



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

**Facultad de Ingeniería
Coordinación de Investigación y Posgrado**



**“Evaluación Técnica del Distrito Hidrométrico DH02-L12C,
Red de Distribución de agua potable, Tuxtla Gutiérrez,
Chiapas”**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
Maestría en Ingeniería con formación en Hidráulica

PRESENTA:
ING. SANDRA GARCÍA GONZÁLEZ C051033

DIRECTOR DE TESIS
DR. HUMBERTO MIGUEL SANSEBASTIÁN GARCÍA

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS; MAYO 2021.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA C-I



Tuxtla Gutiérrez; Chiapas.
A 31 de mayo del 2021
Oficio. FI. 01/720/2021

C. Sandra García González
Maestría en Ingeniería con formación en Hidráulica
Presente.

Por este medio comunico a usted, que se autoriza la impresión de su trabajo de tesis denominado: "Evaluación Técnica del Distrito Hidrométrico DH02-L12C, Red de Distribución de agua potable, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas", para que pueda continuar con los trámites de titulación para la obtención del Grado de la Maestría en Ingeniería con formación en Hidráulica.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente.
"Por la conciencia de la necesidad de servir"

Dr. José Alonso Figueroa Gallegos
Encargado de Dirección



DIRECCIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c. p. Dra. Daisy Escobar Castillejos, Coordinadora de Investigación y Posgrado, - F.I.
Archivo Minutario.
JAFG/DEC/lcpjg*



Código: FO-113-09-05

Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Sandra García González
Autor (a) de la tesis bajo el título de "Evaluación Técnica del Distrito Hidrométrico OH02-42C, Red de Distribución de agua potable, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas,"
presentada y aprobada en el año 20 21 como requisito para obtener el título o grado de Maestría en Ingeniería en formación en Hidráulica, autorizo a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), a que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para que contribuya a la divulgación del conocimiento científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional del Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 07 días del mes de September del año 20 21.

Sandra García González
Nombre y firma del Tesista o Tesistas

INDICE

DEDICATORIAS	4
AGRADECIMIENTOS	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.....	8
1.1 Planteamiento del Problema.....	8
1.2 Justificación.....	9
1.3 Objetivos.....	10
1.4 Hipótesis.....	11
1.5 Metodología.....	11
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES.....	14
2.1 Medio Físico.....	14
2.2 Características Demográficas.....	28
2.3 Actividades económicas.....	34
2.4 Servicios públicos.....	36
CAPÍTULO 3. CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DE UNA RED DE AGUA POTABLE.....	38
3.1 Componentes del sistema de distribución de agua potable.....	39
3.2 Pérdidas de agua potable y reducción de pérdidas.....	49
3.3 Sectorización de redes para facilitar la reducción de pérdidas.....	54
3.4 Macromedición y micromedición.....	61
3.5 Modelación hidráulica.....	62
CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL DH02-L12C.....	67
4.1 Diagnóstico de la situación actual del distrito DH02-L12C.....	67
4.2 Evaluación Hidráulica del DH02-L12C.....	87
4.3 Plan de mejora.....	115
Conclusiones.....	117
REFERENCIAS	119
ANEXOS.....	121

DEDICATORIAS

A DIOS

*El dador de vida, que me permite estar y
llegar a este momento, siempre bendecida.*

A LAS PERSONAS QUE AMO

*Por acompañarme en este viaje llamado
VIDA, acompañarme de manera incondicional,
son motor, son causa y efecto, son todo. Con
especial cariño a mi amada hija Constanza
Palacios García.*

A MIS MAESTROS

*Generadores e impulsores del conocimiento,
por el acompañamiento en este trayecto
profesional, sin ustedes no podríamos lograrlo.*

Ing. Sandra García González

AGRADECIMIENTOS

A nuestra tan querida y apreciada casa de estudios, Universidad Autónoma de Chiapas, por brindarnos cobijo cuando decidimos iniciar una carrera profesional, por darnos por medio de los catedráticos de la Facultad de Ingeniería, los conocimientos para lograr nuestro objetivo. Por cubrirnos de lógica y sentido común.

Al Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, que me ha permitido formar parte de su equipo de trabajo por 9 años, impulsor del deseo de actualización en temas relacionados al agua potable para beneficio de los usuarios del Organismo, por permitir recopilar y generar información para este trabajo que hoy veo finalizado.

Dr. Humberto Miguel Sansebastián García, M.I. Juan José Muciño Porras y a mis maestros por todas las enseñanzas a lo largo del camino universitario, quienes han colaborado en la conclusión de este proyecto, por su profesionalismo y dedicación, muchas gracias.

Ing. Sandra García González

INTRODUCCIÓN

Este tratado sobre la evaluación técnica del DH02-L12C (Distrito Hidrométrico 02 de la Línea de 12" de diámetro zona Centro), está dirigido a todos aquellos interesados en conocer sobre los temas relacionados al agua potable. Es un medio que nos permite conocer las características y comportamiento de una red de agua potable en operación, sus fortalezas, debilidades, tener la capacidad de analizarlas y proponer acciones para mejorar las condiciones de operación.

Aportando al conocimiento de la hidráulica para los Organismo Operadores, con trabajos de campo y gabinete ejecutados en el DH02-L12C, pudiendo ser aplicados a otras zonas de la ciudad u otras.

Comprende de 4 capítulos. En el Capítulo I "Generalidades", se describen las causas y origen del porque realizar este proyecto de investigación y a donde queremos llegar.

En el Capítulo II "Antecedentes", de dan a conocer las características físicas, medio ambientales, demográficas de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, que nos permitirán poner en contexto sobre la importancia del suministro de agua potable con eficiencia a la ciudad capital del Estado de Chiapas.

En el Capítulo III "Características y componentes de una red de agua potable", se conocen los elementos que conforman una red de agua potable según lo indicado en el Manual de Agua

Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Conagua, así como, algunas de las características importantes que se presentan y se derivan de estas.

En el Capítulo IV "Evaluación Técnica del DH02-L12C", se analiza el DH02-L12C, su estatus actual a través del análisis de la información recabada en campo y su análisis en gabinete. Se realiza la revisión hidráulica por medio de la modelación (flujo permanente), con el software EPANET 2.0 vE; así como, balances de agua propuesto por la IWA (Asociación Internacional del Agua) y de los resultados que se generen, permitirán proponer un plan para mejorar las condiciones operativas y aumento de la eficiencia en la red de distribución del DH02-L12C.

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.

1.1 Planteamiento del Problema.

En el año 2019, el Organismo Operador obtiene un indicador de eficiencia física del 35%, el cual, por diferencia, existe un 65% de agua que se pierde en el proceso desde las captaciones, hasta el destino final que son los usuarios. Dichas pérdidas de agua en su mayoría se presentan en forma de pérdidas aparentes (consumos no autorizados e imprecisiones de medida) y reales (fugas en conducción, distribución, almacenaje, tomas domiciliarias)

Las pérdidas reales se originan por muchas causas como:

- Deficiente control de las presiones en la red.
- Antigüedad de la infraestructura hidráulica del Organismo.
- Reducido mantenimiento preventivo.
- Mala calidad de los materiales.
- Deficientes procesos constructivos en algunos de los casos.

Lo anterior, genera que el abasto de agua potable se realice de manera tandeada, y con el paso del tiempo se prolongue más los días sin servicio y se reduzca el número de horas de suministro a la población de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

En América Latina, el 45% del agua se pierde antes de llegar al cliente. Esta agua no contabilizada, no genera ingresos a las empresas dedicadas a este rubro y, además, significa un gran gasto energético. Respecto a esta temática, las empresas consumen alrededor de un 4% de la

energía total producida en el mundo, pero el 80% de esta corresponde a las pérdidas de agua que ocurren entre la planta potabilizadora y un grifo (Rojas, 2017)

La deficiencia en la producción y distribución de Agua Potable genera el descontento en la ciudadanía por la falta de suministro del preciado líquido, ello, por las condiciones precarias de la infraestructura, equipos de bombeo y potabilización, ocasionado por la falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo, afectando con ello, las líneas de distribución, que se encuentran con un deterioro en un 30%. Se genera aproximadamente el 40% de desperdicio de agua, debido a fugas en las redes de distribución, falta de medidores y por tomas clandestinas. Lo anterior ha llevado a reprogramar el servicio de agua potable por tandeo, en algunas zonas de nuestra ciudad, suministrando el servicio, por lo menos dos veces por semana (Congreso, 2019)

1.2 Justificación.

Mediante la evaluación técnica del estado actual del Distrito Hidrométrico 02 (DH02-L12C), se plantearán las acciones necesarias para reducir las pérdidas de agua (aparentes y reales)

Se establecerán estrategias para detectar las deficiencias del distrito DH02-L12C, mediante la metodología de sectorización.

Por medio de recorridos en campo, se identificará el estatus de las instalaciones físicas de la infraestructura (red, válvulas, cajas de operación, micromedidores y red con fugas visibles), los límites físicos respecto a otros distritos hidrométricos; así como, los predios de cada una de las calles que lo conforman.

La población demanda un mejor servicio de distribución de agua potable, en cantidad y presiones, que permitan satisfacer las necesidades de cada habitante según su uso; y para ello, es necesario conocer cómo se encuentra y funciona actualmente la red hidráulica.

Para lo anterior, aplicaremos la tecnología del programa EPANET, que nos permitirá conocer el comportamiento hidráulico de la red en su condición actual, y proponer acciones sobre la misma simulación para alcanzar los parámetros indicados por la Normativa CONAGUA, y de esta manera, reducir un porcentaje de las pérdidas, mediante el control de presiones.

Contribuir en beneficio de la infraestructura de red de agua potable de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, no solo genera incremento en la facturación del Organismo Operador; si no, también se ve reflejado en el mejor servicio a su destino final, el usuario.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

- Evaluar técnicamente el distrito hidrométrico (DH02-L12C), de la red de distribución agua potable de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

1.3.2 Objetivo Específicos.

- Analizar la metodología de sectorización para conocer el estatus actual del distrito hidrométrico (DH02-L12C)

- Analizar la Normativa de CONAGUA: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en el diseño de Redes de Distribución de Agua Potable.
- Analizar la Normativa de CONAGUA: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en la Modelación Hidráulica.
- Analizar el software EPANET para conocer el comportamiento de la red hidráulica.
- Analizar y calibrar una red de distribución de agua potable en operación en EPANET.

1.4 Hipótesis.

Mediante el método de sectorización en el Distrito Hidrométrico DH02-L12C, se incrementará la eficiencia física en 28.75%.

1.5 Metodología.

1.5.1 Recopilación de información.

En esta etapa se recolecta información en el Departamento de Sectorización y el Área Comercial del Organismo Operador, para conocer acerca de la zona e infraestructura de agua potable dentro del DH02-L12C, así como de las características y tipo de clientes existentes en la zona.

1.5.2 Etapa de gabinete.

Intensa y exhaustiva, se realizan trabajos de gabinete antes y después de los trabajos de campo.

Antes de campo, preparar los diferentes formatos para la recopilación de información, según el tipo de actividad. Realizar la clasificación de los usuarios a visitar con la información del Sistema comercial ATL, para conocer el estatus de cada predio que conforman el DH02-L12C, preparar los planos de trabajo por manzanas y calles.

Después de campo, procesar la información recolectada en campo, para conocer los predios que componen el DH02-L12C, el estatus de cada uno de los predios y sus micromedidores; así como, para determinar los volúmenes facturados.

Obtener las curvas de nivel del programa informático Google Earth, de toda el área de influencia de la línea de 12" de la zona Centro, para conocer las altitudes de los cruceros que conforman la red de agua potable, esto es útil en la modelación hidráulica de la red de agua potable en el sistema EPANET 2.0 vE.

1.5.3 Etapa de campo.

Se realizaron distintas actividades en conjunto con el personal del Departamento de Sectorización y de la Dirección de Operación y Mantenimiento encargados de la distribución de agua potable en la ciudad. Lo anterior para determinar los límites de la cobertura de agua potable del DH02-L12C, se realizó la actualización del catastro de la infraestructura, para conocer el estatus actual de cada crucero que conforman el distrito en estudio, tipo de material, elementos que lo conforman. Así mismo, otras actividades son las de actualización del padrón de usuarios (para conocer el número de usuarios del distrito), medición de gastos, medición de presiones.

1.5.4 Etapa de análisis.

Con la información de campo y gabinete, debidamente procesada y analizada, se obtienen los balances de agua, de esta misma manera, se analizan los resultados obtenidos en la modelación hidráulica de la red, alimentada y calibrada con datos obtenidos en campo, para proponer las mejoras que permitirán aumentar la eficiencia de la red de agua potable que conforman el DH02-L12C.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES.

Tuxtla Gutiérrez, es el municipio más importante del estado, no solo porque concentra la mayor cantidad de población; si no, porque en el convergen los poderes ejecutivo y legislativo.

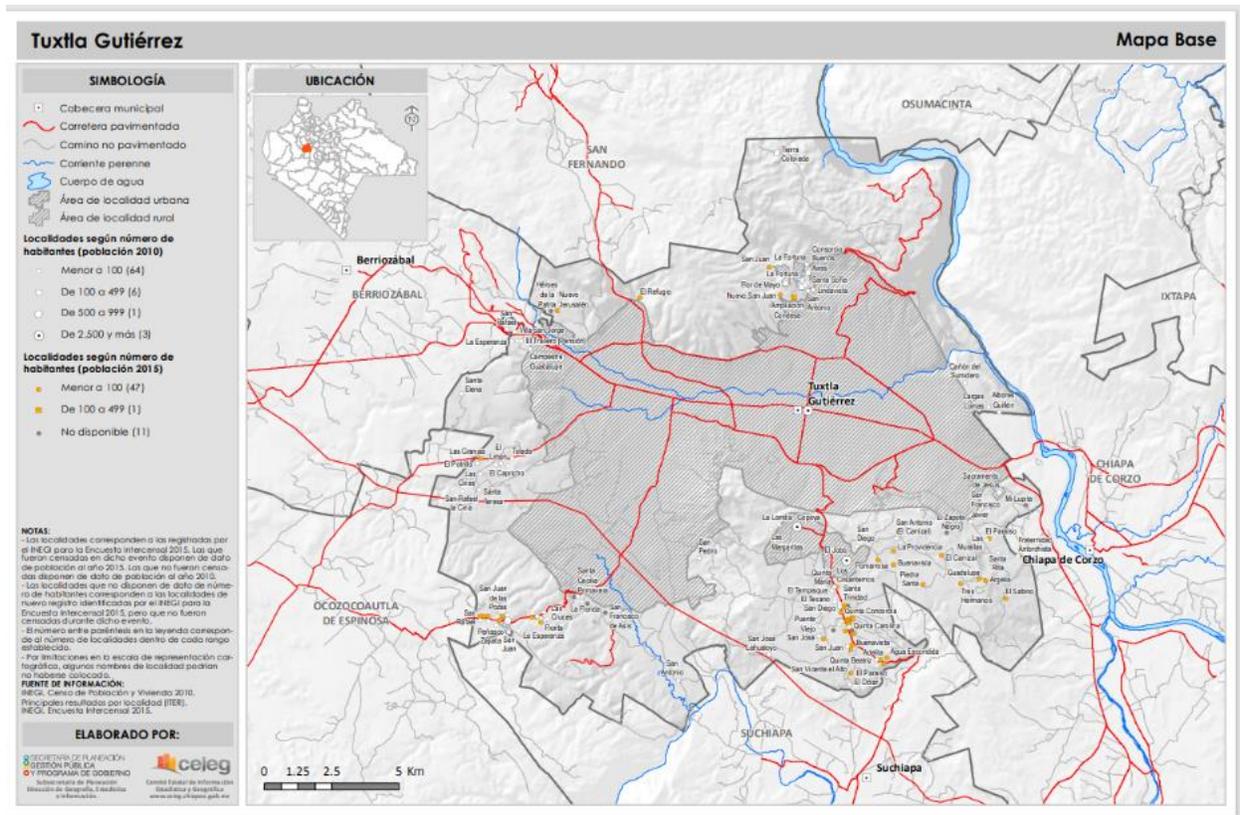
2.1 Medio Físico.

2.1.1 Colindancias.

El municipio de Tuxtla Gutiérrez se encuentra ubicado en la Región Socioeconómica I Metropolitana, limita:

- Al Norte con San Fernando y Usumacinta.
- Al Este con Chiapa de Corzo.
- Al Sur con Suchiapa.
- Al Oeste con Ocozocoautla de Espinosa y Berriozábal (Congreso, 2019)

Como se observa en Mapa 1, página 15.



Mapa 1. Colindancias, fuente Mapas temáticos por localidad, CEIEG Chiapas.

2.1.2 Extensión Territorial.

Tuxtla Gutiérrez cuenta con una extensión territorial de 334.61 km², que representa 0.45% del territorio estatal y el 18.6% de la superficie regional, de acuerdo con el marco geoestadístico del Censo de Población y Vivienda 2010. La superficie del territorio municipal equivale a 33,585 hectáreas, de las cuales 14,001.2 hectáreas están ocupadas por los tres principales asentamientos humanos, Tuxtla Gutiérrez con 13,507 ha., Copoya ocupa 292.7 ha. y El Jobo 201.5 ha.

(Congreso, 2019), ver Mapa 2, página 16.

