyecciones del distrito

DH	COLONIA	HAB (2006)	HAB (2010)	HAB (2015)	CONSUMO (L/HAB/DIA)
		F = 4.1387			DOM
SANTA FE	AMP. OJO DE AGUA	58	65	73	130
	EL FAISAN	1672	1875	2110	130
	ING. AGUAYO	2918	3271	3681	130
	LOS PINOS	952	1067	1201	130
	SANTA CECILIA	2682	3007	3384	130
	SANTA FE	1535	1721	1937	130
	BUENOS AIRES	87	97	110	130
Total		9904	11104	12495	130

Se distribuyó la demanda en cada nodo, y se simuló para observar el comportamiento hidráulico, en las figuras siguientes se puede apreciar lo mencionado.

La demanda se vio incrementada por el aumento de la población, esto se puede apreciar en la Figura 5.5. El valor mayor encontrado en el modelo subió a 0.21 Lps, en consecuencia la presión disminuyó, registrándose en el mismo nodo una presión de 20.73mca comparado con el del 2006 de 21.48mca. En otros casos la disminución en la presión fue mayor hasta de 4mca, como en el caso del nodo 124 que bajo la presión de 36.27 a 32.16mca, aunque el aumento en la demanda en este nodo no era muy considerable (aumento de 0.02Lps).

En general la demanda base es mayor para los años proyectados, como consecuencia las presiones disminuyen, esto se puede observar en la Figura 5.5. En la Figura 5.6 y 5.7 se puede apreciar un rango de presiones disponibles aceptables para el año 2010 y 2015 para el distrito en estudio.