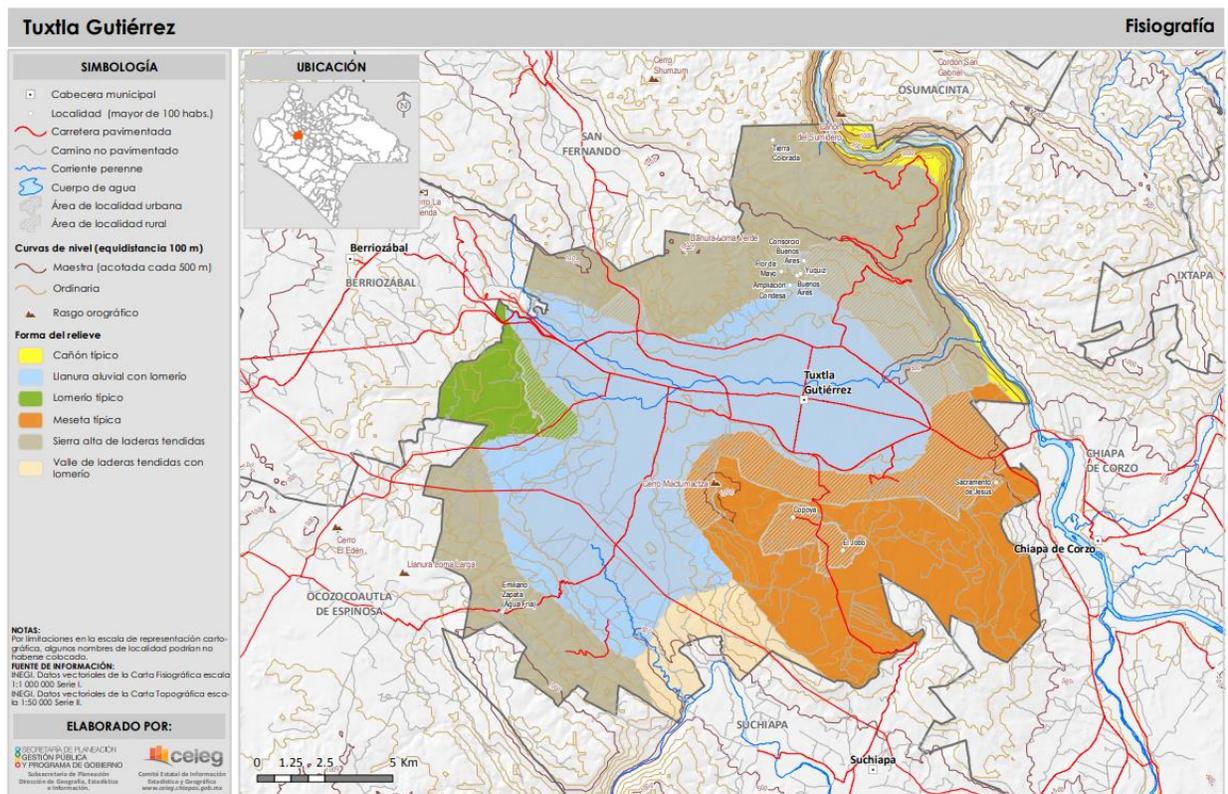
- La ciudad de Tuxtla Gutiérrez: $16^{\circ}45'11''\text{N}$ $93^{\circ}06'56''\text{O}$, y en promedio, 654 msnm., su mancha urbana abarca más de 74 kilómetros cuadrados.
- El poblado del ejido Copoya: $16^{\circ}42'50''\text{N}$ $93^{\circ}07'10''\text{O}$, 860 msnm., a 4 km., de distancia de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.
- El poblado del ejido El Jobo: $16^{\circ}42'11''\text{N}$ $93^{\circ}06'24''\text{O}$, 880 msnm., a 5 km., de distancia de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (Fundación Wikimedia, 2020)



Mapa 2. Localidades Urbanas, fuente Marco geo estadístico INEGI, <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>, fecha 20 de diciembre de 2020.

2.1.3 Fisiografía

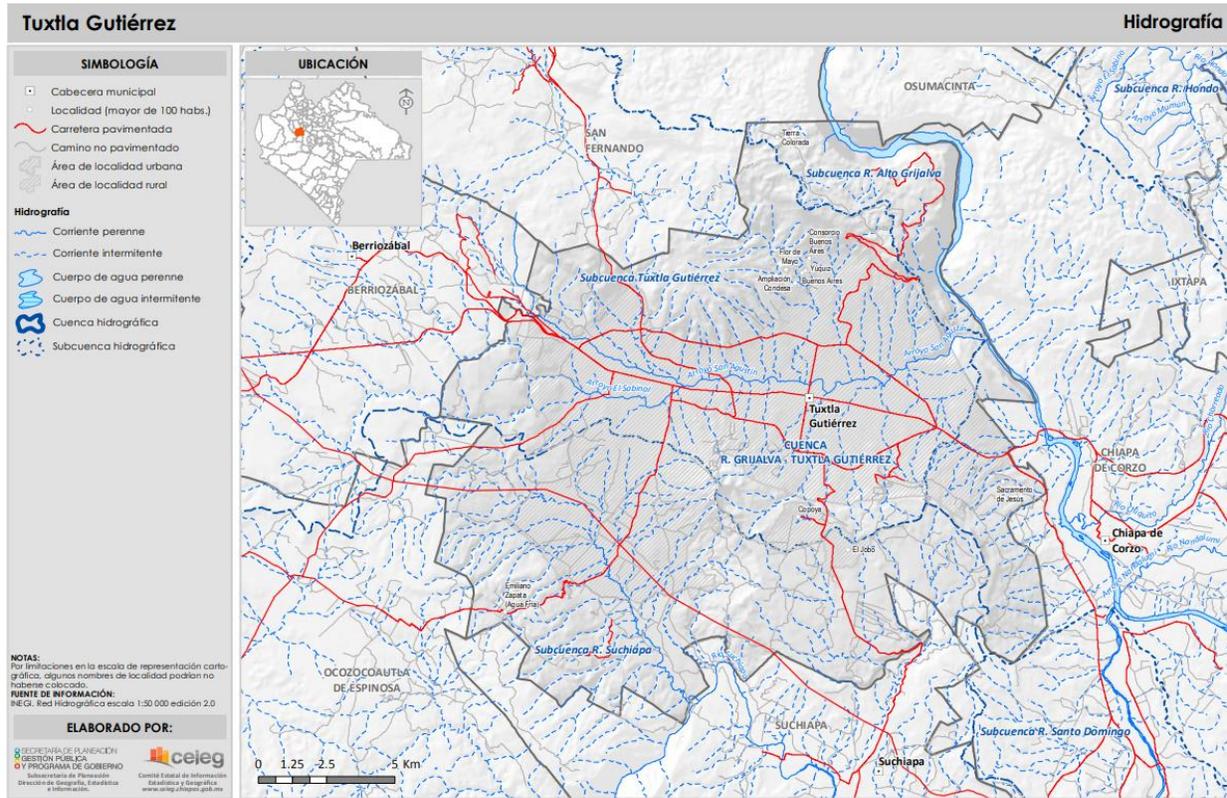
El municipio forma parte de las regiones fisiográficas Montañas del Norte, Depresión Central y Altos de Chiapas. La altura del relieve varía entre los 300 m., y los 1,400 metros sobre el nivel del mar (msnm.) Las formas del relieve presentes en el municipio son: Llanura aluvial con lomerío (34.99%), Sierra alta de laderas tendidas (29.73%), meseta típica (25.16%), Valle de laderas tendidas con lomerío (4.21%), Lomerío típico (3.85%) y Cañón típico (2.06%) (Congreso, 2019), ver Mapa 3.



Mapa 3. Fisiografía, fuente Mapas temáticos por localidad, CEIEG Chiapas.

2.1.4 Hidrografía.

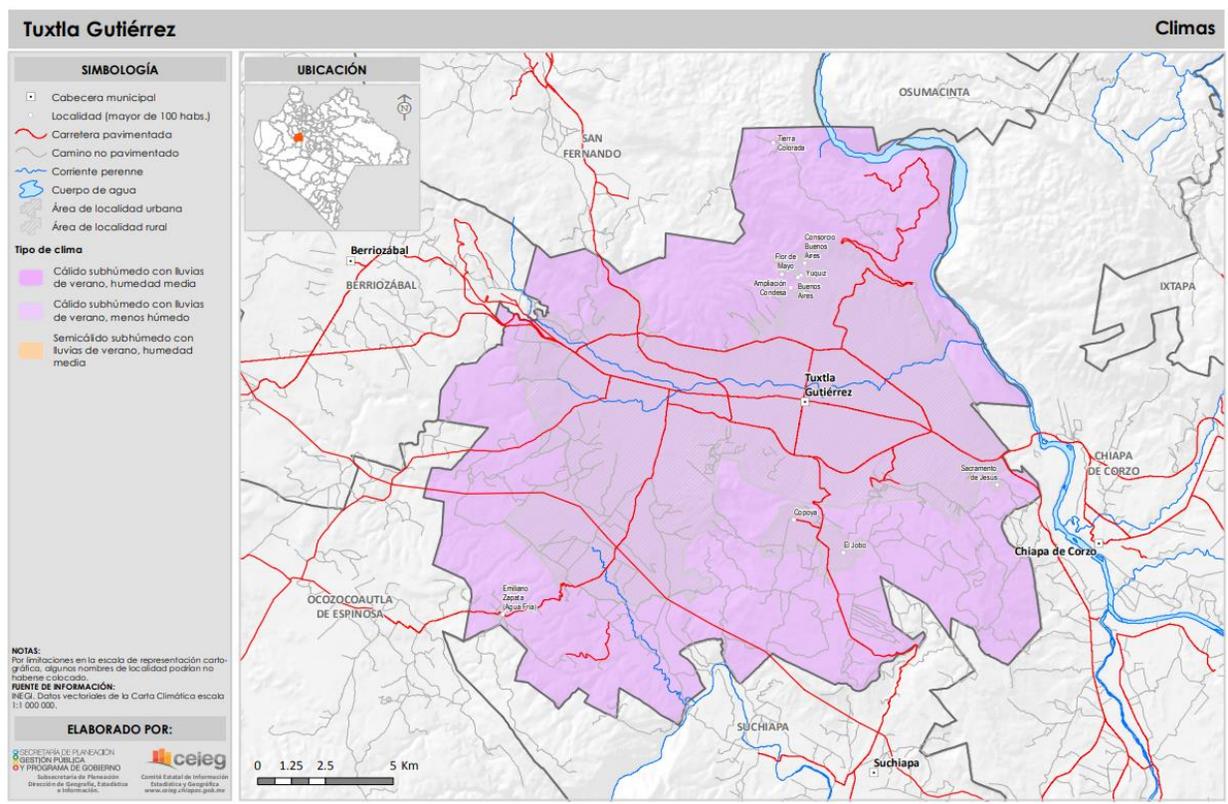
Tuxtla Gutiérrez se encuentra dentro de la cuenca del río Sabinal, que está inmersa dentro de la Región Hidrológica No. 30 Grijalva Usumacinta. Su principal caudal es el río Sabinal, el cual es un afluente del río Grijalva, también fluyen en el municipio los ríos Suchiapa, Yatipak, Terán, San Agustín y Guadalupe. El río Sabinal es el más importante, sus principales afluentes son los arroyos: San Agustín, La Chacona, Chapultepec, Ojo de Agua, Pomarroza, Pistimbak, Potinaspak, Totoposte, Bambú, Arroyo Blanco, Lomas del Oriente, Cerro Hueco, Santa Ana, Poc-Poc, San Roque, El Zope, San Pascualito, El Cocal, Romeo Rincón, San Francisco Sabinal y La Laguna (Congreso, 2019), ver Mapa 4.



Mapa 4. Hidrografía, fuente Mapas temáticos por localidad, CEIEG Chiapas.

2.1.5 Clima.

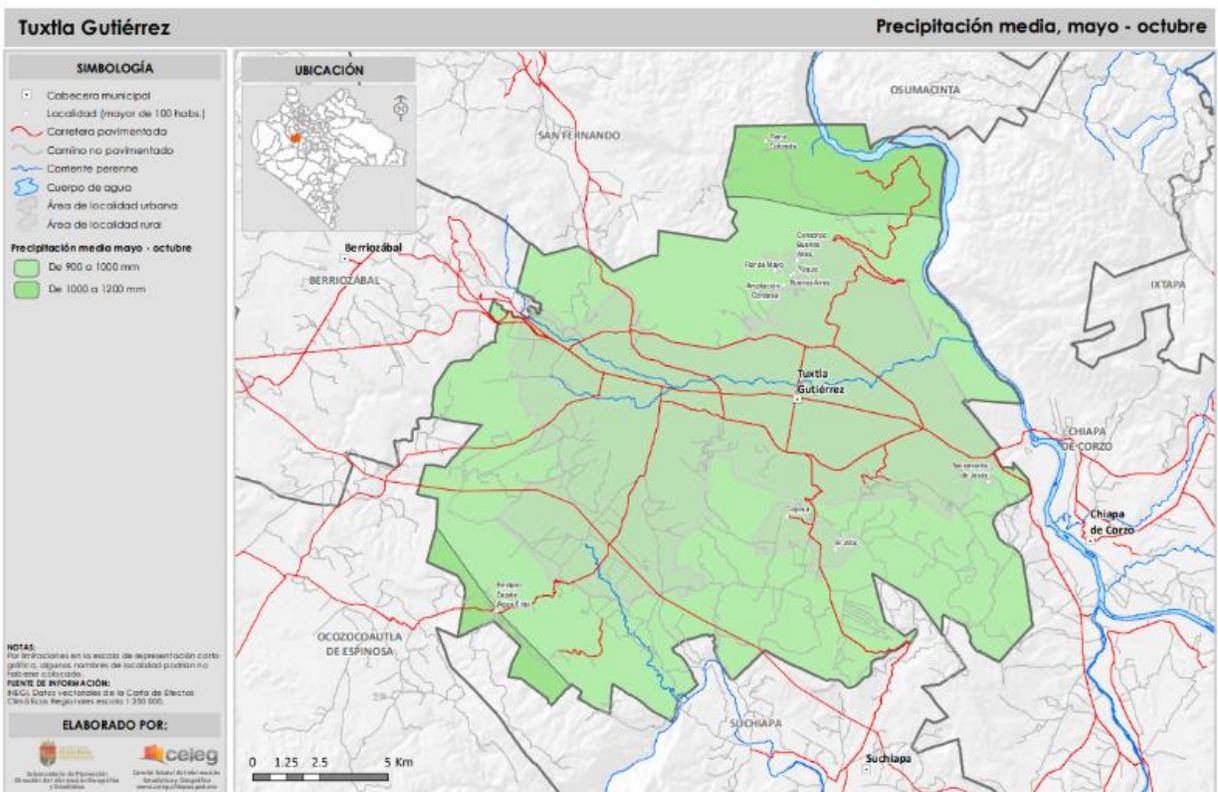
Los predominantes en el municipio son: A(w0), cálido subhúmedo con lluvias en el verano, de menor humedad, que abarca el 99,71% de la superficie municipal; y A(w1), cálido subhúmedo con lluvias en el verano, de mediana humedad, que abarca el 0,29% de la superficie municipal. La temperatura media anual es de 25,4 °C. La temporada cálida dura desde mediados de febrero hasta septiembre. El período más caluroso del año es desde abril hasta la segunda semana de mayo ya que en esa temporada oscila una temperatura de 40 °C. La temporada fresca dura desde mediados de noviembre hasta inicios de febrero. El período más frío del año es el mes de diciembre cuando la temperatura puede llegar a descender a 10 °C o menos (Fundación Wikimedia, 2020), ver Mapa 5.



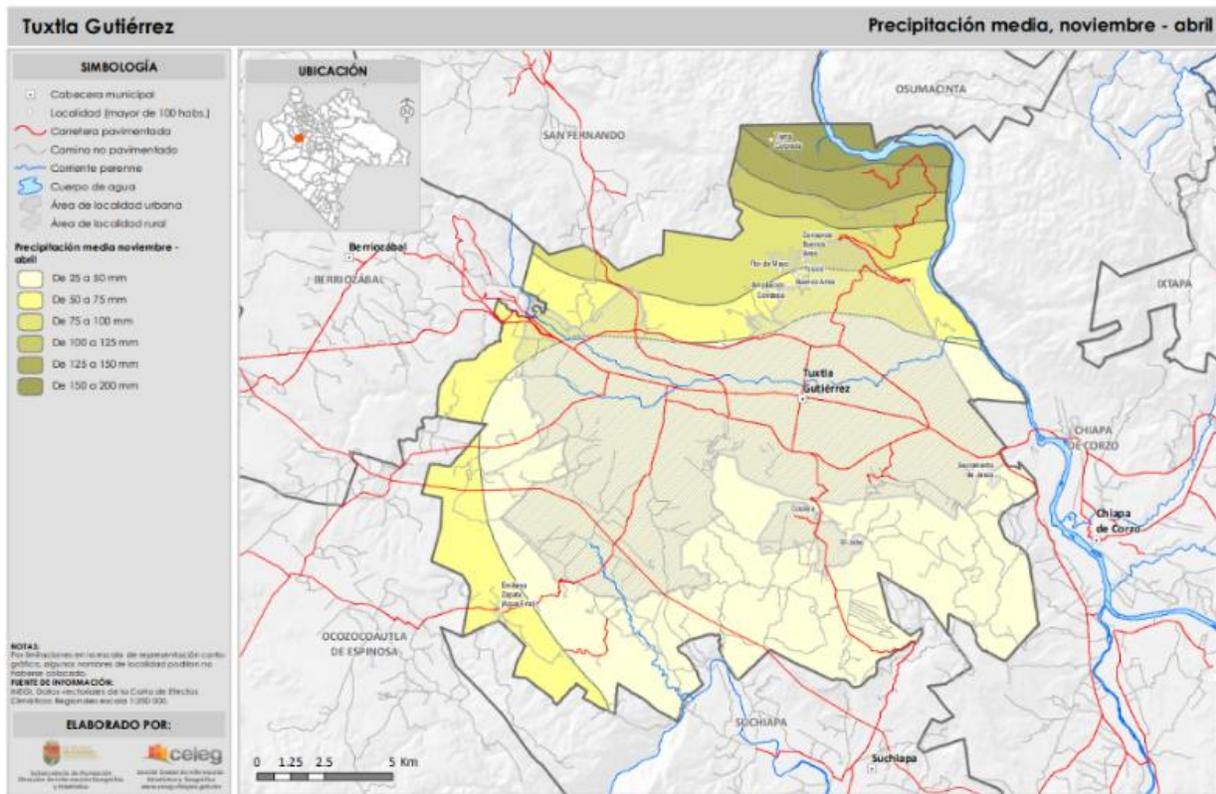
Mapa 5. Climas, fuente Mapas temáticos por localidad, CEIEG Chiapas.