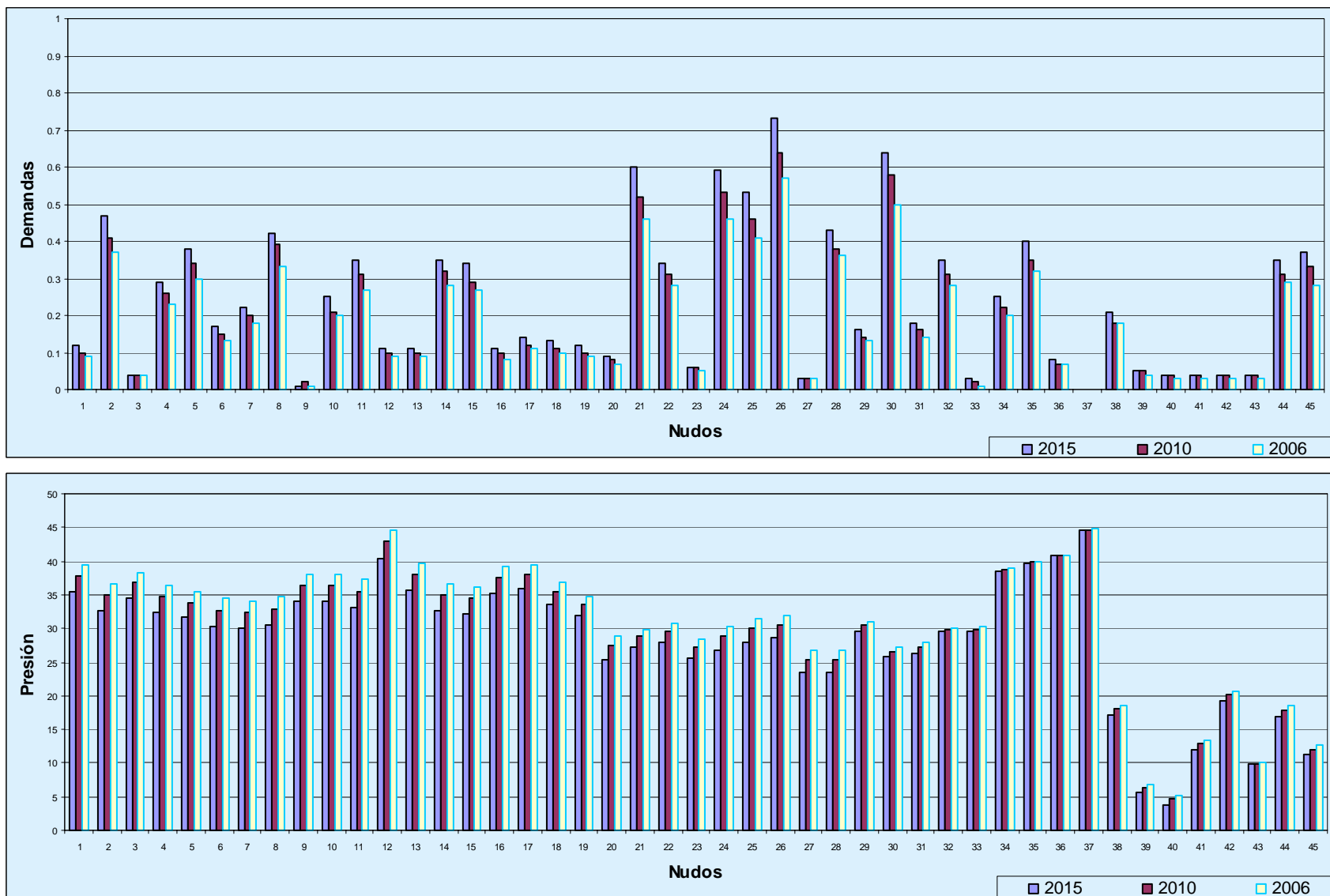


Figura 5.5. Variación en la presión y en la demanda para cada periodo en estudio

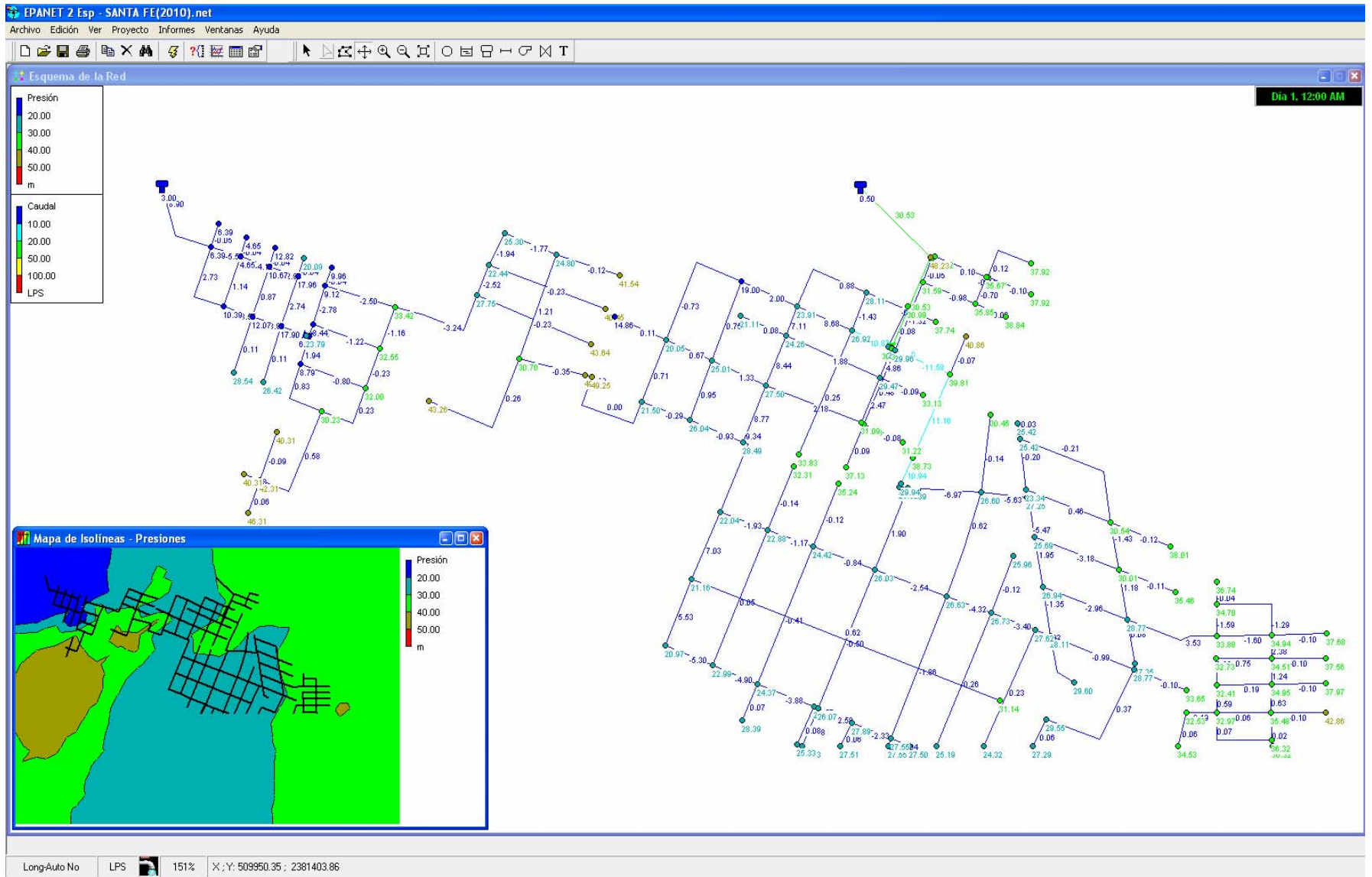


Figura 5.6. Simulación hidráulica en el año 2010.

Capítulo 5. Programa de reducción de pérdidas a corto y mediano plazo y su simulación prospectiva de la red

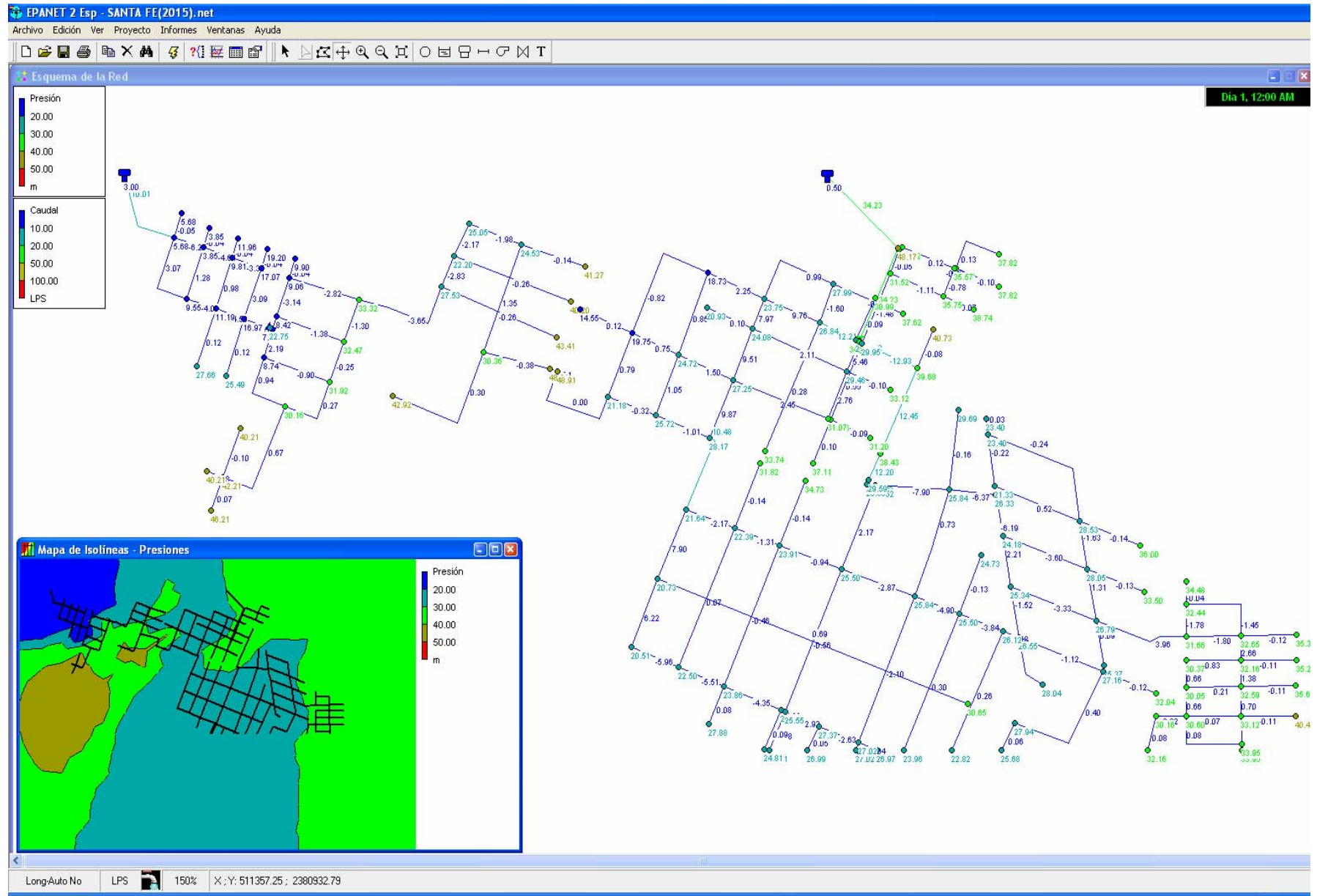


Figura 5.7. Simulación hidráulica en el año 2015.

5.2.2. DH San Juan

Para este distrito hidrométrico se realizaron las proyecciones de demanda con las poblaciones de proyecto de la Tabla 5.16.