2.1.6 Precipitación.

En los meses de mayo a octubre, la precipitación media fluctúa entre los 900 a 1,000 milímetros (91.41%) y de 1,000 a 1,200 mm. (8.59%), dentro del periodo correspondiente a los meses de noviembre - abril, la precipitación media es de 25 a 50 mm. (67.65%), de 50 a 75 mm. (16.93%), de 75 a 100 mm. (7.6%), de 100 a 125 mm. (2.36%), de 125 a 150 mm. (2.91%) y de 150 a 200 mm. (2.55%) (Congreso, 2019), ver Mapa 6 y Mapa 7, página 21.



Mapa 6. Precipitación media mayo - octubre, fuente Mapas temáticos por localidad, CEIEG Chiapas.

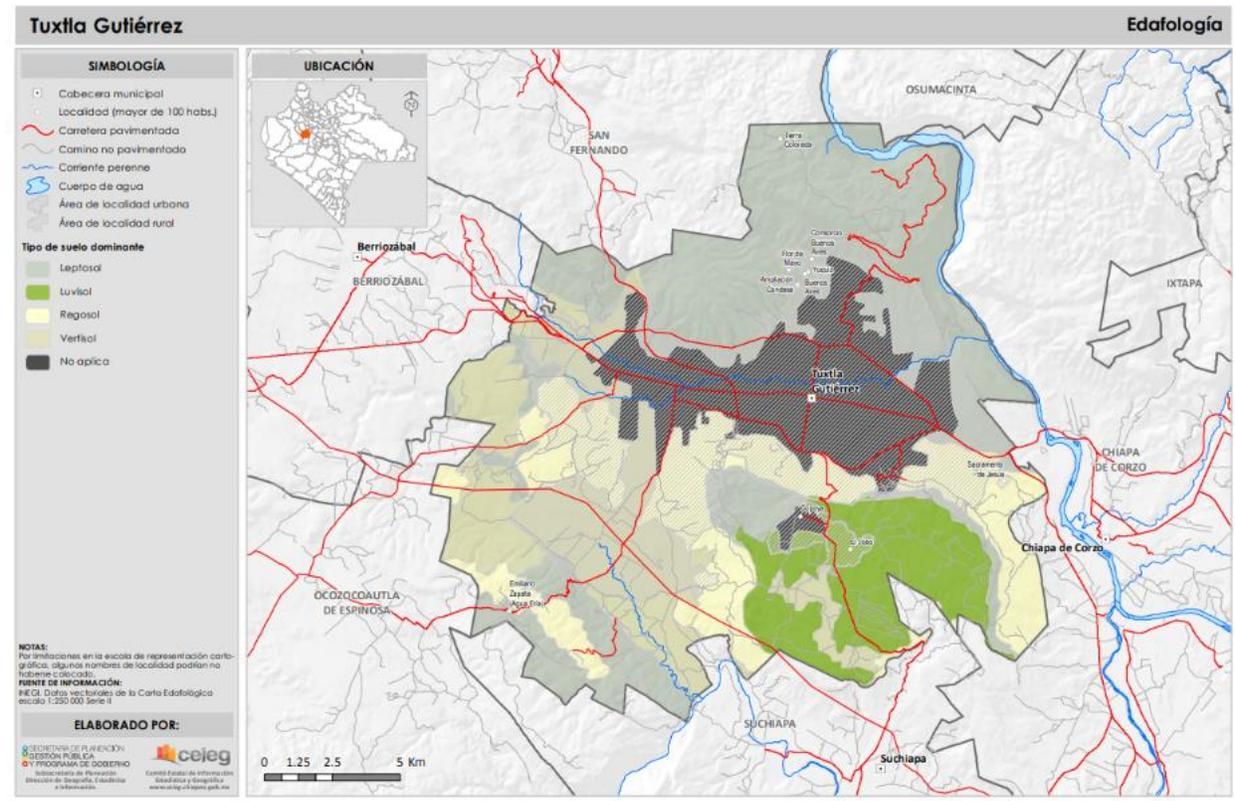


Mapa 7. Precipitación media noviembre - abril, fuente Mapas temáticos por localidad, CEIEG Chiapas.

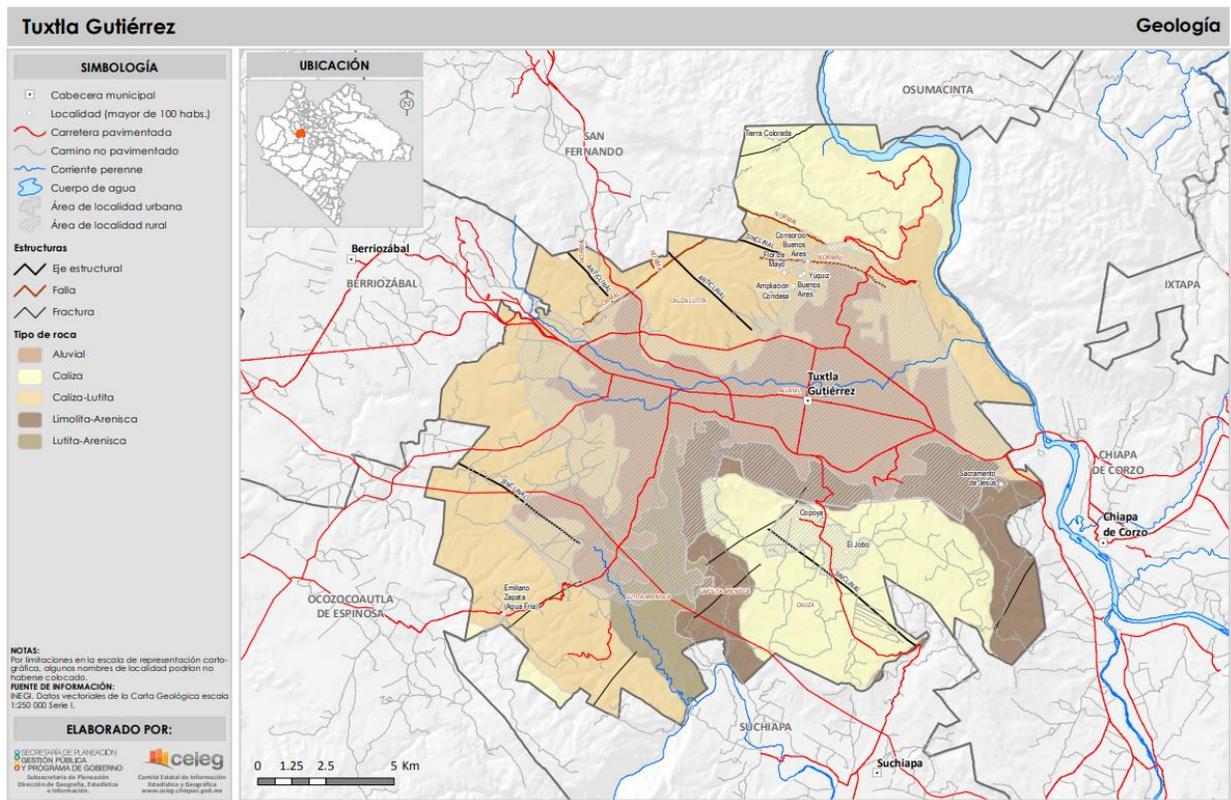
2.1.7 Suelos.

De acuerdo a la carta geográfica de Chiapas 2017, los datos vectoriales edafológicos de la superficie del municipio están compuesta por los tipos suelos de Leptosol (35.37%), Regosol (18.64%), Vertisol (18.31%), Luvisol (11.38%) y el resto correspondiente al 16.3% incluye cuerpos de agua y asentamientos humanos, ver Mapa 8, página 22. En relación a los tipos de roca que conforman la corteza terrestre en el municipio son: Caliza-Lutita (roca sedimentaria, 37.88%), Caliza (roca sedimentaria, 24.87%), Aluvial (suelo, 20.78%), Limolita-Arenisca (roca

sedimentaria, 11.61%) y Lutita-Arenisca (roca sedimentaria, 4.87%) (Congreso, 2019), ver Mapa 9, página 23.



Mapa 8. Edafología, fuente Mapas temáticos por localidad, CEIEG Chiapas.



Mapa 9. Geología, fuente Mapas temáticos por localidad, CEIEG Chiapas.

2.1.8 Fauna.

La ciudad se encuentra rodeada por Áreas Naturales Protegidas de diversas categorías, que prestan servicios ambientales y es el paso de emigración de aves peregrinas de Noroeste a Sureste (Congreso, 2019)

La fauna, presenta características de la Selva Baja Caducifolia, donde algunos de los mamíferos que habitan estas selvas secas son: el armadillo (*Dasyusno vemsinctus*), mapache (*Procyon lotor*), comadreja (*Mustela frenata*), tejón (*Nasua narica*), sobresaliendo el venado cola

blanca (*Odocoileus virginianus*), jaguarundi (*Herpailerus yagouaroundi*), ocelote (*Leopardus pardalis*), puma (Puma con color), jaguar (*Panthera onca*), coyote (*Canis latrans*) y pecarí de collar (*Tayassu tajacu*) Entre las aves encontramos guacamaya verde (*Ara militaris*), ver Foto 1, varias cotorras y pericos, el trogón citrino (*Trogon citreolus*), cacique mexicano (*Cacicus melanicterus*), también cojolitas (*Penelope purpurascens*) y chachalaca pálida (*Ortalis poliocephala*) (Congreso, 2019)



Foto 1. Guacamaya verde (*Ara militaris*), fuente <https://avesexoticas.org/guacamayos/guacamayo-militar/>, fecha 14 de diciembre de 2020.

De los reptiles sobresalen la iguana verde (*Iguana iguana*), ver Foto 2, página 25, y la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), el lagarto de chaquira (*Heloderma horridum*), las tortugas casquito (*Kinosternon integrum*), culebras y víboras como la boa (*Boa constrictor*) y el coralillo

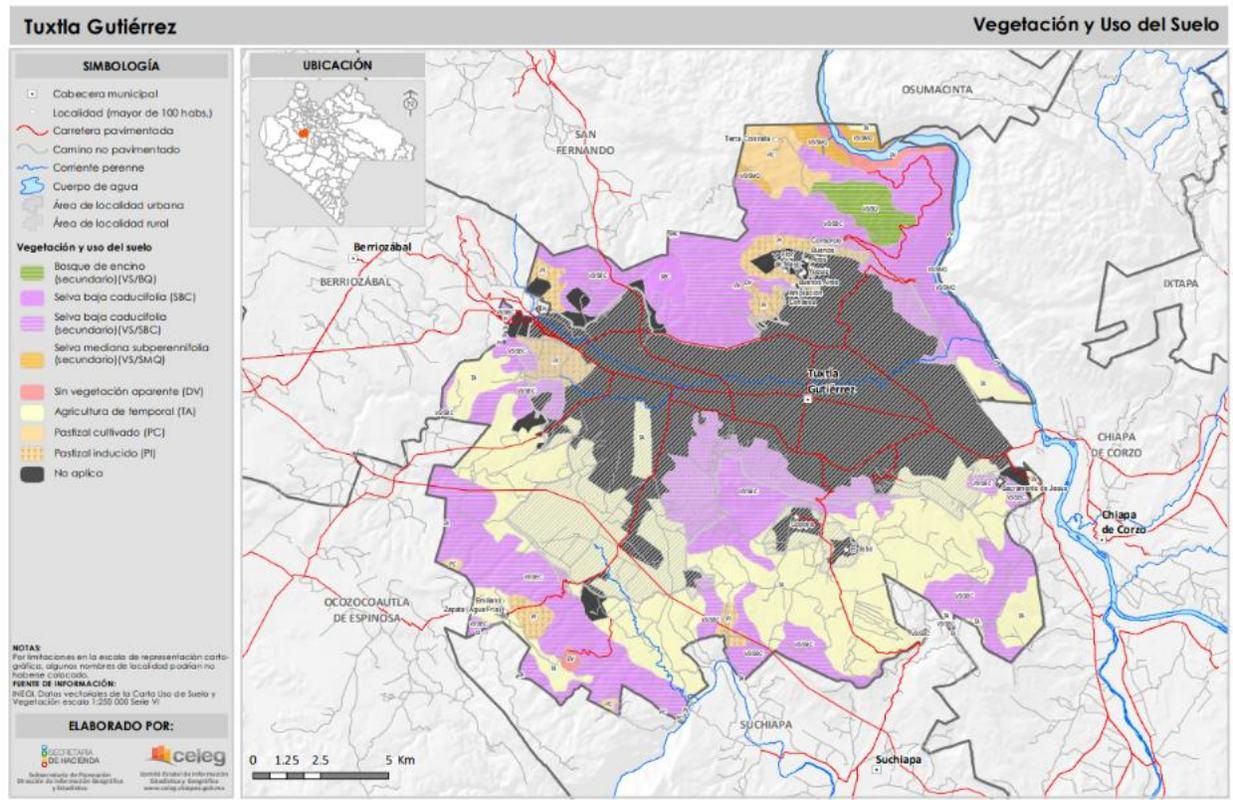
(*Micrurus* spp.) Sin embargo, la expansión urbana y la introducción de especies invasoras, exóticas y ferales han promovido alteraciones que pueden causar graves daños a los ecosistemas terrestres y acuáticos, desequilibrios ecológicos entre las poblaciones silvestres, cambios en la composición de especies y en la estructura trófica, desplazamiento de especies nativas, pérdida de biodiversidad, reducción de diversidad genética, así como transmisión de una gran variedad de enfermedades e impactos a la salud y economía pública (Congreso, 2019)



Foto 2. Iguana verde (Iguana iguana), fuente <http://www.clinicaveterinariaexotics.com/index.php/blog/6-fichas-informativas/61-iguana-verde-iguana-iguana>, fecha 14 de diciembre de 2020.

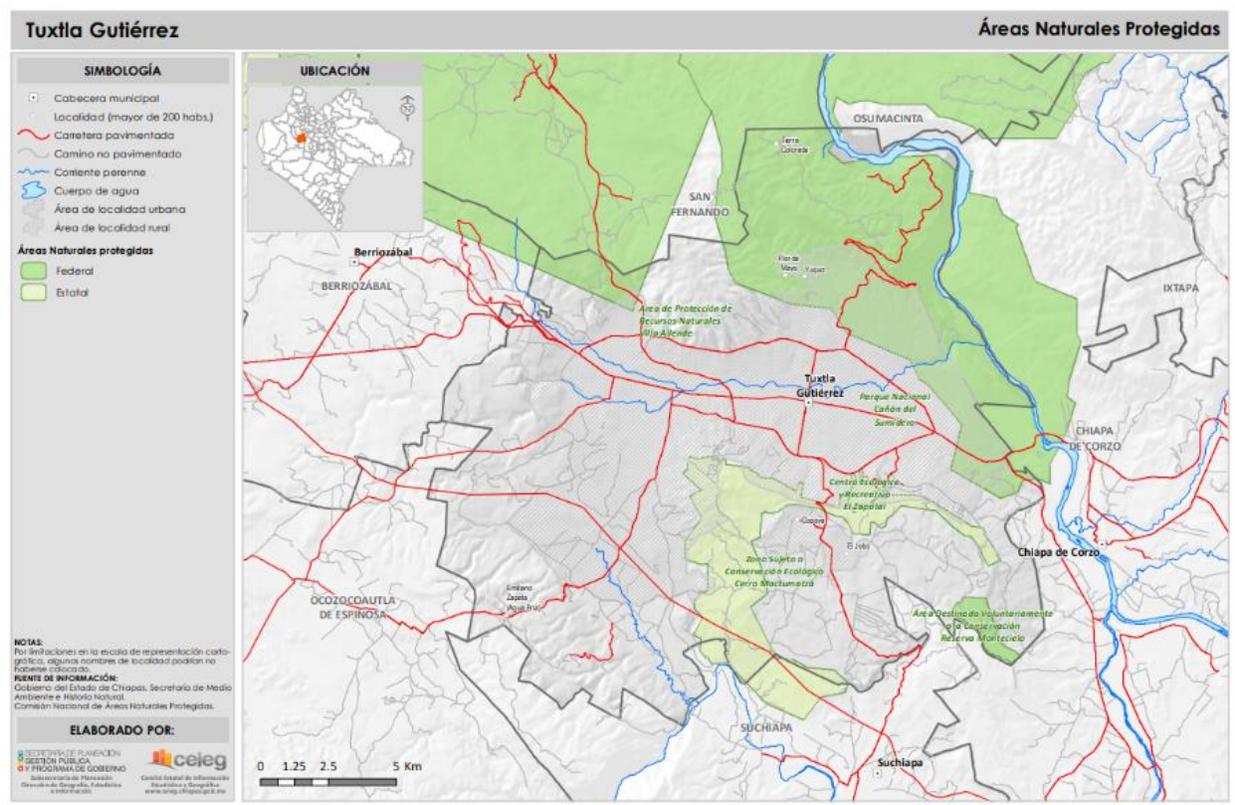
2.1.9 Uso de suelo y vegetación.

La cobertura vegetal y el aprovechamiento del suelo en el municipio, se distribuye de la siguiente manera: Selva baja caducifolia (secundaria) (32.28%), agricultura de temporal (29.18%), pastizal inducido (3.52%), pastizal cultivado (1.65%), bosque de encino (secundaria) (1.43%), sin vegetación aparente (1.26%), selva mediana su perennifolia (secundaria) (0.88%), selva baja caducifolia (0.71%) y lo correspondiente a cuerpos de agua y asentamientos humanos (29.09%) (Congreso, 2019), ver Mapa 10.