Tabla 5.16. Proyecciones del distrito

CONSUMOS					
DH	COLONIA	HAB	HAB (2010)	HAB (2015)	CONSUMO (L/HAB/DIA)
		F = 4.1387			DOM
SAN JUAN	SAN ANGEL 50%	132	148	167	205
	SAN JUAN	3911	4385	4934	383
	TIO BALTAZAR	290	323	364	310
	VERSALLES	1337	1499	1687	310
Total		5670	6356	7152	302

De igual manera se distribuyó la demanda en cada nodo, y se simuló para observar el comportamiento hidráulico, en las graficas siguientes (Figura 5.8) se pueden observar rangos de demanda y presión aceptables para la red del distrito San Juan.

La demanda se vio incrementada gradualmente por el aumento de la población, el valor mayor de demanda encontrado en el modelo subió a 0.37Lps, en consecuencia la presión disminuyó. La disminución en la presión llego en algunos casos de 1.11mca, como en el caso del nodo 32 que bajo la presión de 44.88 a 44.39mca, y su aumento en la demanda de 1.11Lps.

Se puede observar en las siguientes gráficas (Ver Figura 5.8) como aumento ligeramente la demanda y como disminuyo la presión, pero aun así no fue mayor la variación comparándola con el DH anterior (Ver Figura 5.9, 5.10 y 5.11).

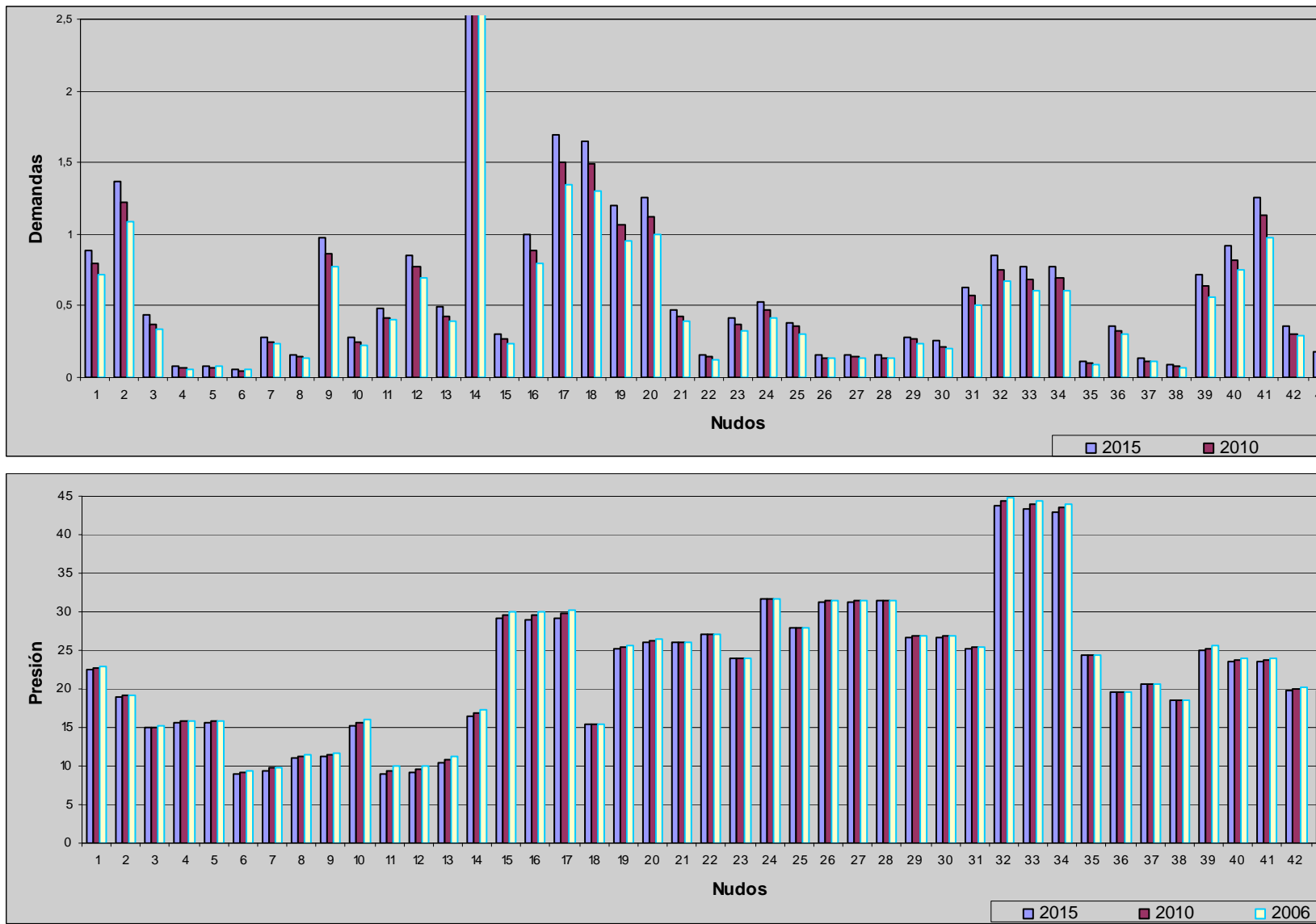


Figura 5.8. Variación en la presión y en la demanda para cada periodo en estudio

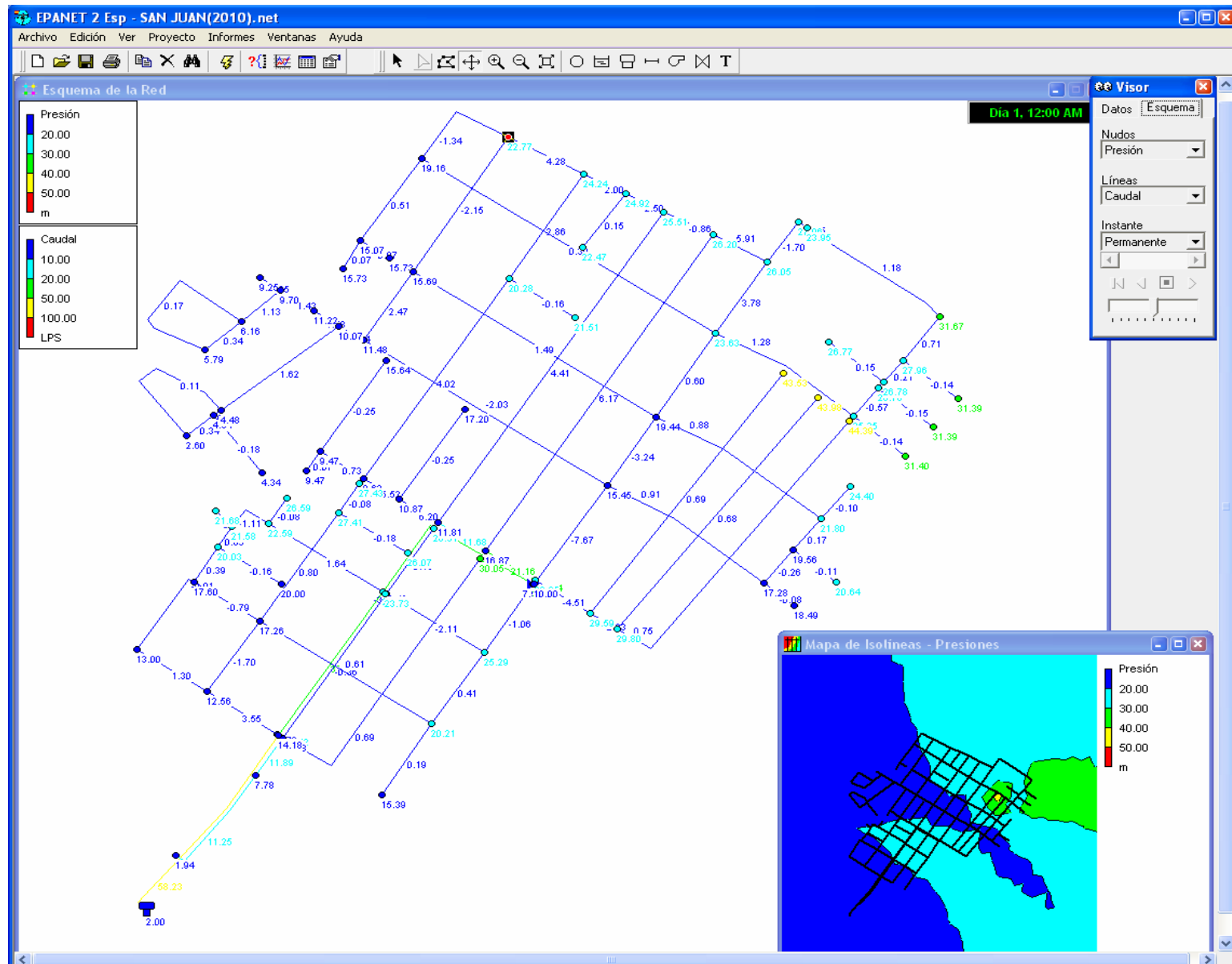


Figura 5.9. Simulación hidráulica en el año 2010.

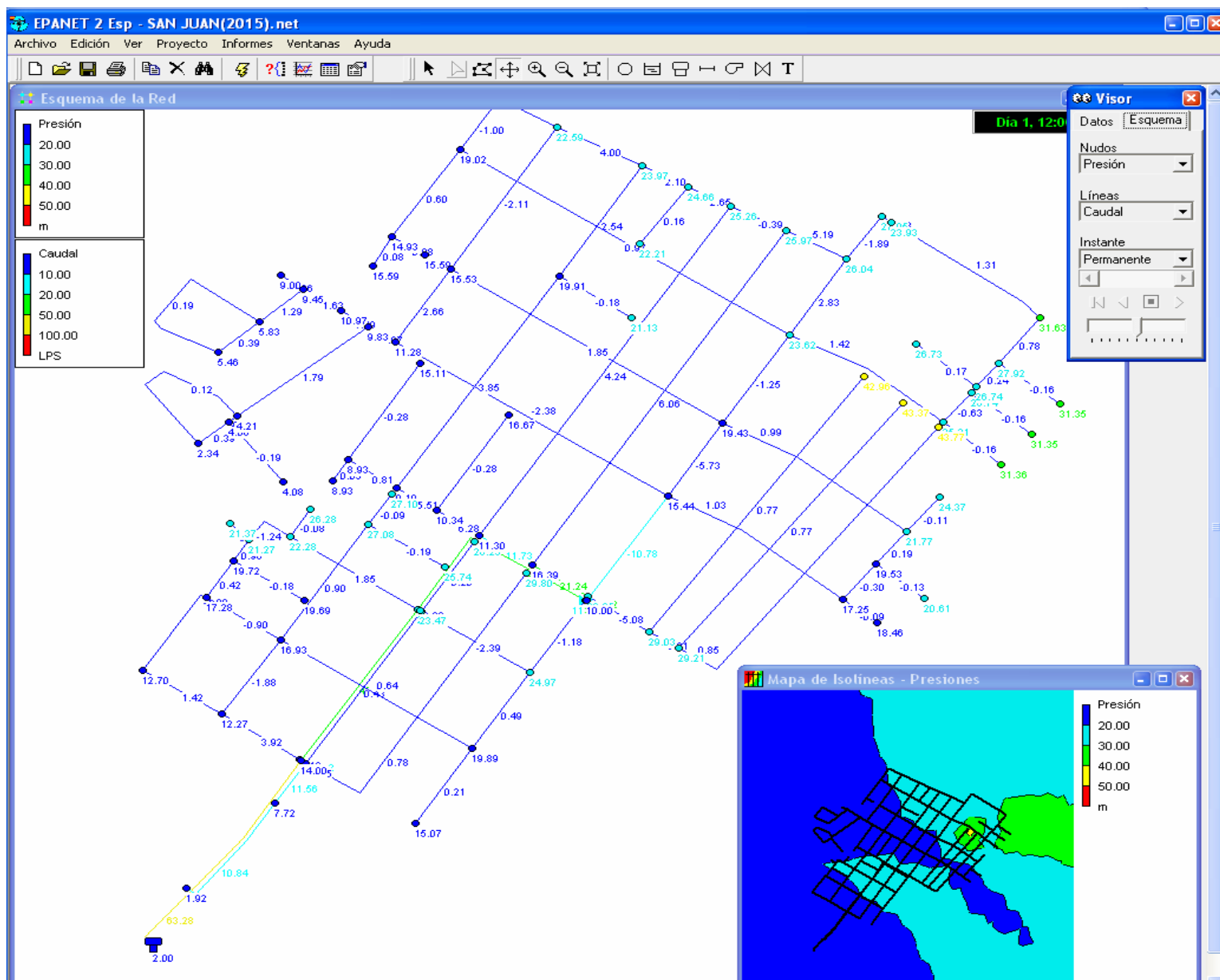


Figura 5.10. Simulación hidráulica en el año 2015.

5.2.3. DH Lagos del Country

Para este distrito hidrométrico se realizaron las proyecciones mostradas en la Tabla 5.17 siguiente, para los años mencionados.

Tabla 5.17. Proyecciones del distrito.

CONSUMOS					
DH	COLONIA	HAB	HAB (2010)	HAB (2015)	CONSUMO (L/HAB/DIA)
		F = 4.1387			DOM
LAGOS DEL COUNTRY	FOVISSTE LUIS DONALDO COLOSIO	3617	4055	4564	130
	VALLE DEL COUNTRY	2520	2826	3180	130
	LAGOS DEL COUNTRY	2073	2325	2616	390

De igual manera la demanda se vio incrementada por el aumento de la población, como se puede ver en las gráficas de la Figura 5.11, el valor mayor de demanda encontrado en el modelo subió 0.43Lps, en consecuencia la presión disminuyó. La disminución en la presión llegó en algunos casos de 6.82mca, como en el caso del nodo 82 que bajo la presión de 15.98 a 9.16mca, y su aumento en la demanda de 0.03Lps.