Mapa 10. Vegetación y uso de suelo, fuente Mapas temáticos por localidad, CEIEG Chiapas.

El municipio cuenta con una superficie protegida o bajo conservación de 9,479.9 hectáreas (ha.) que representan el 28.33% del territorio municipal y el 0.13% del territorio estatal. Las áreas naturales protegidas de administración federal ubicadas en el municipio son: área de protección de recursos naturales Villa Allende (448.97 ha.), y Parque Nacional Cañón del Sumidero (6,563.39 ha.) Las áreas naturales protegidas estatales son zona sujeta a Conservación Ecológica Cerro Mactumatzá (2,354.6 ha.) y Centro Ecológico y Recreativo el Zapotal (127.43 ha.) (Congreso, 2019), ver Mapa 11.



Mapa 11. Área Naturales protegidas, fuente Mapas temáticos por localidad, CEIEG Chiapas.

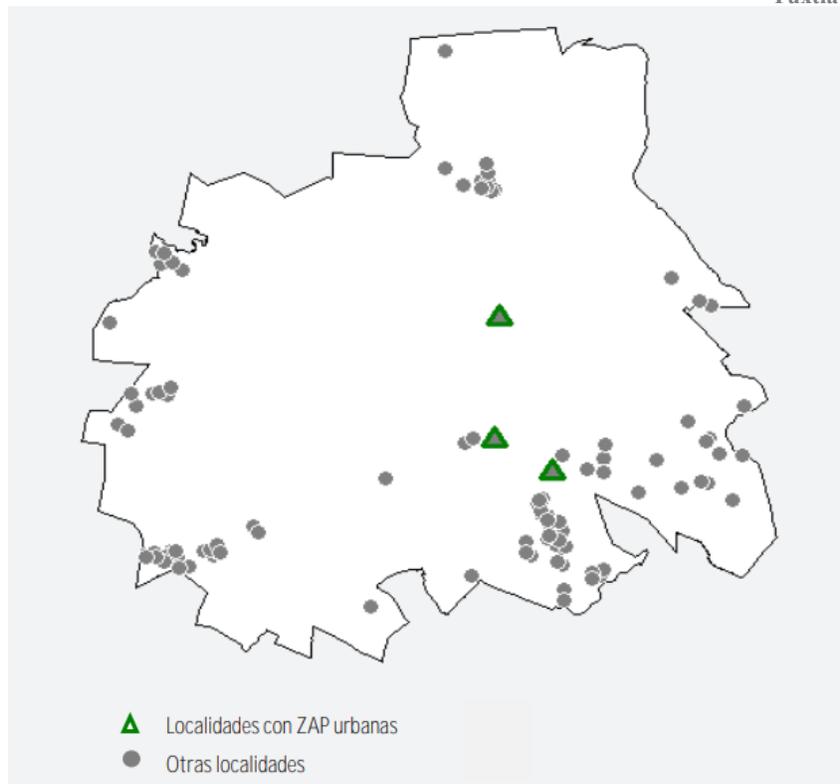
2.2 Características Demográficas.

Los resultados de los tabulados del Censo de Población y vivienda 2020, indican que Tuxtla Gutiérrez se integra por 126 localidades de las cuales 123 son rurales y tres son urbanas, de estas, podemos mencionar la cabecera municipal que cuenta con 578, 830 habitantes que equivalen al 95.81% de la población total del municipio; mientras que en las localidades del Jobo y Copoya ambas localidades cuentan con una población de 15,666 habitante que representa el 2.59% de la población municipal, ver Tabla 1 y Mapa 12, página 29.

Entidad federativa	Municipio	Localidades/Población	Total de localidades y población ¹
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Localidad	126
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Población	604 147

¹ Incluye una estimación de población a nivel estatal de 154 946 personas que corresponden a 25 468 viviendas sin información de ocupantes y me

Tabla 1. Localidades y población por municipio, fuente Censo de Población y vivienda 2020, fecha 20 de diciembre de 2020.



Mapa 12. Localidades en Tuxtla Gutiérrez, fuente Informe anual sobre la pobreza y rezago 2017, fecha 20 de diciembre de 2020.

De acuerdo al catálogo de Asentamientos Humanos (AH) publicado por el INEGI, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, existen 521 colonias, barrios y fraccionamientos que están reconocidos oficialmente y cuentan con una validación cartográfica preliminar. Además, se estima que existen más de 100 asentamientos que no cuentan con una validación cartográfica, producto de la invasión o venta irregular de predios rurales o de las reservas territoriales (Congreso, 2019)

2.2.1 Población.

De acuerdo con los resultados de la encuesta de población y vivienda 2020, en el municipio residen 604,147 personas, equivalente a 10.90% del total estatal; de estos 287,524 son hombres y 316,623 mujeres, que representan al 47.59% y 52.41% respectivamente, ver Tabla 2.

Entidad federativa	Municipio	Sexo	Población total ¹
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Hombres	287 524
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Mujeres	316 623
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Total	604 147

Tabla 2. Población total por municipio, fuente Censo de Población y vivienda 2020 INEGI, fecha 26 de enero de 2021.

2.2.2 Tasa media anual de crecimiento.

La tendencia nacional en cuanto al tamaño de la población, va en aumento; dentro del ámbito municipal y de acuerdo a la Encuesta Intercensal 2015, en el periodo 2010-2015, Tuxtla Gutiérrez tuvo una tasa media anual de crecimiento del 1.7%; es decir, la población municipal en el año 2010 era de 553,374 habitantes y para el año 2015 alcanzó los 598,710 habitantes según datos del INEGI (Congreso, 2019), ver Tabla 3.

Municipio	P 2000	P 2010	P 2015	TCMA 2000	TCMA 2010	TCMA 2015
Tuxtla Gutiérrez	434,143	553,374	598,710	3.9	2.4	1.7
<i>TCMA: Tasa de crecimiento medio anual (%)</i>						
<i>P: Población (habitantes)</i>						

Tabla 3. Tasa media anual, fuente Encuesta Intercensal 2015 INEGI, fecha 20 de diciembre 2020.

2.2.3 Migración.

En los tabulados del Censo de Población y vivienda 2020, publicado recientemente en enero del 2021, indica que la población migrante (mayor a 5 años) en el municipio corresponde al 3.74% (20,691 habitantes) Son varias las causas que generan esta migración, la principal es la búsqueda o cambio de empleo debido a falta de oportunidades, reunirse con la familia o nupcias con personas en otros estados o países, incluso por inseguridad delictiva y violencia, ver Tabla 4. Actualmente por la situación de pandemia generada por el virus COVID-19, ha endurecido la situación laboral y de inseguridad.

Entidad federativa	Municipio de residencia actual	Población de 5 años y más migrante ¹	Causa de la migración entre marzo de 2015 y marzo de 2020									
			Buscar trabajo	Cambio u oferta de	Reunirse con la	Se casó o unió	Estudiar	Por inseguridad	Por desastres	Lo deportar	Otra causa	No especific
07 Chiapas	101 Tuxtla	20 691	3 635	3 259	6 831	827	3 962	604	31	13	1 324	205

¹ Se refiere a la población que en marzo de 2015 residía en un municipio, entidad federativa o país diferente al de su residencia actual.

Tabla 4. Población de 5 años y más migrante por municipio de residencial actual, fuente Censo de Población y vivienda 2020 INEGI, fecha 27 de enero de 2021.

2.2.4 Aspectos culturales.

El municipio de Tuxtla Gutiérrez cuenta con actividades y espacios que fomentan la cultura, con 21 Bibliotecas Públicas, con un acervo de 144,027 libros. Además, es posible disfrutar 11 museos; entre los cuales destacan el Museo de Paleontología, el Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología, el Museo del Café y el Museo de la Marimba. También cuenta con cuatro Teatros y siete Auditorios dentro de la ciudad. El teatro más importante es el Teatro de la Ciudad Emilio Rabasa, el cual fue inaugurado en 1982, con la obra Los Cuervos están de luto de Hugo

Argüelles. En este lugar se presentan espectáculos de teatro, música, danza, obras infantiles, festivales, entre otros.

La cultura de una región es muy importante, tanto para el desarrollo personal como para el desarrollo profesional, social y como un elemento de construcción de identidad, se cuenta con un Polyforum y un Foro Chiapas, los cuales tienen una singular belleza arquitectónica. Estos dos escenarios cumplen con diferentes servicios para el desarrollo de la cultura, las artes, el deporte, así como el fomento del turismo en sus diversas manifestaciones. Dentro de la ciudad también se pueden encontrar espacios culturales como el Rincón del Arte y el Parque de la Marimba (Congreso, 2019), ver Foto 3.



Foto 3. Teatro de la Ciudad Emilio Rabasa, fuente <https://aquinoticias.mx/reabriran-el-emilio-rabasa-para-la-muestra-estatal-de-teatro/>, fecha 21 de diciembre de 2020.

2.2.5 Número de viviendas.

De acuerdo a los tabulados del Censo de Población y vivienda 2020, el total de viviendas particulares habitadas en la entidad corresponden a 1'351,023 viviendas, de los cuales en Tuxtla existen 166,151 viviendas particulares habitadas, concentrando así el 12.29% del total de viviendas de la entidad.

De ellas, en nuestra ciudad el 94.31% corresponde a casas únicas con terreno, casa que comparte terreno y casa dúplex. Departamentos en edificios 3.29%, viviendas en vecindad o cuartería 2.09% y otro tipo de vivienda que incluye cuartos en azotea de edificios, local no construido para habitación y vivienda móvil o refugio el 0.19% y no especificados el 0.12%, ver Tabla 5.

Entidad federativa	Municipio	Tipo de vivienda	Clase de vivienda	Viviendas habitadas	Ocupantes ¹		
					Total	Hombres	Mujeres
07 Chiapas	101 Tuxtla	Vivienda	Total	166 151	602 604	286 663	315 941
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Vivienda particular	Casa única en el terreno	132 867	497 604	236 217	261 387
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Vivienda particular	Casa que comparte terreno con	18 036	60 287	29 152	31 135
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Vivienda particular	Casa dúplex	5 788	18 740	8 748	9 992
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Vivienda particular	Departamento en edificio	5 464	14 631	6 922	7 709
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Vivienda particular	Vivienda en vecindad o cuartería	3 480	9 726	4 804	4 922
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Vivienda particular	Vivienda en cuarto de azotea de	4	12	5	7
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Vivienda particular	Local no construido para	272	827	424	403
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Vivienda particular	Vivienda móvil	1	1	1	0
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Vivienda particular	Refugio	32	96	53	43
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Vivienda particular	No especificado	207	680	337	343

Nota: Incluye una estimación de 154 946 personas que corresponden a 25 468 viviendas sin información de ocupantes y menores omitidos.

¹ Excluye a la población sin vivienda, así como al personal del Servicio Exterior Mexicano y a sus familiares.

Tabla 5. Viviendas habitadas (viviendas particulares) y ocupantes por municipio, fuente Censo de Población y vivienda 2020 INEGI, fecha 27 de enero de 2021.

2.3 Actividades económicas.

Con 38,251 unidades económicas, Tuxtla Gutiérrez representa el 19.4% del estado, siendo así el núcleo económico a nivel comercio (Economía, 2015)

2.3.1 Sector Primario, Secundario y Terciario.

El Sector Primario, el cual incluye la explotación del campo, agricultura, ganadería, silvicultura y caza, en el municipio esta actividad es muy incipiente, ya que la producción total representa menos del 1.11% del total municipal. El Sector Secundario, el cual comprende las actividades como: minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción, el cual representa el 16.54% de la ocupación de la ciudad. El Sector Terciario, que comprende las actividades económicas de comercio y servicios, ocupan un 19.7% y 61.99%, respectivamente, indicados por los tabulados de la Encuesta Intercensal 2015, ver Tabla 6.

Entidad federativa	Municipio	Sexo	Estimador	Población ocupada	Sector de actividad económica				
					Primario ¹	Secundario ²	Comercio	Servicios ³	No especificado
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Total	Valor	253,096	1.11	16.54	19.37	61.99	0.99

¹ Comprende: agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza.

² Comprende: minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción.

³ Comprende: transporte, gobierno y otros servicios.

Tabla 6. Estimadores de la población ocupada y su distribución porcentual según sector de actividad económica, fuente Encuesta Intercensal 2015 INEGI, fecha 22 de diciembre de 2020.

2.3.2 Población económicamente activa.

La población con una edad mayor a los 12 años, de los tabulados de la Encuesta Intercensal 2015, en el municipio de Tuxtla Gutiérrez es de 478,354 personas, de los cuales el 55.07% es población económicamente activa, y a su vez 96.07% de ellos ocupados, 253,096 habitantes; el resto desocupados (3.93%), ver Tabla 7.

Entidad federativa	Municipio	Sexo	Estimador	Población de 12 años y más	Condición de actividad económica ¹				
					Población económicamente activa ²			Población no económicamente activa	No especificado
					Total	Ocupada	Desocupada		
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Total	Valor	478,354	55.07	96.07	3.93	44.64	0.28

¹ La distribución porcentual de la condición de actividad económica se calcula respecto de la población de 12 años y más.

² La distribución porcentual se calcula respecto al total de la población económicamente activa.

Tabla 7. Estimadores de la población de 12 años y más y su distribución porcentual según condición, fuente Encuesta Intercensal 2015 INEGI, fecha 22 de diciembre de 2020.

Cabe mencionar que de acuerdo al nivel ingresos, Tuxtla Gutiérrez es el municipio que presenta la menor carencia en este sentido, según registros del INEGI, resultado de la Encuesta Intercensal 2015 únicamente el 8.58% de la población económicamente activa percibe hasta 1 salario mínimo, la población que recibe de 1 a 2 salarios mínimos es 27.08%; y la población que percibe más de dos salarios mínimos en Tuxtla Gutiérrez equivale al 57.15% de la población ocupada según su ingreso por trabajo, ver Tabla 8, página 36.

Entidad federativa	Municipio	Sexo	Estimador	Población ocupada	Ingreso por trabajo ¹			
					Hasta 1 s.m. ²	Más de 1 a 2 s.m.	Más de 2 s.m.	No especificado
07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Total	Valor	253,096	8.58	27.08	57.15	7.19

¹ Se expresa en salario mínimo mensual (s.m.).

² Incluye a la población ocupada que no recibe ingresos.

Tabla 8. Estimadores de la población ocupada y su distribución porcentual según ingreso por trabajo, fuente Encuesta Intercensal 2015 INEGI, fecha 22 de diciembre de 2020.

2.4 Servicios públicos.

La disponibilidad y calidad de los servicios públicos son condiciones básicas para mejorar la calidad de vida de la población tuxtleca (Congreso, 2019) De acuerdo con datos de la Encuesta Intercensal 2015 y Censo de Población y vivienda 2020 existen en nuestro municipio 161,151 viviendas, de las cuales el 99.4% dispone del servicio de energía eléctrica y el 99.2 del servicio de drenaje, ver Tabla 9.

Municipio	Indicador Hogares y viviendas INEGI	Porcentaje
101 Tuxtla Gutiérrez	Porcentaje de viviendas con electricidad (%), 2020	99.4
101 Tuxtla Gutiérrez	Porcentaje de viviendas con drenaje (%), 2015	99.2

Tabla 9. Indicadores de servicios básicos (electricidad y drenaje) en hogares y viviendas, fuente Censo de Población y viviendas 2020, fecha 27 de enero de 2021.

2.5.1 Agua potable.

El servicio de agua potable que abastece a la Ciudad proviene de dos fuentes principales:

- **Sistema Ciudad del Agua**, que tiene como fuente el río Grijalva, funciona actualmente al 100% de su capacidad instalada, con una producción aproximada al año 2020 de 2,000 lps.
- **Sistema Santo Domingo – Pájaros**, con fuente en el río del mismo nombre Santo Domingo, funciona al 30% aproximadamente de su capacidad instalada (1,500 lps.), con una producción aproximada al año 2020 de 443 lps.

Y la cobertura de agua municipal por el servicio público es del 92.5 % de las viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada, ver Tabla 10.

Municipio	Indicador Hogares y viviendas INEGI	Porcentaje
101 Tuxtla Gutiérrez	Porcentaje de viviendas con agua entubada (%), 2015	92.5

Tabla 10. Indicadores de servicios básicos (agua entubada) en hogares y viviendas, fuente Censo de Población y viviendas 2020, fecha 27 de enero de 2021.

CAPÍTULO 3. CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES DE UNA RED DE AGUA POTABLE.

Una red de distribución (que en lo sucesivo se denominará red) es el conjunto de tubos, accesorios (piezas especiales agrupadas en cruceros) y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como extinguir incendios (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

La red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada. En la Figura 1, página 39, se muestra la configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua en localidades urbanas (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

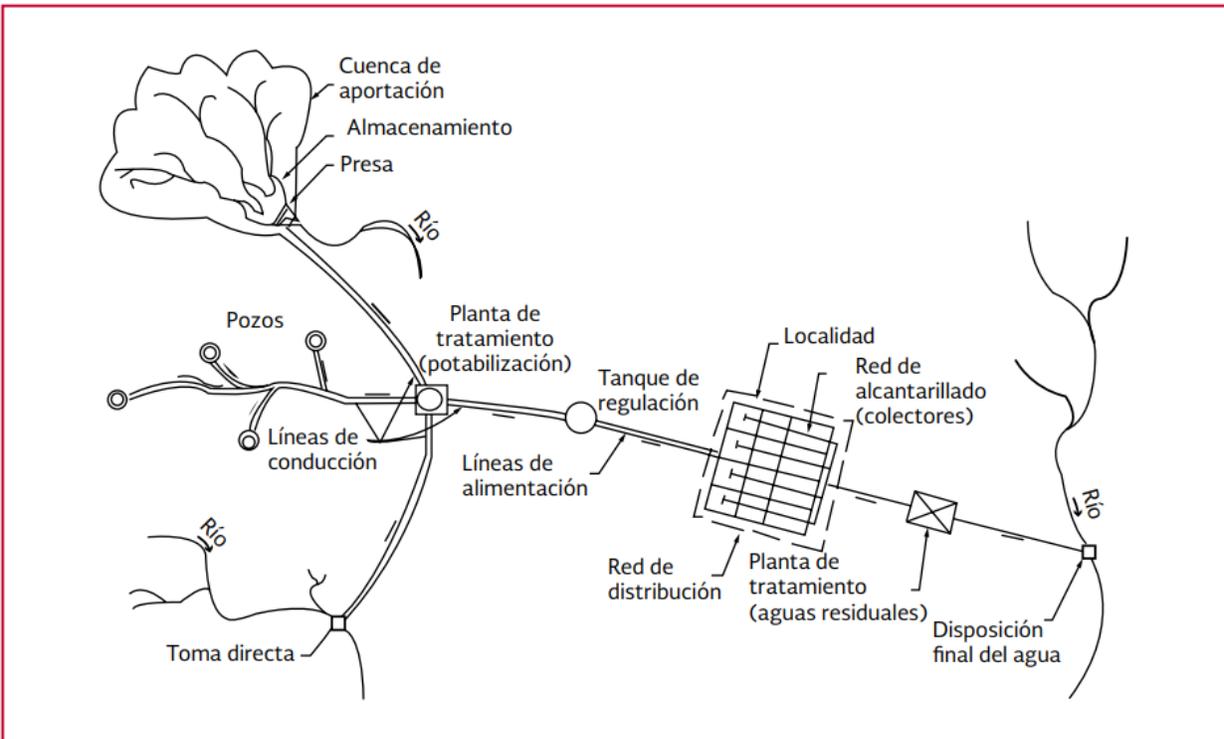


Figura 1. Configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua en localidades urbanas, fuente (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

3.1 Componentes del sistema de distribución de agua potable.

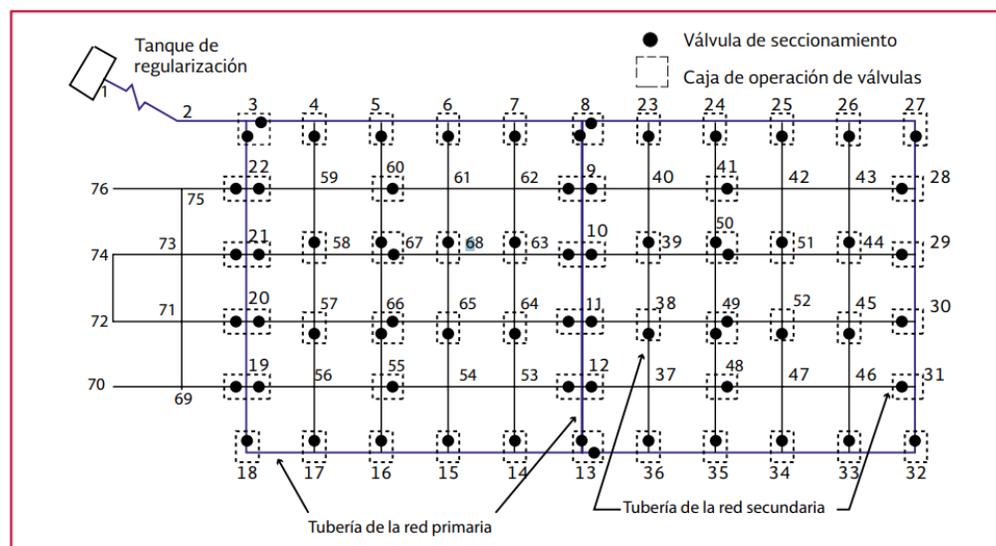
Una red de distribución de agua potable se compone generalmente de:

3.1.1 Tubería.

Se le llama así al conjunto formado por los tubos (conductos de sección circular) y su sistema de unión o ensamble. Para fines de análisis se denomina tubería al conducto comprendido entre dos secciones transversales del mismo. La red de distribución está formada por un conjunto de tubos que se unen en diversos puntos denominados nodos o uniones. De acuerdo con su

función, la red de distribución puede dividirse en red primaria y red secundaria. A la tubería que conduce el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde inicia su distribución se le conoce como línea de alimentación y se considera parte de la red primaria (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

La división de la red de distribución en red primaria o secundaria dependerá del tamaño de la red y de los diámetros de las tuberías. La red primaria está constituida por los tubos de mayor diámetro; la secundaria, por la tubería de menor diámetro, la cual abarca la mayoría de las calles de la localidad. Así, una red primaria puede ser una sola tubería de alimentación o cierto conjunto de tubos de mayor diámetro que abarcan a toda la localidad (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019), ver Figura 2.



Notas:

- Esta red está formada por dos circuitos (red primaria) con un total de 76 crucesos, 69 válvulas de seccionamiento y 54 cajas de operación de válvulas
- En la red secundaria se tienen 60 válvulas de seccionamiento y 48 cajas de operación de válvulas

Figura 2. Red convencional de distribución, fuente (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

3.1.2 Piezas especiales.

Se les llama piezas especiales a todos aquellos accesorios de la tubería que permiten formar cambios de dirección, ramificaciones e intersecciones, así como conexiones incluso entre tubería de diferente material y diámetros (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

Se les llama cruceros a las piezas o conjuntos de accesorios especiales que, conectados a la tubería, forman deflexiones pronunciadas, cambios de diámetro, derivaciones y ramificaciones. También permiten la inserción de válvulas y la conexión con estaciones de bombeo y otras instalaciones hidráulicas (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

En general, se dispone de piezas especiales fabricadas de: hierro fundido (con bridas, extremos lisos, campana-espiga), ver Figura 3, página 42; fibrocemento, PVC, polietileno, concreto presforzado y acero. También se dispone de accesorios complementarios empleados para formar uniones como: juntas mecánicas (Gibault, universal, etc.), empaques y tornillos de acero con cabeza y tuerca hexagonal estándar (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

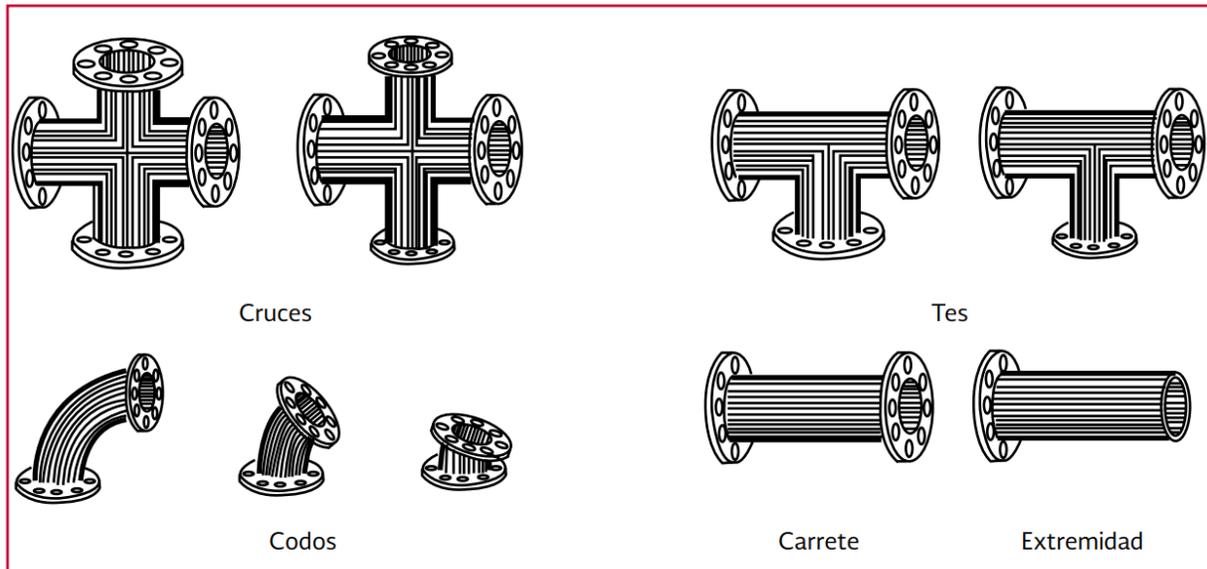


Figura 3. Piezas especiales de hierro fundido con extremos bridados, fuente (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

3.1.3 Válvulas.

Las válvulas son dispositivos mecánicos que son empleados para detener, iniciar o controlar las características del flujo en conductos a presión. Pueden ser accionadas manualmente o por medios automáticos o semiautomáticos. En redes de distribución son más usuales las válvulas que se operan manualmente mediante palancas, volantes y engranes, debido a que los cierres y aperturas son ocasionales (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

Pueden ser clasificadas de acuerdo con su función en dos categorías:

- **Aislamiento o seccionamiento.** Son utilizadas para separar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tubería, bombas y dispositivos de control

con el fin de realizar revisión para llevar a cabo labores de reparación y mantenimiento.

Según su tipo las válvulas de aislamiento pueden ser: de compuerta, de mariposa o de asiento (cilíndrico, cónico o esférico) Las válvulas de asiento pueden realizar ambas funciones (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019), ver Figura 4.

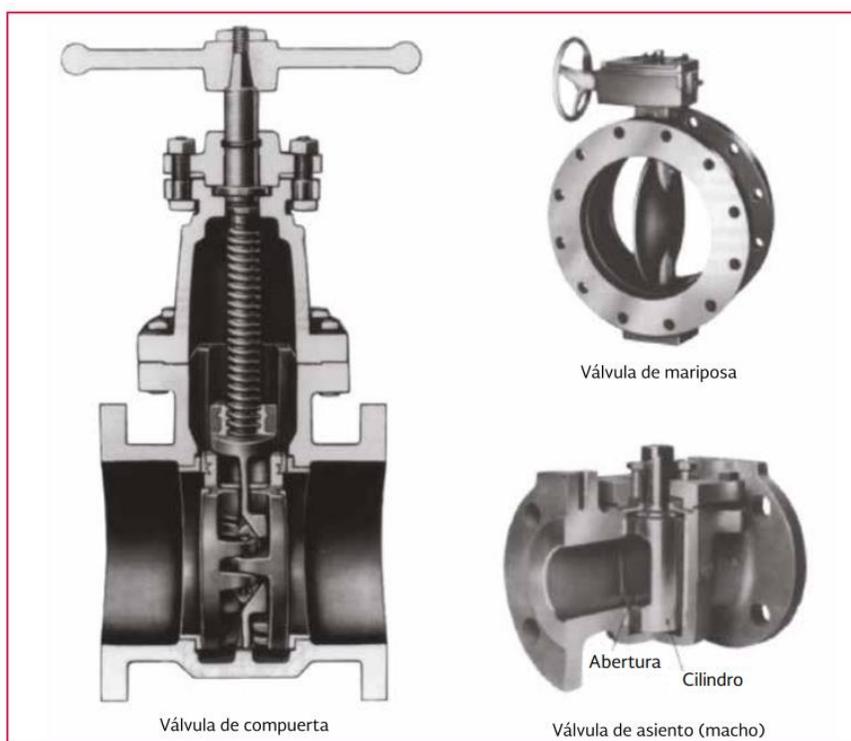


Figura 4. Válvulas de cierre, fuente (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

- **Control.** Usadas para regular el gasto o la presión, facilitar la entrada de aire o la salida de aire atrapados en el sistema. A su vez las válvulas de control pueden ser: de altitud, de admisión y expulsión de aire, controladoras de presión, de globo, de retención (check) o de vaciado (de desagüe) (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

3.1.4 Cajas de Válvulas.

Las cajas de registro para válvulas o cajas de operación de válvulas, son estructuras que permiten el resguardo de las válvulas y sus piezas especiales, ver Figura 5.

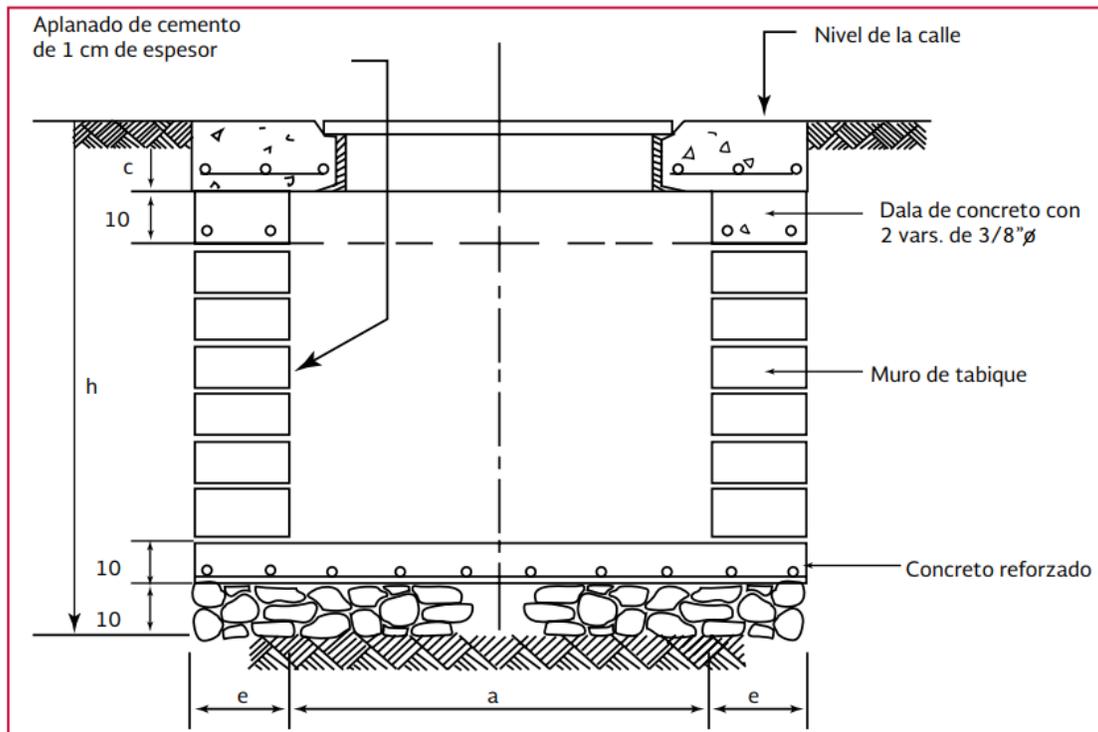


Figura 5. Caja de operación de válvulas (elevación), fuente (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

Las dimensiones de la caja deberán definirse considerando un espacio que permita el acceso y libertad de movimiento para la instalación, operación y remoción de válvulas y accesorios, así como manipular libremente cualquier herramienta de trabajo (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

El libro 12 denominado Diseño de redes de distribución de agua potable del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento indica las distancias mínimas y consideraciones que se deben respetar en la construcción de las cajas de operación de válvulas.

3.1.5 Hidrantes.

Son conexiones especiales de la red que se ubican a cierta distancia, distribuidos en las calles. Existen dos tipos de hidrantes: públicos y contra incendio (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

Los hidrantes públicos consisten en llaves comunes colocadas en pedestales de concreto o de mampostería, que pueden usarse como llaves comunitarias, pues pueden emplearlos varias familias dependiendo de su cercanía con el hidrante (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

Los hidrantes contra incendio son tomas especiales distribuidas en las calles a distancias relativamente cortas, de fácil acceso, con el fin de conectar mangueras para combatir incendios. Estos hidrantes son poco utilizados en México. La práctica más común es utilizar válvulas de desfogue dentro de los registros de las válvulas de seccionamiento, con el fin de inundar el registro y permitir que el cuerpo de bomberos extraiga agua durante el combate del incendio. En las construcciones importantes recientes se han instalado hidrantes contra incendio frente al

predio, que en realidad forman parte de la instalación hidráulica de la misma edificación (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019), ver Foto 4.



Foto 4. Hidrante contra incendio, torre Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Google Earth, 04 de enero de 2021.

3.1.6 Tanques de distribución.

Es un depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente. Estos, son utilizados en los sistemas de distribución de agua para asegurar la cantidad y la presión del agua disponible en la red. El almacenamiento permite regular la distribución o simplemente prever fallas en el suministro, aunque algunos tanques suelen realizar ambas funciones. Según su construcción, pueden ser

superficiales o elevados. Los superficiales se emplean cuando se dispone de terrenos elevados cerca de la zona de servicio (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019), ver Figura 6.