Las simulaciones muestran cargas disponibles suficientes para la red en general a pesar de que las demandas se vieron incrementadas (Ver Figura 5.12 y 5.13).

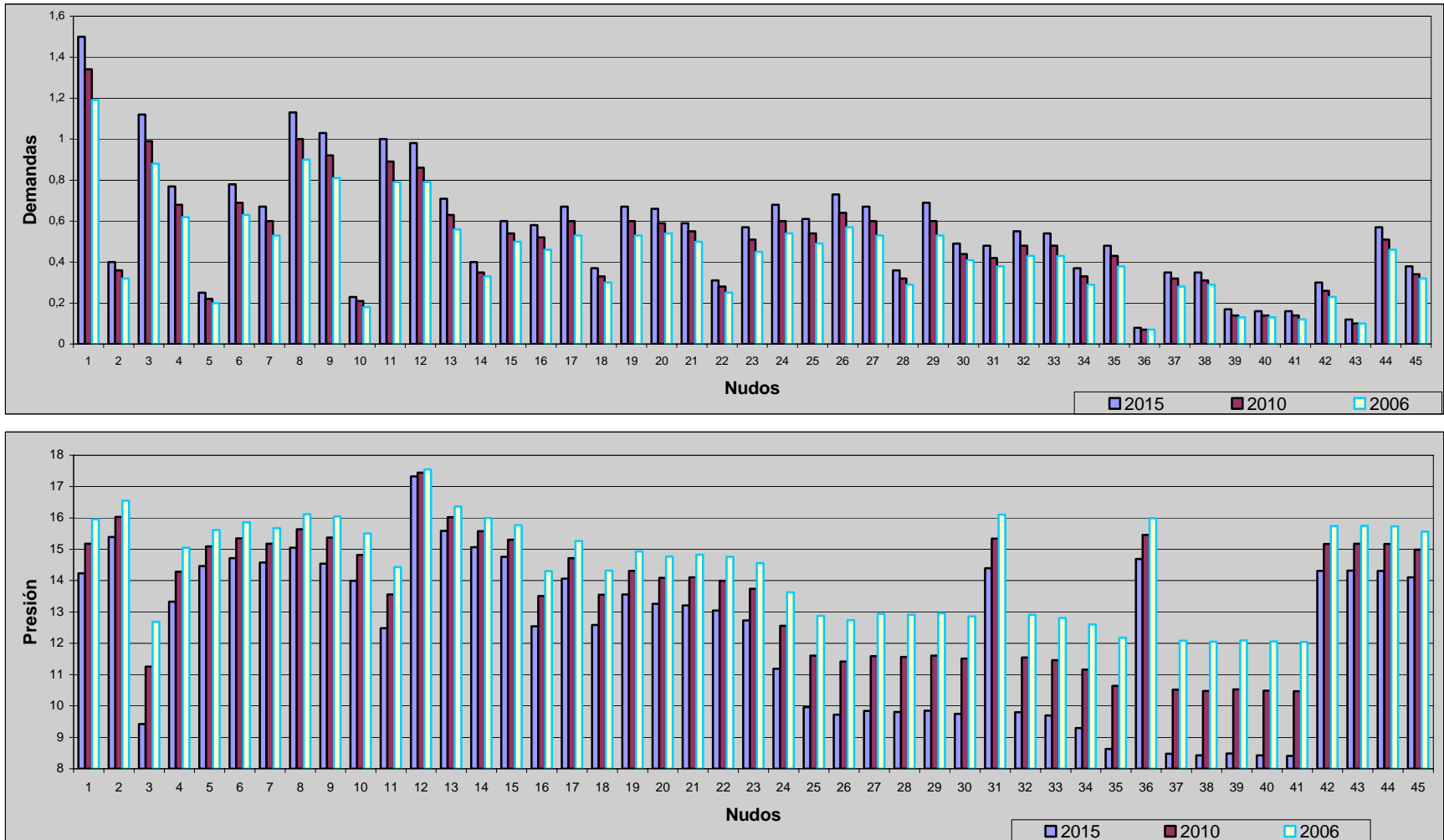


Figura 5.11. Variación en la presión y en la demanda para cada periodo en estudio