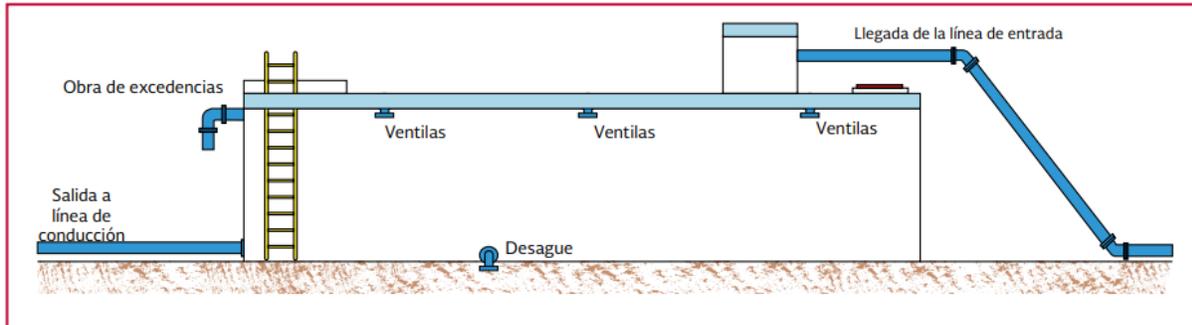


Figura 6. Tanque superficial, fuente (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

Se le llama tanque de regulación cuando guarda cierto volumen adicional de agua para aquellas horas del día en las cuales la demanda en la red sobrepasa el volumen suministrado por la fuente. La mayor parte de los tanques existentes son de este tipo. Algunos tanques disponen de un volumen de almacenamiento para emergencias, como en el caso de falla de la fuente. Este caso es usualmente previsto por el usuario, quien dispone de cisternas o tinacos, por lo cual en las redes normalmente se utilizan tanques de regulación únicamente (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

Una red de distribución puede ser alimentada por varios tanques correspondientes al mismo número de fuentes o tener tanques adicionales de regulación dentro de la misma zona de la red

con el fin de abastecer solo a una parte de la red (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

3.1.7 Tomas domiciliarias.

La toma domiciliaria tiene como función el proporcionar agua de la red de distribución para conducirla a la instalación hidráulica intradomiciliaria. Se divide en dos partes: ramal y cuadro. Se le llama ramal a la conexión que abarca desde el acoplamiento a la red de distribución hasta el codo inferior del cuadro. El cuadro es propiamente el conjunto de tubos y codos que forman una figura rectangular con el objeto de alojar un medidor y que sea cómoda su lectura. El cuadro se encuentra generalmente dentro del domicilio del usuario (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019), ver Figura 7, página 49.

Es la parte de la red que demuestra la eficiencia y calidad del sistema de distribución, pues es la que abastece de agua directamente al consumidor (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

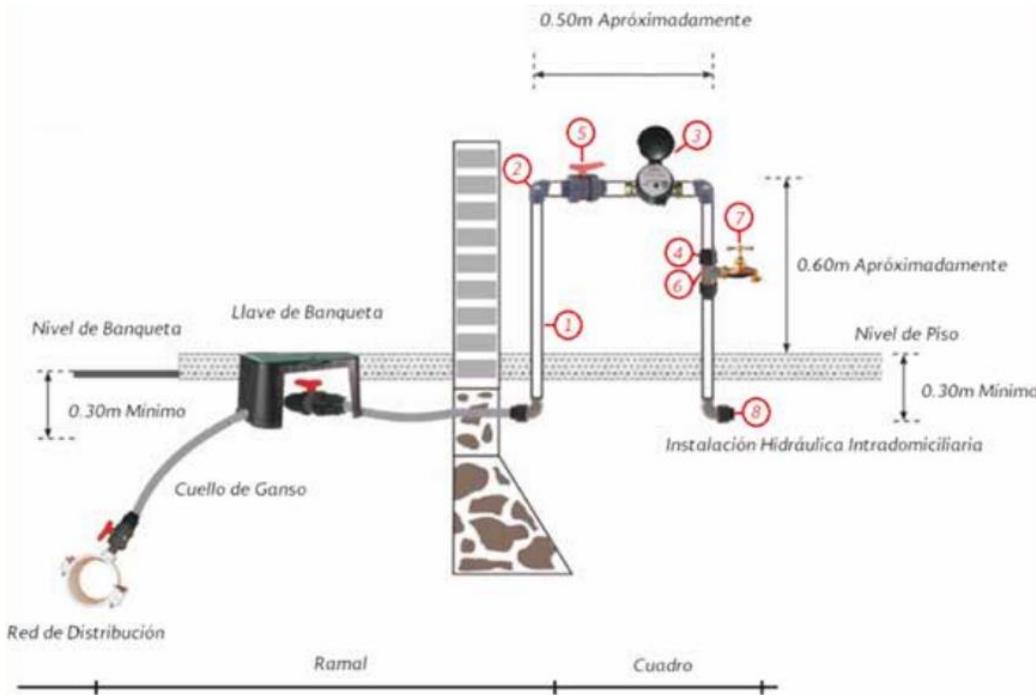


Figura 7. Toma domiciliaria tipo, fuente (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

3.2 Pérdidas de agua potable y reducción de pérdidas.

Se entiende como pérdida en un sistema de distribución de agua potable cuando el volumen total de agua que es entregada a los consumidores no es facturado, debido a que no es registrada por los medidores domiciliarios.

Estas se pueden clasificar como físicas y comerciales (en el balance hidráulico se separan en reales y aparentes), ver Figura 8, página 50. Las reales son las pérdidas físicas, tales como fugas visibles reportadas y no reportadas, fugas no visibles o de fondo y desperdicios no controlados. Las pérdidas aparentes, también conocidas como las comerciales, se dan por la submedición y por conexiones no autorizadas a la red (Paz & Sánchez Ponce, 2019)

VOLUMEN DISTRIBUIDO AL SISTEMA	CONSUMOS AUTORIZADOS	CONSUMOS AUTORIZADOS FACTURADOS	CONSUMOS FACTURADOS MEDIDOS	CONSUMOS MEDIDOS O ESTIMADOS
		CONSUMOS AUTORIZADOS NO FACTURADOS	CONSUMOS FACTURADOS NO MEDIDOS	
			CONSUMOS NO FACTURADOS MEDIDOS	
		CONSUMOS NO FACTURADOS NO MEDIDOS		
	PÉRDIDAS DE AGUA	PÉRDIDAS APARENTES	CONSUMOS NO AUTORIZADOS	AGUA NO CONTABILIZADA
			ERRORES DE MEDICIÓN EN MICRO MEDIDORES	
		PÉRDIDAS REALES	FUGAS EN LINEAS DE TRANSMISIÓN O LINEAS PRINCIPALES	
			FUGAS Y DESBORDE EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO	
			PÉRDIDAS EN CONEXIONES ANTES DEL MICRO MEDIDOR	

Figura 8. Balance de agua propuesto por la IWA (Asociación Internacional del Agua), fuente (Paz & Sánchez Ponce, 2019)

Se observa que el agua no contabilizada (ANC), se presenta por medio de consumos no facturados no medidos, perdidas aparentes y reales, esta última reflejada en forma de fugas en sus distintas variantes y ubicaciones según la red de distribución.

Los volúmenes de agua potable ingresados a la red de distribución, comparados con respecto a las salidas (entregadas por las tomas domiciliarias) e indicadas en los micromedidores, debería ser igual a cero. Desafortunadamente, la situación actual de los Organismo Operadores en México está lejos de eso. En el año 2019, el Sistema Municipal de agua Potable y Alcantarillado

presenta pérdidas físicas del 65%, lo que quiere decir que solo 35 de cada 100 litros, llegan al consumidor final.

3.2.1 Pérdidas reales (técnicas)

Las pérdidas reales son todos aquellos volúmenes que se pierden en el sistema de agua, desde su captación hasta las tomas domiciliarias. Reflejadas en forma de reboses y fugas (visibles y no visibles) en las distintas estructuras hidráulicas como: líneas de conducción, líneas de distribución, tanques, tomas domiciliarias y/o cuadros, ver Foto 5, página 52. Lo anterior se debe a varios factores como:

- Altas presiones en la red de agua potable.
- Antigüedad de la red, que generan corrosión e incrustaciones en la tubería.
- Calidad de los materiales.
- Procesos constructivos y por ende mala ejecución de las pruebas hidrostáticas en obras nuevas que no garanticen la eficiencia física de la puesta en marcha de red nueva.
- Fenómenos naturales, que afecten la estructura original de la red.
- Presiones externas (como tráfico pesado)



Foto 5. Fuga en línea de conducción de 30” de diámetro en Calzada Andrés Serra Rojas, SMAPA, Tuxtla Gutiérrez.

3.2.2 Pérdidas aparentes (comerciales)

Las pérdidas aparentes o comerciales, generalmente se producen por la elección no apropiada del medidor, el cual debe ser de acuerdo al consumo diario del cliente. Un medidor se debe adecuar a las necesidades propias de cada consumidor, trabajando para las condiciones de gasto que se requieren, para evitar así este tipo de pérdidas.

Tienen su origen en alguna de estas causas:

- Sub-medición: el medidor no es capaz de registrar todos los consumos, especialmente los de menor caudal.
- Ausencia de medición, por falta de medidor o medidor inservible.
- Errores en la macromedición.

- Errores en la lectura y/o transcripción de datos.
- Consumo no autorizado debido al robo de agua y conexiones ilegales (Paz & Sánchez Ponce, 2019)

3.2.3 Reducción de pérdidas.

La reducción integral de pérdidas de agua es un proceso dinámico en tiempo y espacio que inicia con el diagnóstico, involucra la eliminación y su control, y que, aplicando en forma precisa a la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable, ayuda a conservar el agua suministrada a las ciudades, a mejorar la calidad del servicio proporcionado a la población por el Organismo Operador, a ahorrar dinero en gastos de energía eléctrica y potabilización, y a aumentar los ingresos por la venta del agua a los usuarios (Alejo & Bourguet Ortiz, 2001)

En términos generales, consiste en ejecutar acciones que permitan identificar los puntos donde se pierden volúmenes de agua dentro de la red de distribución (reales y aparentes), por medio de trabajos de campo y análisis de información en gabinete.

Y derivado de lo anterior, ejecutar las acciones que permitan la recuperación de caudal, por consiguiente, la reducción de pérdidas de agua potable.

Algunos de los beneficios obtenidos con la reducción de pérdida de agua potable son:

- Disposición de mayores suministros de agua, para ser destinado a un mayor número de personas.
- Control de las presiones.
- Mayor eficiencia operativa, reflejada en mejor servicio al usuario.
- Ahorro de energía en tratar y distribuir el agua potable.
- Menos presión sobre los recursos hídricos locales por la gestión adecuada de este.
- Disminuye la contaminación del lugar al haber menos fugas.
- Aumento de los ingresos al Organismo Operador, por la correcta medición de los macromedidores y micromedidores.

3.3 Sectorización de redes para facilitar la reducción de pérdidas.

La necesidad de llevar a cabo la sectorización de la red de distribución se hace mayor mientras ésta sea más grande, y por consecuencia su operación se vuelve más compleja (Sandoval, Ruiz , Flores, & Toxky López , 2016)

Por lo anterior, entre más grande sea la red, más necesidad existe de aplicar la metodología de sectorización en las redes de agua potable, para facilitar el control y por ende la reducción de pérdidas.

El término sectorización es conocido como la formación de zonas de suministro autónomas, mas no independientes, dentro de una red de distribución; en otras palabras, es la división o partición de la red en muchas pequeñas redes, con el fin de facilitar su operación. De este modo, es mucho más sencillo controlar los caudales de entrada en cada sector, las presiones internas de la tubería, la demanda y el consumo, así como las pérdidas de agua, tanto en fugas como en usos no autorizados. Aún más, puede conducirse el agua por la red primaria, sin exceso de conexiones con la secundaria, desde la fuente de alimentación hasta los puntos más lejanos (Sandoval, Ruiz , Flores, & Toxky López , 2016)

Para lo anterior, debe contarse con la información completa del sistema de distribución (Catastro), y la forma de operación real, a fin de estar en posibilidades de utilizar un software o modelo numérico que permita simular el funcionamiento hidráulico del sistema, lo que deberá verificarse a través de algunas mediciones estratégicas, y realizar así la calibración del modelo (Sandoval, Ruiz , Flores, & Toxky López , 2016)

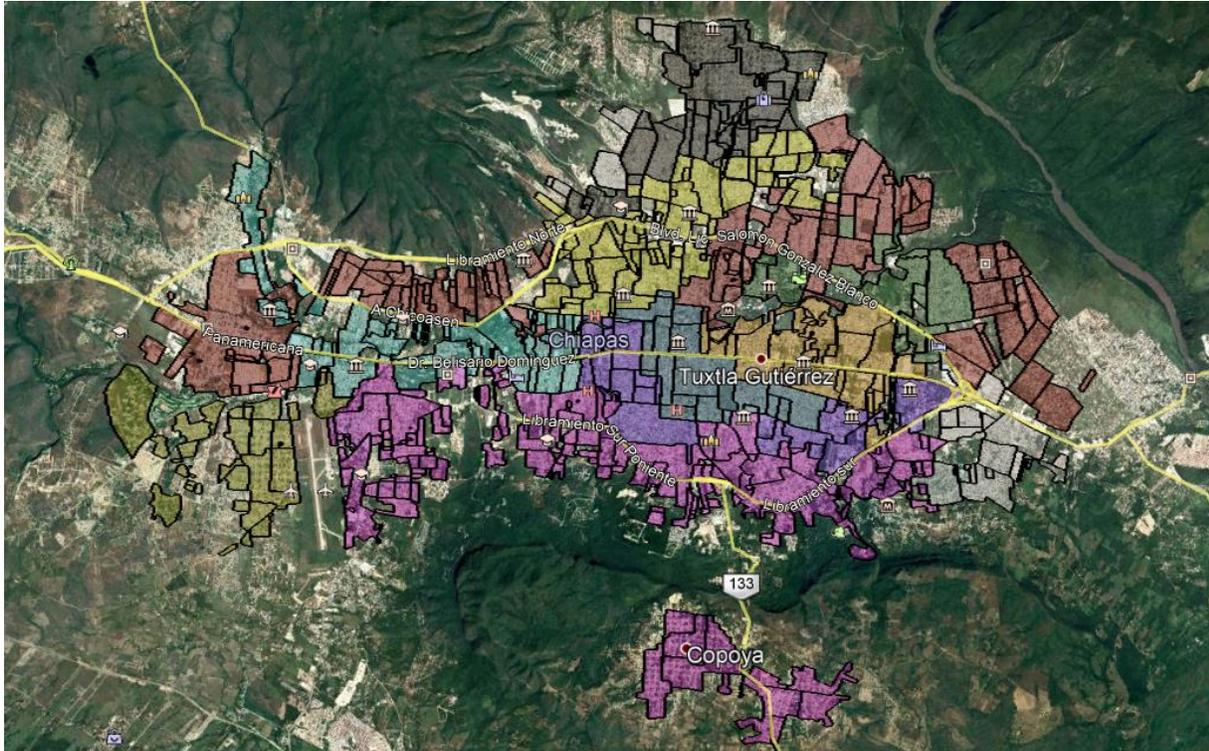
3.3.1 Etapas de la sectorización.

El proceso de esta acción es largo y absorbe una importante cantidad de recursos humanos y económicos, por lo que debe partir de una planeación bien definida y sobre todo comprometida por parte de los responsables de la prestación del servicio de agua potable a una localidad (Sandoval, Ruiz , Flores, & Toxky López , 2016) Las etapas que deben seguirse durante la sectorización son:

- Catastro del sistema de distribución de agua potable.
- Anteproyecto del sistema, definiendo puntos de alimentación y posibles interconexiones controladas para protección de eventualidades.
- Diseño e implementación de un sector piloto, incluyendo las válvulas de seccionamiento necesarias, los mecanismos para el control de las presiones, la medición de gastos de alimentación, así como la variación diaria de la demanda (en caso de realizar un análisis dinámico)
- Calibración de un modelo de simulación hidráulica.
- Ajustar el proyecto piloto a partir de la modelación, controlando las presiones, midiendo los gastos, y evaluando la relación entre presión y fugas.
- Ampliación de la experiencia piloto a dos o tres sectores más.
- Con los resultados obtenidos, puede evaluarse el proyecto integral de sectorización, con una muy buena aproximación sobre los costos y los beneficios que pueden esperarse (Sandoval, Ruiz , Flores, & Toxky López , 2016)

3.3.3 Sectorización en la red de agua potable de Tuxtla Gutiérrez.

La red de agua potable de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, se compone de varias líneas de alimentación a la Ciudad, que tienen cierta área de influencia, como se observa en el Mapa 13, página 57, las cuales corresponden a la zona Centro, Sur y Norte de la Capital Chiapaneca.



Simbología

	Línea de 12" Centro		Brazo Norte Nuevo
	Línea de 14" Centro		Brazo Norte Antigo
	Línea de 18" Centro		Brazo Norte Bajo
	Línea de 20" Centro		Captación Rancho Viejo
	Brazo Sur		Captación Chacona

Mapa 13. Áreas de influencia por colonia por líneas de alimentación principal, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

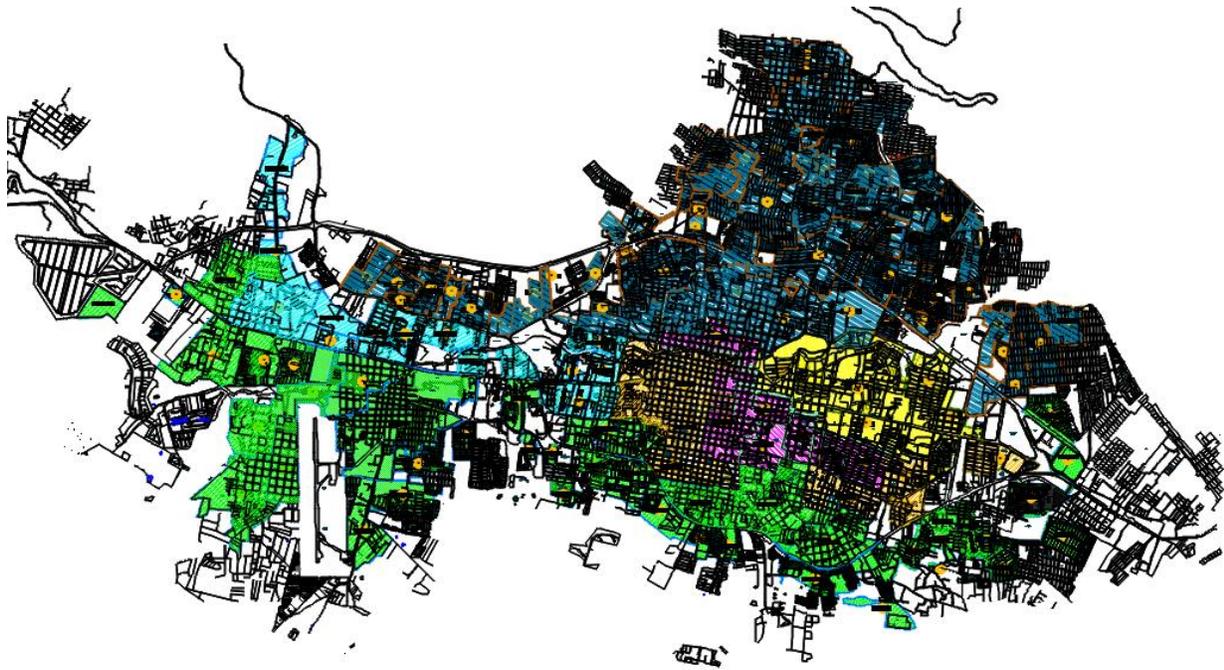
El Instituto Mexicano de tecnología del Agua (IMTA) en colaboración con Organismos como Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPA), CEAS, H. Ayuntamiento Municipal de Tuxtla Gutiérrez; así como, la

Secretaría de Obras Públicas del Estado de Chiapas, ejecutaron en los años del 2004 al 2009 el proyecto y obras de sectorización con la red de agua potable de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Resultado de ello, la configuración de 132 distritos hidrométricos, ver Mapa 14, página 59, de los cuales, en la actualidad el Organismo Operador, no opera ninguno, debido a muchos factores como:

- Obras inconclusas.
- Falta de macro y micromedición por la no instalación de medidores o deterioro por la antigüedad de las mismas.
- Con el paso del tiempo y por las condiciones de operación de la red se realizaron obras de interconexión de red, que hicieron perder la configuración original.

De allí se deriva la importancia de retomar, recorrer y evaluar técnicamente los distritos, iniciando con el distrito piloto DH02-L12C de la línea de 12" de diámetro de la Zona Centro, ver Mapa 15, página 60, que comprende colonias como Residencial Palmas, Fr Palmas Electricistas, Las Palmas, Calzada el Pencil, con la finalidad de mejorar las condiciones de operación controlando y reduciendo las pérdidas de agua potable.



Simbología

 DISTRITOS ZONA NORTE

 DISTRITOS ZONA SUR

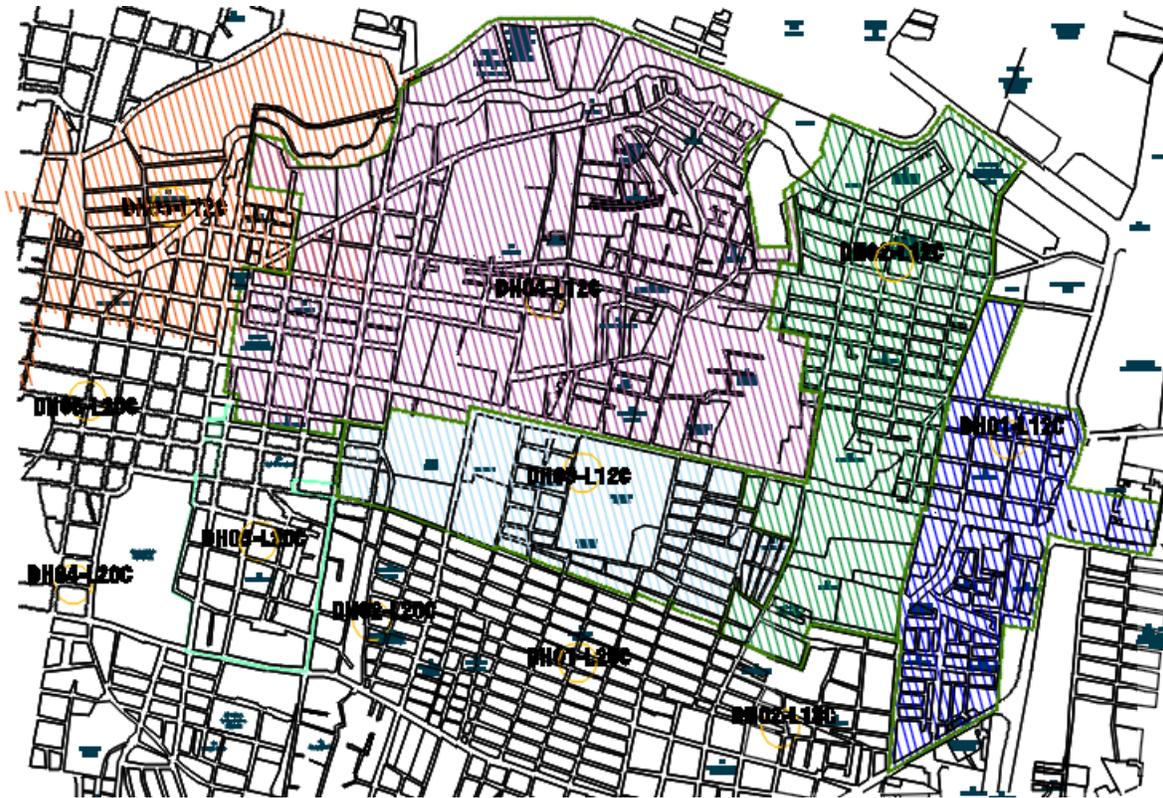
 DISTRITOS ZONA CENTRO 12"

 DISTRITOS ZONA CENTRO 18"

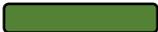
 DISTRITOS ZONA CENTRO 20"

 DISTRITOS ZONA CHACONA

Mapa 14. 132 Distritos Hidrométricos, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente IMTA-SMAPA.



Simbología

	DH01-L12C
	DH02-L12C (Piloto)
	DH03-L12C
	DH04-L12C
	DH05-L12C

Mapa 15. Área de influencia de la línea de 12” zona Centro y 05 Distritos Hidrométricos, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente IMTA-SMAPA.

3.4 Macromedición y micromedición.

“Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre. William Thomson Kelvin, físico y matemático británico (1824 – 1907)” (Consultores, 2021)

La medición es la base de la metodología de sectorización. La propuesta de delimitar áreas de red con la finalidad de medir y por ende controlar los caudales y las presiones. Obtener información y derivado de ello, analizar los datos y resultados, para determinar las acciones que se requieren para mejorar las condiciones de operación de la red de agua potable.

La macromedición es el proceso de lectura de caudales que ingresan al sistema, y que abastecen a su vez a más de un usuario. Para esta actividad es necesario de equipos fijos o portátiles de medición continua, con las características y obras complementarias que logren satisfacer las necesidades del punto de medición, actualmente las mejores eficiencias son obtenidas con equipos de medición electrónicos como los electromagnéticos y ultrasónicos. Mediante los macromedidores se pueden obtener lecturas por intervalos de tiempo muy pequeños, con alta precisión.

Por el contrario, la micromedición consiste en la lectura de caudales que ingresan y abastecen a un solo predio, pudiendo ser del tipo:

- Doméstico.
- Comercial.
- Industrial.
- Oficial.

El acumulado de consumos debido a todos los tipos de usuarios del distrito debería ser igual al ingresado por el macromedidor. De no ser así, es necesario realizar las acciones, que nos permitan identificar, cuáles son los puntos en los cuales se está perdiendo el volumen de agua y de esta manera poder recuperarlos.

La diferencia del volumen de agua que es ingresada a la red y registrada por medio del macromedidor, con respecto a la totalidad de agua consumida por los usuarios (reflejada en los micromedidores existentes en el distrito) corresponde al agua no contabilizada (ANC)

3.5 Modelación hidráulica.

El transporte y distribución de agua potable al interior de los sitios en los que el ser humano desarrolla sus tareas diarias, se ha venido convirtiendo en una tarea cada vez más compleja y necesaria, a medida que los centros poblados aumentan de tamaño y la disponibilidad del recurso disminuye (Toro, 2007)

Para satisfacer las necesidades del líquido, los seres humanos han buscado la forma de entender y reproducir el comportamiento de sus sistemas de acueducto, siendo solo hasta principios del siglo XX, que se descubrió un conjunto de ecuaciones físicas basadas capaces de representar los distintos fenómenos ocurridos (Toro, 2007)

A pesar de la validez y precisión de las expresiones mencionadas, fue necesario que pasaran más de cincuenta años antes de que el desarrollo de métodos numéricos avanzados en conjunto con los microprocesadores, permitieran a la ingeniería hidráulica disponer de herramientas capaces de reproducir de forma rápida y confiable el comportamiento de las redes de distribución (Toro, 2007)

En la actualidad, esta labor se realiza mediante el uso de paquetes computacionales especializados de fácil acceso, algunos de los cuales no tienen ningún costo. Debido a la rapidez y eficacia de dichas herramientas, hoy en día no existe ningún inconveniente en reproducir con precisión el desempeño de cualquier sistema de distribución sin importar lo grande o compleja que éste sea (Toro, 2007)

En México se han realizado esfuerzos para aplicar este tipo de modelos de simulación hidráulica y de calidad del agua en ciudades de mediano tamaño, y recientemente se han comenzado a emplear para el diseño de sectores hidrométricos, mediante un análisis de

contribución de fuentes (CONAGUA, Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución, 2019)

Una de esas herramientas de acceso libre y eficaces es el Software EPANET, el cual se utiliza para realizar simulaciones del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución de agua a presión.

La metodología utilizada por el software calcula los caudales en las tuberías y alturas piezométricas en los nudos bajo la consideración de conservación de masa y energía. Las ecuaciones que se generan en el proceso son conocidas por su no linealidad, por lo cual se hace uso del método del gradiente para su solución (Solórzano, 2017)

Este programa realiza las simulaciones dinámicas (flujo no permanente) o estáticas (flujo permanente) En este tipo de modelos (estáticos) da por hecho que los caudales demandados e inyectados permanecen constantes, que no existen variaciones en la operación en la red, y que el nivel en los tanques es fijo. Es cierto que las redes de distribución de agua potable no permanecen invariables a lo largo del tiempo. No obstante, estos modelos se emplean frecuentemente para analizar el comportamiento de la red con los caudales máximos horarios, así se les somete a las condiciones más desfavorables (CONAGUA, Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución, 2019)

Las propiedades o datos de entrada que requieren los elementos de la red y los resultados que arroja el modelo de flujo permanente se presenta en Figura 9.

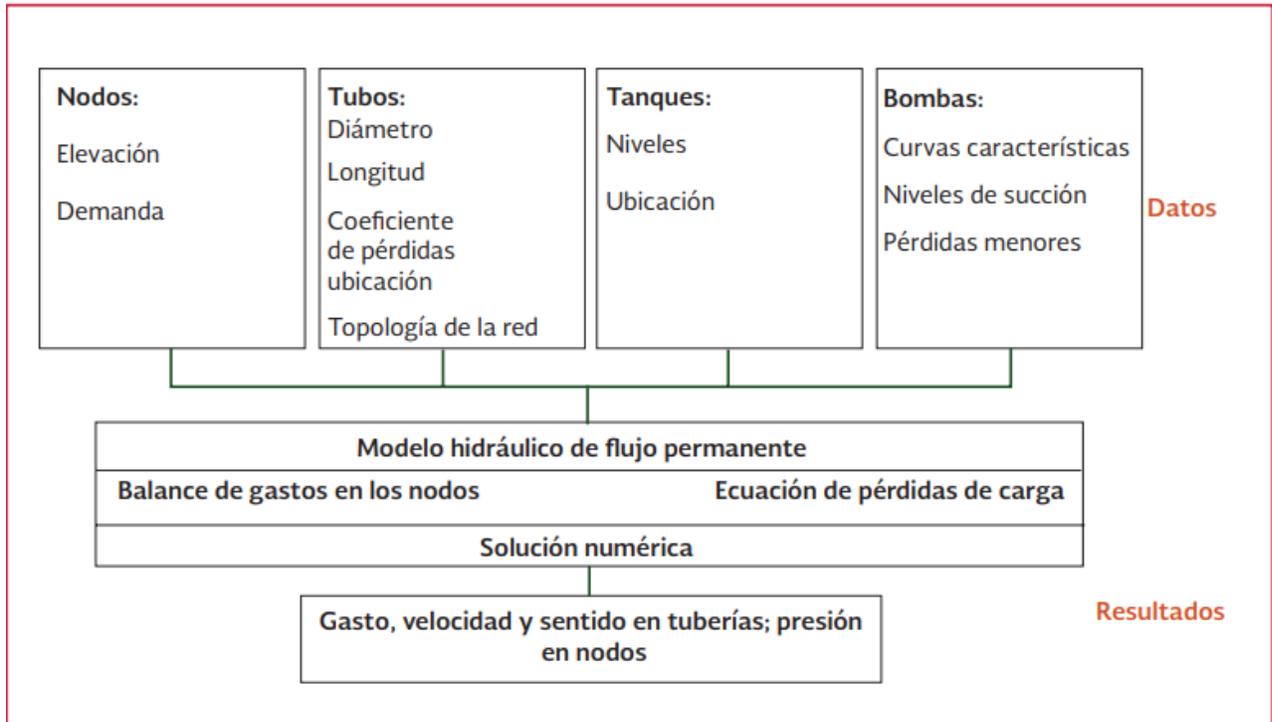


Figura 9. Diagrama de un modelo hidráulico de flujo permanente, fuente (CONAGUA, Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución, 2019)

3.5.1 Importancia de la modelación hidráulica.

Un modelo de simulación de una red de abastecimiento es una representación del funcionamiento hidráulico del sistema de distribución de agua potable de una ciudad real, verificable con mediciones de parámetros físicos. Este, debe convertirse en una herramienta de actualización continua.

Un modelo de simulación nos permite:

- Tener un patrón de comparación sobre el comportamiento de la red.
- Permite proyectar mejoras operativas con mayor certeza y en menos tiempo.
- Revisar los impactos de nuevas obras proyectadas por terceros, validar factibilidades (Curso Sistema de Operación, subsistema de abastecimiento de agua potable, Ing. Manuel, diciembre de 2020)

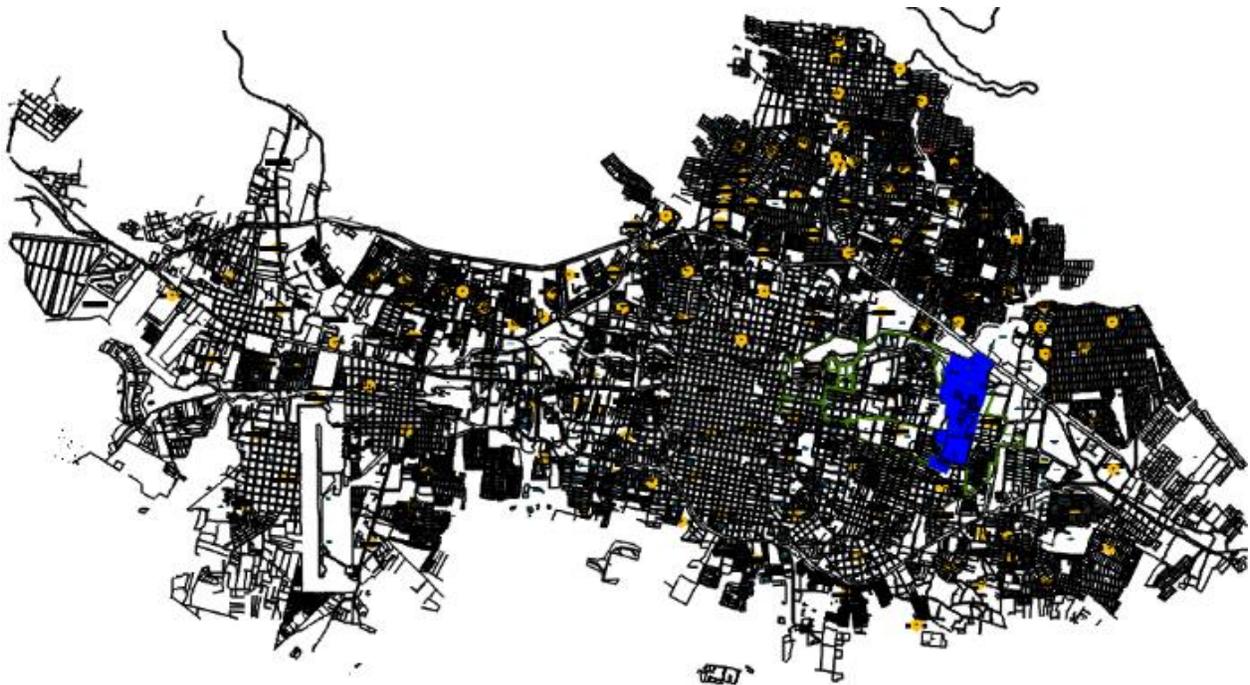
Actualmente la modelación de redes de agua potable por medio de software, es una necesidad dentro de los Organismos encargados de la prestación de servicios de agua potable. Poder visualizar mediante esta herramienta, cómo se comportará la red de agua potable, proponiendo las acciones que permitan la mejora de las condiciones operativas; y de esta manera poder tomar decisiones que se puedan ejecutar físicamente, con la garantía y confianza de que dichas acciones tendrán la eficiencia que requiere la red.

CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL DH02-L12C.