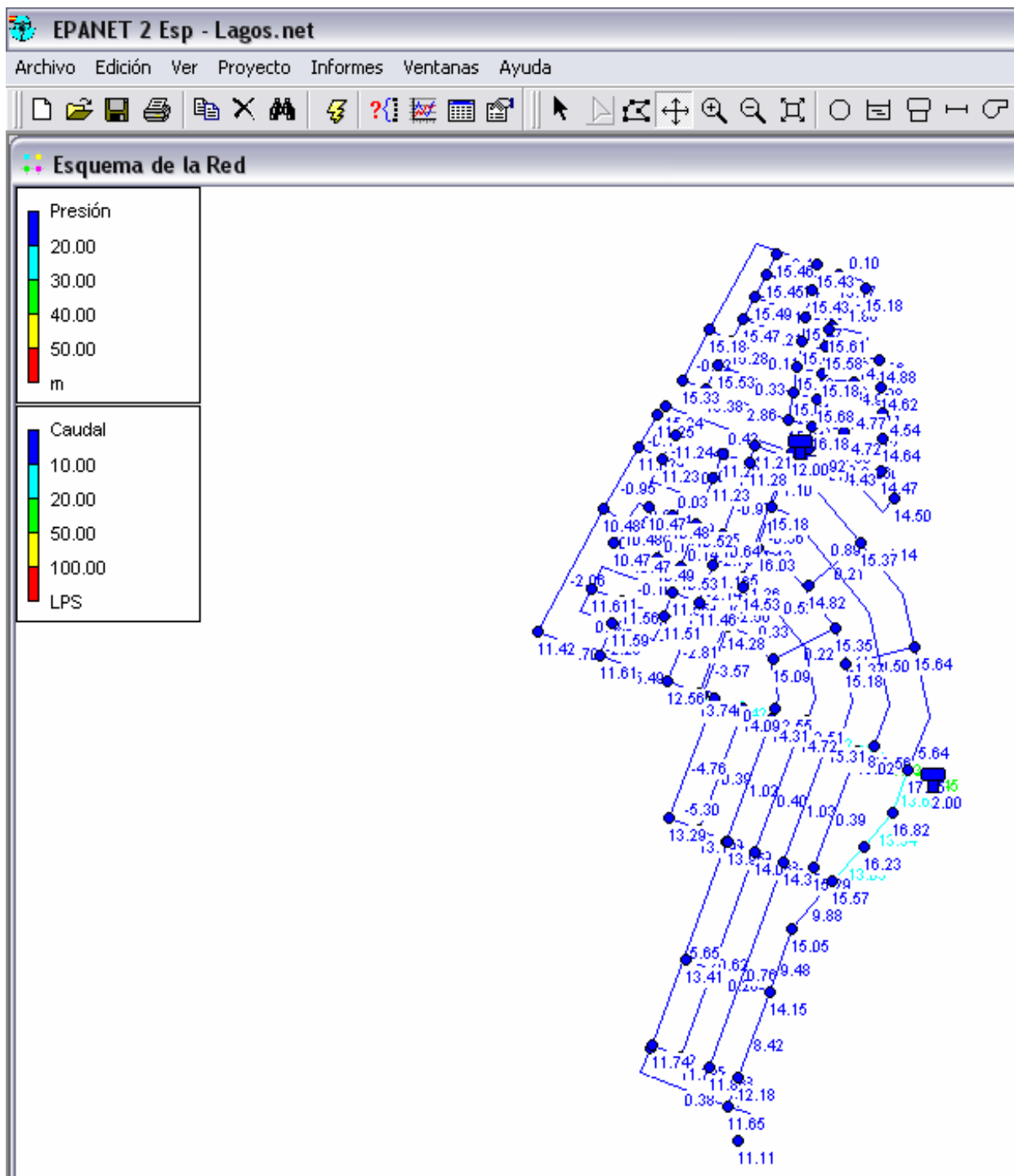


Figura 5.12. Simulación hidráulica en el año 2010.

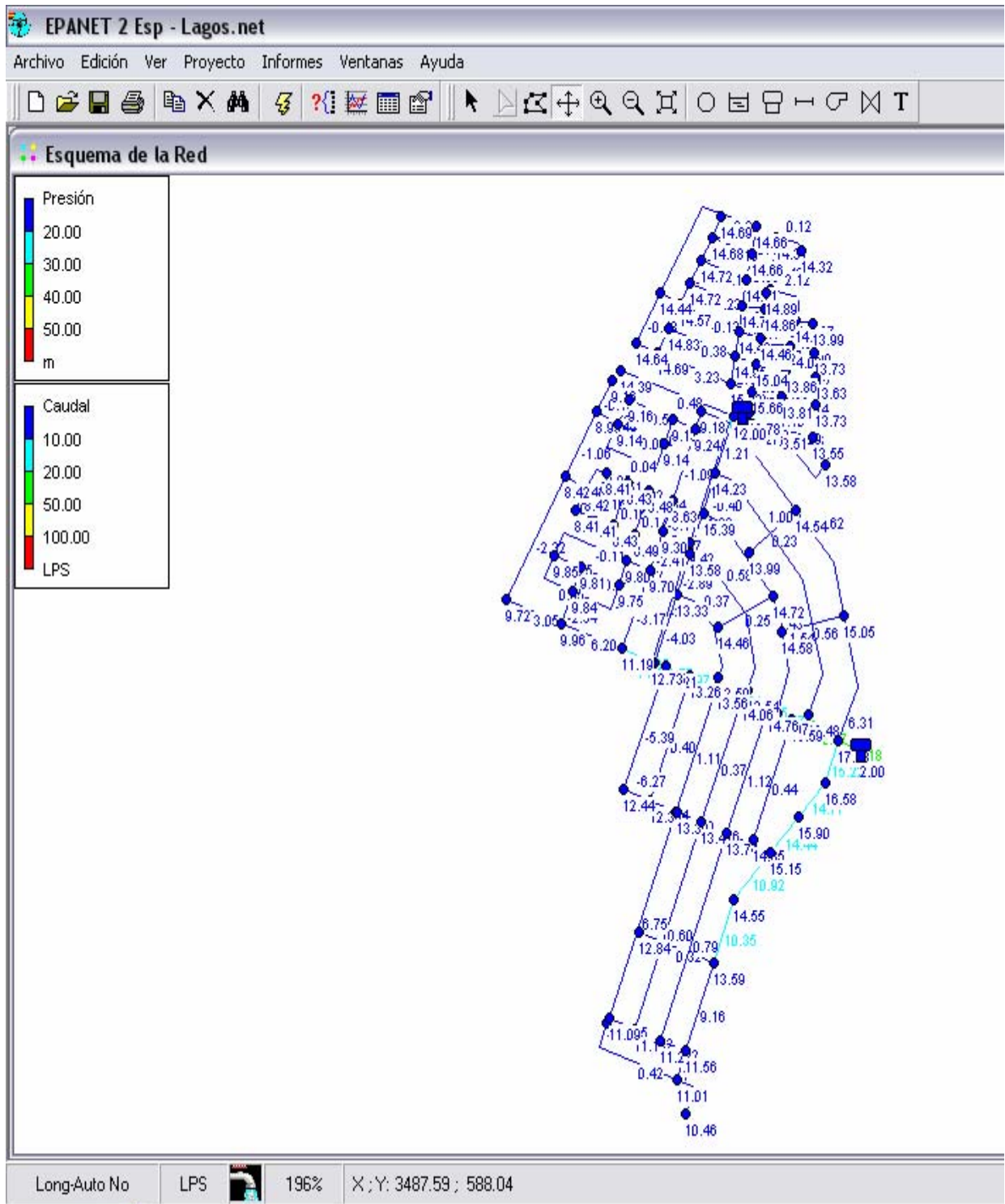


Figura 5.13. Simulación hidráulica en el año 2015.

CAPITULO 6. CONCLUSIONES

Actualmente existe un rezago en el Estado de Nayarit en materia uso eficiente del agua. En Tepic el suministro de agua no se hace con la suficiente calidad y cantidad. Existe un fuerte crecimiento de la demanda de los servicios y hay un índice bajo de Micromedición (solo el 3.2% de las 90mil tomas). Se registra sobreexplotación de los pozos (volumen de captación de 1700 L/s, es decir 512L/hab/día, mayor a los 250L/hab/día que marca el Manual de CNA 2000).

La antigüedad de las redes ha generado pérdidas físicas en el sistema (43% estimado de fugas). No hay programas de sectorización y como consecuencia la falta de estudios que indiquen el problema en la eficiencia del sistema. La operación es ineficiente por lo que generan un desequilibrio en la calidad y cantidad del servicio y bombeos excesivos o tandeos con suministro limitados.

Los problemas repercuten, en la eficiencia física del sistema. La zonas que se estudiaron representan de prioridad debido a su alto índice de demandas en el consumo y de pérdidas en el sistema. En los distritos en estudio existen los tres estratos socioeconómicos (bajo, medio y alto) así como zonas comerciales significativas de la ciudad (San Juan). Las presiones encontradas son represen las diferentes zonas de la ciudad, teniéndose presiones altas en algunas colonias (Santa Fe) y bajas o nulas (Lagos del Country) en otras, de tal manera que los sectores son representativos de la problemática en la ciudad.

De acuerdo con el diagnóstico para localizar las pérdidas y sus posibles causas y los resultados de la revisión hidráulica de los DH; se hicieron propuestas para el mejoramiento de la red y la reducción de pérdidas mediante un programa de recuperación de caudales. Se hacen las conclusiones y recomendaciones siguientes:

▪ *DH Santa Fe*

a) Conclusiones

Los resultados del balance indican que las pérdidas se deben en su mayoría a fugas, es decir se pierden 301,127m³ anuales. Recordando que en los trabajos de detección tanto en tomas como en red solo se abarco el 41% del sistema.

Existen irregularidades en la base de datos del organismo referentes al padrón de usuarios y al registro por Micromedición ya que no hay concordancia con el parque de medidores real y el registrado en el organismo.

Los registros de Micromedición no son confiables ya sea por el mal funcionamiento de los aparatos que fueron detectados (de los 50 revisados 20 no servían) y otra por la falta de un registro completo por parte de las cuadrillas de supervisión de consumos mensuales, se encontraron desfases en las fechas de registro.

Existe también un porcentaje alto en aquellas “Otras” pérdidas, como son los de riego en parques, limpieza de tuberías, almacenamiento en tanques, y fugas (22.42% del volumen producido en un año o 67,000m³) que no son cuantificadas.

El sistema tarifario tiene deficiencias: los usuarios de cuota fija son clasificados de acuerdo a su estrato socioeconómico, y los comerciales de acuerdo a su servicio brindado, pero no se tiene ningún dato de consumo en m³ asignado para tarifa fija, de igual forma algunos usuarios comerciales de cuota fija, se encuentran clasificados de manera uniforme; por ejemplo, los que tiene considerados como tarifa 3A se clasifican considerando que su consumo es similar.

b) Recomendaciones:

Debido a estas irregularidades encontradas en el balance se han elaborado las siguientes propuestas: se recomienda primero aplicar Micromedición a la mayor población posible (al menos el 70%) para así contar con datos mas reales y confiables. En el sistema tarifario, se proponen establecer el sistema de cuotas de acuerdo al tipo de servicio en el caso de medidores comerciales y en el caso de doméstico verificar el tipo de tarifa que le corresponde a cada usuario, así también asignarle un valor de consumo en función de los que si se tienen Micromedición y revisar con los estándares de la CNA.

Es también importante llevar un control de los Micromedidores en el sector y verificar las fechas de registro, se recomienda calibrarlos, ya que tienen rangos de sobremedición del 5% y en otros casos no funcionan los aparatos, por lo que es necesaria la revisión y calibración periódica de los aparatos.

En cuanto a los usuarios clandestinos hay que regularizarlos, al menos 4 usuarios por año.

También durante la revisión hidráulica de la red de agua potable del sector se pudo observar en el modelo que existen presiones altas (52mca en Col. Sta. Fe) y en otras con ausencia de caudal (Col Buenos Aires), por lo que se proponen algunas acciones; en la línea de salida del tanque Buenos Aires resulta conveniente cambiar el diámetro de cuatro a seis pulgadas y limitar su área de influencia cerrando un tramo para darle mejor funcionalidad a esa zona. Para disminuir las presiones por el nivel topográfico se propuso colocar dos válvulas reguladoras de presión, de esta manera se tiene mejor distribución en la red y presiones disponibles aceptables en el sistema.

Estas acciones combinadas con el programa de recuperación de caudales a corto y mediano plazo resultan convenientes en el distrito. Aplicando estos conceptos es posible reducir a 20% las pérdidas en un periodo de 9 años, (3.52% anual o 37,588m³ anuales de pérdidas de agua eliminadas). Así la dotación quedara reducida a 177L/hab/día, por debajo de lo 252 L/hab/día actuales.

▪ ***DH San Juan***

a) Conclusiones

De acuerdo al balance se tiene un porcentaje de pérdidas del 26.87%, en su mayoría por fugas (9.27% o 105,721m³ anuales) seguidas por error en la Micromedición (5.77% o 65,848m³ anuales). Tiene una cobertura del 80% de Micromedición sin embargo han resultado errores en el aparato por sobremedición de hasta el 20% en la colonia San Juan y 16% en la Versalles, al ajustar los valores se encontró que el consumo por habitante era de 383L/hab/día arriba del estimado en la tarifa fija (300L/hab/día), por lo que el sistema de cuotas contiene errores en su aplicación del consumo.

Los usuarios clandestinos representan un problema contable; 228 habitantes sin registrar.

Las pérdidas por fugas si bien se ha tratado de cubrir un área importante (55% de las tomas y 77% de la red) se han identificado 105,721m³ no registrados anualmente, esto equivaldría al consumo de 965 habitantes de consumo alto o 2,228 habitantes de consumo bajo.

b) Recomendaciones

Se propone la recuperación de caudales de igual manera en un periodo de corto (2010) y mediano plazo (2015) para bajar las perdidas a un mínimo de 20%, es decir, un ahorro de al menos 78,141m³, o 8,262m³ anuales, esto se traduce en \$17,364.6 recuperados por año.

Las actividades abarcan desde la continuación de los trabajos de detección de fugas, el ajuste principalmente por el error en la Micromedición mediante programas de calibración y el correcto registro de los consumos para así proponer su extrapolación hacia los no medidos, esta es una actividad prioritaria ya que es aquí donde las pérdidas se ven concentradas.

Es necesario realizar un ajuste del sistema tarifario, y actualizar del catastro de la red. Los consumos se pueden basar en los obtenidos del análisis: Col. San Juan 38L/hab/día, Tío Baltasar y Versalles 310L/hab/día y Colonia San Angel 205L/hab/día.

Durante la revisión hidráulica de la red se localizaron presiones bajas en la colonia Versalles y altas en la colonia San Juan; por lo que se necesita regular la zona mediante válvulas ajustadas a un caudal aceptable, de esta manera se logra un mejor funcionamiento hidráulico. En las simulaciones prospectivas se puede ver como existe un incremento en la demanda pero sin afectar las presiones disponibles por lo que en esos periodos de análisis el sistema de agua potable funciona de manera eficiente y con un sistema controlado a gravedad.

▪ DH Lagos del Country

a) Conclusiones

Existe un porcentaje promedio de pérdidas en este distrito de 33.44%, donde el 11.46% de ellas se concentran en fugas y un 2.49% en tomas clandestinas. Se tiene un porcentaje muy bajo de Micromedición (7.27%) lo que no ayuda a su extrapolación hacia los demás usuarios de nivel medio, se encontró que el parque de medidores evaluados presentaban errores por encima del 11% en la colonia Lagos del country y del 19% en Fovissste Colosio, el sistema tarifario tampoco resulta fiable debido a su homogeneidad en la zona, siendo algunas de nivel alto y no medio como lo marca la base de datos. Por otro lado las pérdidas por fugas resultan del orden de los 81,422m³ anuales, pero aquí solo representa el 18% de las tomas y el 28% de la red.

b) Recomendaciones

Dentro de las propuestas de mejoramiento están la instalación de al menos el 70% tomas con Micromedición, el ajuste de los errores de sobremedición y con base en esto el ajuste tarifario en el sector, resulta conveniente revisar los periodos de registro de la gente que supervisa los consumos de micromedición y establecer fechas programadas para evitar el error por desfasamiento. Realizando estas actividades es posible reducir al 20% las pérdidas en la zona, es decir bajar de 237,494m³ anuales a 142,058m³ para el año 2015 y así obtener un ahorro de \$190,872 para ese año.

En cuanto a la revisión hidráulica de la red de agua potable del DH se encontraron presiones bajas (0 a 12mca) en las tres colonias que la conforman. Las propuestas consisten en el cierre de algunas líneas para mejorar la distribución y un tanque para aumentar la presión en la zona baja de la colonia Lagos del Country. Al evaluarse en los periodos de análisis 2010 y 2015 se puede ver que las cargas hidráulicas y las demandas son suficientes aplicando esas propuestas. Se recomienda aquí como en los demás distritos de la ciudad evitar lo mayor posible los bombeos directos a la red y algunas actividades de operación como los tandeos.

Es importante mencionar que mediante este estudio, la autora de la presente tesis tuvo la oportunidad de dirigir el proyecto de sectorización encomendado a través del Organismo Operador de Agua Potable de Tepic (SIAPA). Por lo cual las áreas de participación en el proyecto y en el estudio de tesis, abarcan la dirección y coordinación de todas las etapas de trabajo mencionadas en la presente tesis.

Asimismo la tesis ha generado el interés en el Organismo Operador de Tepic (SIAPA), para la continuación y aplicación de este tipo de estudios hacia el resto de la población. Actualmente este estudio de tesis se está aplicando y supervisando como prueba piloto para el mejoramiento de la operación y la calidad del servicio de agua potable brindado a la población.

Referencias

- Arreguín C. (2000). Uso eficiente del agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, CNA. (<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind48/uso/uso.html>)
- Barrón M., Patrón S., Fonseca M., Cuevas G., Rosales M., Ibarra D., (2000). Enciclopedia de los Municipios de Mexico, Tomo II Los municipios de Nayarit. Gobierno del Estado de Nayarit.
- Garduño, V. (1991). Uso eficiente del agua: un enfoque multidimensional. (http://www.unesco.org/uy/phi/libros/uso_eficiente/introd.html).
- INEGI, (2000). Estadísticas Sociodemográficas, Tepic. (<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=mviv22&c=4236&e=18>)
- Ochoa A., Bourguett O. (2001). Reducción Integral de pérdidas de Agua potable. IMTA. SEMARNAT.
- Tate M. (1991). Principios del uso eficiente del Agua. Capítulo 2. (http://www.unesco.org/uy/phi/libros/uso_eficiente/cap2.html)

Bibliografía

- Aparicio F. J., (2001). Fundamentos de Hidrología de superficie. Editorial Limusa noriega editores. Mexico DF. PP-303
- Arreguín, C. (1994). Uso eficiente del agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, CNA. (http://www.unesco.org/uy/phi/libros/uso_eficiente/cap3.html)
- Campos A., (1998). Procesos del ciclo hidrológico. Tercera reimpresión. Universidad Autónoma de S.L.P., Facultad de Ingeniería. México.
- CEPIS, (1993). REPINDEX 48: Control de Pérdidas y Uso eficiente del Agua. ISSN:0252-7987 (<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/repindex/repindex048.html>)
- CNA, (2004). SUBDIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA URBANA. Evaluación de resultados del Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (A P A Z U). Informe final, marzo, 2004
M É X I C O.
- CNA-IMTA, (1989). Metodología de determinación de consumos. Coordinación de Tecnología Hidráulica Urbano Industrial. Subcoordinación del Programa Nacional de Control

de Pérdidas y Uso Eficiente del Agua en Ciudades. Acuerdo de Cooperación Técnica SARH-OPS. Febrero de 1989.

Feliciano G. D., (2005). Tesis de Maestría “Análisis y Caracterización Estocástica del consumo de Agua Potable en viviendas de Culiacán, Sinaloa”,

Fuentes M., Sanchez B., (1997). Método para calcular Redes en tubos y su empleo para detectar fugas en ellas. Series del Instituto de Ingenieria. D-41. Octubre de 1997. ISSN 0185-5735. Instituto de Ingenieria de la UNAM. PP.24.

Macromedición. Manual DTIAPA No. C-9. CEPIS, Programa de Protección de la Salud Ambiental HPE. República Peruana, Banco Interamericano de desarrollo, OPS, OMS. Jose Augusto Hueb-CEPIS. Bento GOnzaga Cesar Filho- CETESB- Brasil. Francisco Javier Rodríguez Avila – DGCOH/DDF-Mexico. Lima febrero (1985). Pp 463.

Manual de Agua Potable y Saneamiento (MAPAS) Ver. 2000.

Manual del usuario EPANET 2.0 en Español, Análisis Hidráulico y de Calidad en Redes de distribución de Agua. Universidad Politécnica de Valencia, Octubre 2002.

Normas de proyecto para obras de aprovisionamiento de agua potable en localidades urbana de la República Mexicana. Facultad de Ingenieria. Mexico Df, (1979). UNAM. PP 22

Ochoa L., et al, (2000). Impacto de la Micromedición en Guaymas, sonora (México). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
(http://www.unesco.org/uy/phi/libros/uso_eficiente/ochoa.html)

Ochoa L., Bourguett V., (2001). Reducción Integral de Pérdidas de Agua Potable. SEMARNAT, IMTA. Mexico 2001. PP-278

OPS, (1990). Conferencia Regional sobre abastecimiento de Agua y Saneamiento. Evaluación del decenio Internacional del Abastecimiento de Agua potable y del Saneamiento. 1981-1990 y Proyecciones hacia el año 2000. Puerto Rico, 4-6 de septiembre de 1990. Uso eficiente y Optimización de los Servicios de Agua Potable.
(<http://www.cepis.org.pe/bvsacg/fulltext/usoeficien.pdf>)

Saavedra S. (2000). MEDICION DEL AGUA EN LAS CIUDADES MEXICANAS: UN ESFUERZO INSTITUCIONAL. Comisión Nacional del Agua
(<http://www.cepis.org.pe/bvsacg/fulltext/medicion.pdf>)
(<http://www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/Programas/evaluacion/Evaluación%20programa%20agua%20potable%20y%20saneamiento%20zonas%20urbanas.pdf>)

Sotelo G., (2001). Hidráulica General. Volumen 1- Fundamentos. Mexico DF.. PP-561.

Valdez E., (1994). Abastecimiento de agua potable, Volumen 1. UNAM. Facultad de Ingenieria, Departamento de Ingenieria Sanitaria. Division de Ingenieria civil, topográfica y Geodésica. Mexico DF. PP-257

Walski, Ph.D., P.E. Donald V. Chase, Ph.D., P.E. , Dragan A. Savic, Ph.D, C. Eng., (2001) Water distribution Modelling. First edition. Haestad Methods. Thomas M... Haestad Press, Haestad Methods. U.S.A. PP-413.

WaterGy, (2003). Alliance to Save Energy International Programs.
(<http://www.watergy.org/resources/publications/Watergy-Spanish.pdf>)

Ways L., (2002). Manual de Sistemas de distribución de agua. Mc Graw Hill. Interamericana de España, 2002.