4.1 Diagnóstico de la situación actual del distrito DH02-L12C.

4.1.1 Ubicación geográfica del DH02-L12C.

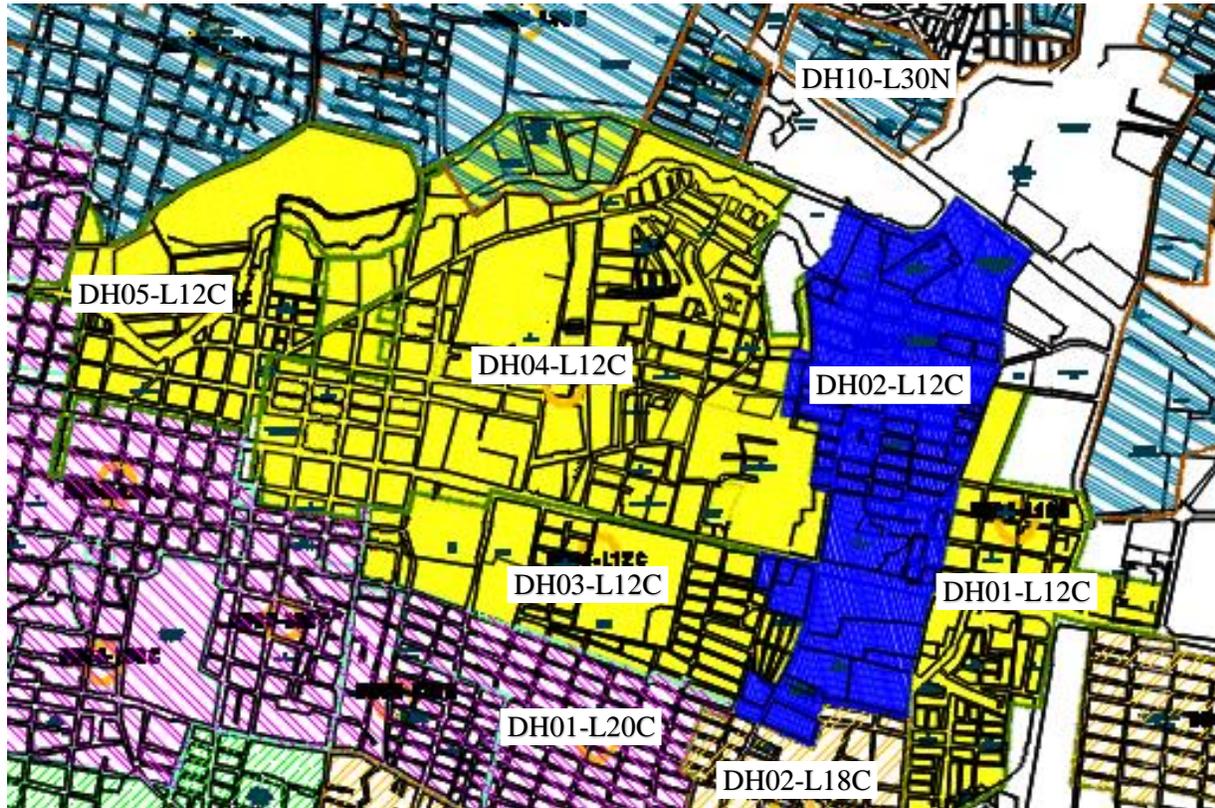
El Distrito Hidrométrico denominado DH02-L12C, forma parte de los distritos de la Zona Centro de la Ciudad delimitados por el IMTA en el año 2008, ver Mapa 16, teniendo como límites originales los siguientes, ver Mapa 17, página 68:



Mapa 16. Ubicación general de DH02-L12C de 12ª zona Centro, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente IMTA-SMAPA.

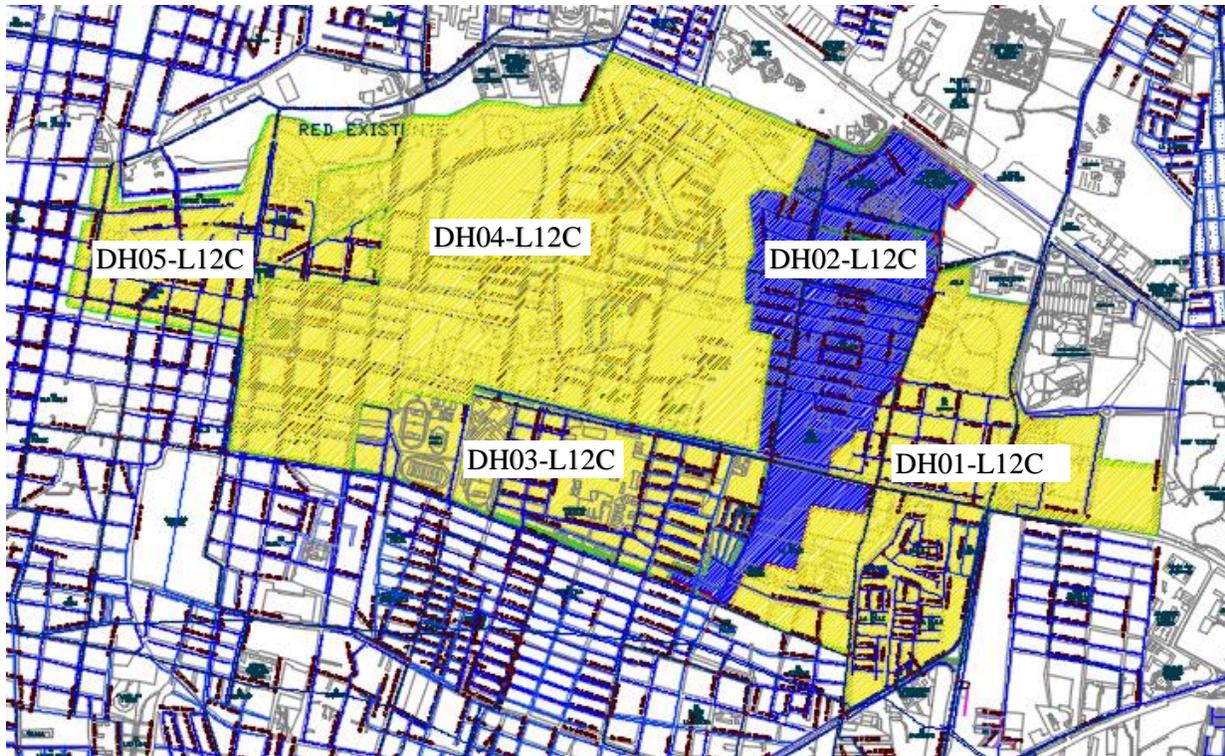
- Al norte con el Libramiento Norte (DH10-L30N)

- Al Sur con la Av. Miguel Hidalgo (DH02-L18C)
- Al Oriente Calle Presa Mazatepec (DH01-L12C)
- Al Poniente afluente al río Sabinal (DH03-L12C Y DH04-L12C)



Mapa 17. Distritos colindantes originales del DH02-L12C de 12ª zona Centro, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente IMTA-SMAPA.

Derivado de los recorridos e inspecciones ejecutadas en campo a partir de febrero del 2019, con la revisión y actualización del catastro de red, la configuración del DH02-L12C es como se observa en el Mapa 18, página 69, con el cual trabajaremos las acciones que adelante se detallan:



Mapa 18. Distritos colindantes derivado de actualización de catastro de red del DH02-L12C de 12'' zona Centro, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia SMAPA.

4.1.2 Características de los usuarios.

Para poder definir las características de los usuarios, se realizaron las actividades previas de delimitación de distrito, vinculación predio-contrato y actualización del catastro de la red de agua potable (se detallan más adelante)

4.1.2.1 Colonias Abastecidas.

El DH02-L12C está conformado por 2 colonias y 4 fraccionamientos como se describe en la Tabla 11, es importante mencionar que de las colonias corresponden únicamente ciertas calles, las cuales definiremos más adelante.

NO.	COLONIAS/FRACCIONAMIENTOS	PREDIOS	OBSERVACIÓN
1	CL LA SALLE	38	INCLUYE UNA SECCIÓN DE LA CL
2	CL LOS CHOFERES	20	INCLUYE UNA SECCIÓN DE LA CL
3	FR AMP LAS PALMAS	4	TODO EL FR
4	FR AMP LAS PALMAS ELECT	314	TODO EL FR
5	FR LAS PALMAS	506	TODO EL FR
6	FR RE CAMPESTRE LAS PALMAS	34	TODO EL FR
TOTAL		916	

Tabla 11. Colonias que componen el DH02-L12C, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia SMAPA.

4.1.2.2 Clasificación de usuarios.

En junio de 2019, la clasificación de usuarios según el tipo de uso en el distrito es el presentado en la Tabla 12:

NO.	USUARIOS SEGÚN USO	PREDIOS
1	COMERCIAL	109
2	DOMESTICO	774
3	INDUSTRIAL	6
4	OFICIAL	27
TOTAL		916

Tabla 12. Tipos de usuarios según su uso, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia SMAPA.

4.1.2.3 Población en el DH02-L12C.

De acuerdo a la Encuesta Intercensal 2015 elaborado por INEGI, el índice de hacinamiento para la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, es de 3.7 habitantes por vivienda; por tanto, el número de habitantes dentro del distrito y de acuerdo al número de predios levantados, es como se presenta en la Tabla 13 siguiente:

NO.	DISTRITO	PREDIOS	INDICE DE HACINAMIENTO	No. HABITANTES
1	DH02-L12C	916	3.7	3389

Tabla 13. Habitantes en el DH02-L12C, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia SMAPA.

4.1.3 Actividades preliminares.

Estas actividades permiten conocer cuál es la condición actual del DH02-L12C, cada una de ellas son actividades de campo, que se desarrollaron a través de un grupo de trabajo debido a la magnitud del área a trabajar. Se describen a continuación:

4.1.3.1 Vinculación predio-contrato.

En los primeros meses del año 2019, se inició la actividad de vinculación predio-contrato el cual consiste en la actualización de padrón de usuarios, se recorren las calles del área a trabajar, ver Foto 6, página 72, con la finalidad de actualizar el padrón de usuarios con respecto al uso actual; identificar por medio de la visita de campo domicilio por domicilio, las posibles tomas

clandestinas, el cual se compara con la información de la base de datos (ATL) del Organismo Operador; así como de conocer las condiciones actuales de los micromedidores, ver Foto 7, página 73, de esta actividad se podrán identificar un porcentaje de las pérdidas aparentes.



Foto 6. Actividad de vinculación predio-contrato en Fr Palmas Electricistas, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.



Foto 7. Ejemplo de estatus de micromedidores localizados en actividad de vinculación predio-contrato, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

Para esta actividad y la recopilación de datos se generó y utilizó una aplicación celular, creada por personal del Área de Informática del mismo Organismo, ver Figura 10, página 74 a) El cual contiene datos precargados de los usuarios del Sistema ATL (base de datos del SMAPA), con la característica de ingresar y guardar los datos obtenidos en campo como se observa en Figura 10 b), página 74.

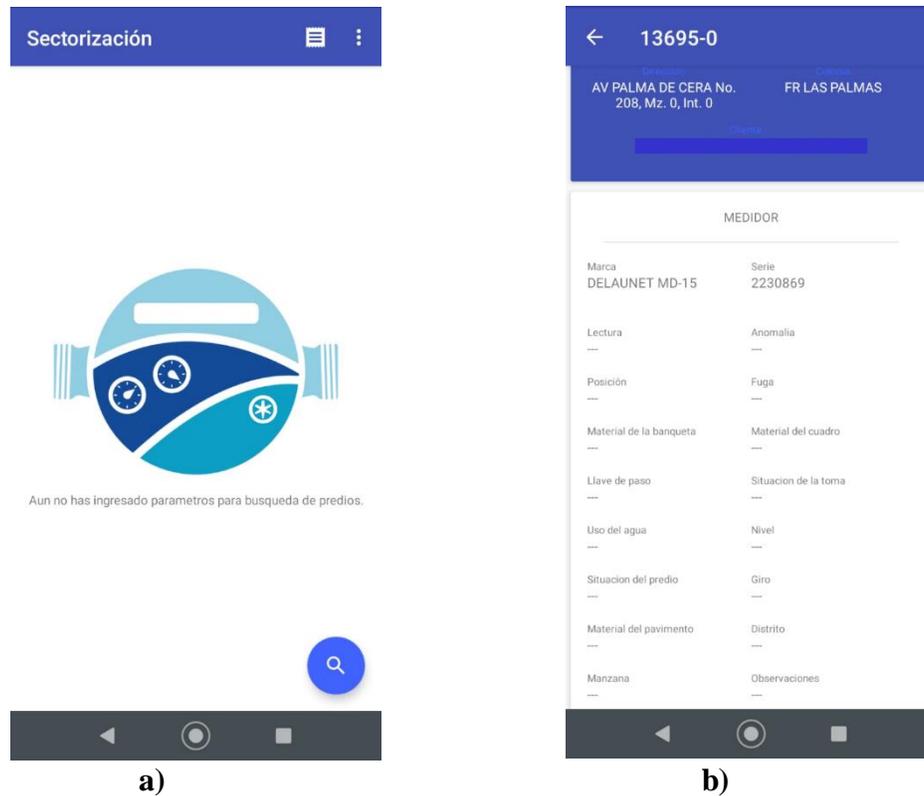


Figura 10. a) Presentación aplicación para captura de datos, b) Datos precargados y para captura de la actividad de vinculación predio-contrato, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

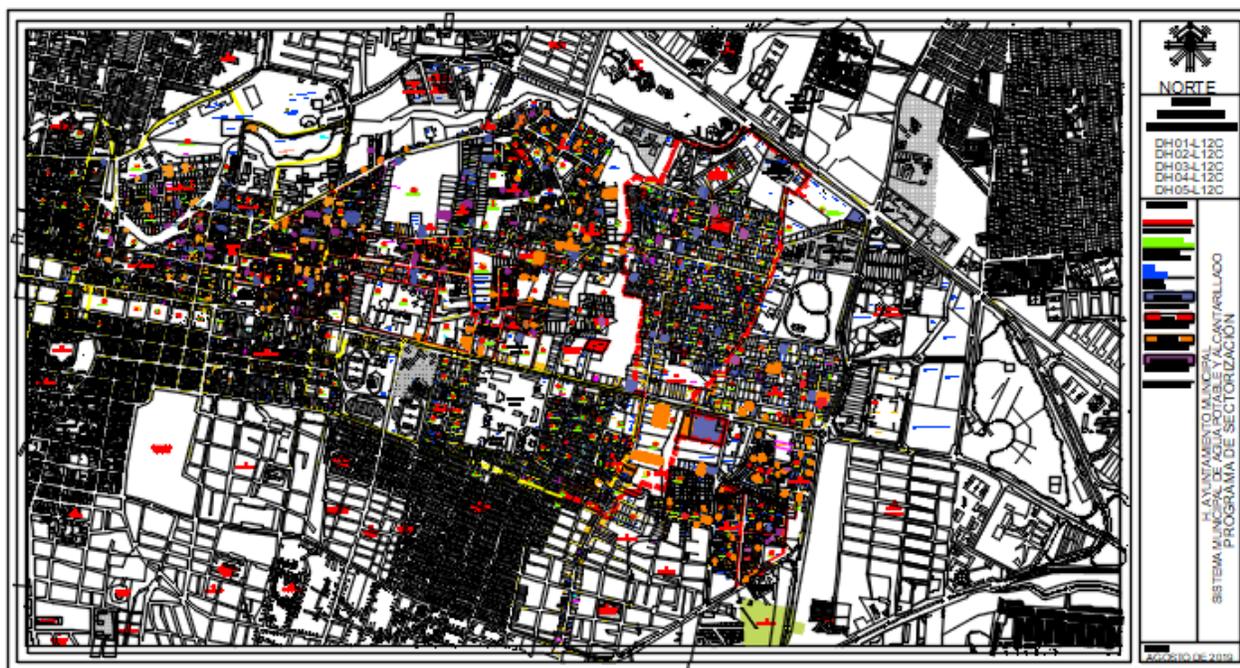
Resultado de esta actividad, se logran identificar lo siguiente, que se consideran dentro del grupo de pérdidas aparentes, del balance de agua de la Asociación Internacional del Agua:

- Estatus de los medidores, para proponer los cambios necesarios para el funcionamiento de los micromedidores dentro del DH02-L12C (error de medición en micromedidores)
- Posibles tomas sin contrato, el cual se notifica al área correspondiente para su análisis y seguimiento de regularización (consumos no autorizados); así como:

- Cambios de uso, los cuales fueron informados al área comercial, para que lleve a cabo la acción de cambios correspondientes.
- Identificación de predios que integran el DH02-L12C, descrito en tema 4.1.2 de este trabajo.
- Plano DWG indicando las características de los predios (ubicación, numero de casa, numero de predio) Ver Mapa 19, del DH02-L12C, ver Mapa 20, página 76.



Mapa 19. Características de los predios en plano DWG resultado de la Vinculación predio-contrato, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia SMAPA.



Simbología

--- Distrito DH02-L12C

Mapa 20. Plano DWG resultado de la Vinculación predio-contrato, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia SMAPA.

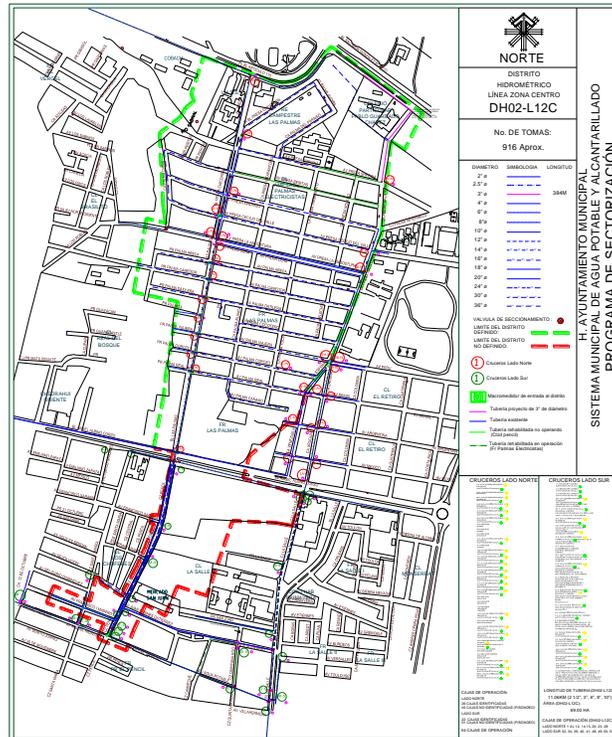
4.1.3.2 Delimitación del distrito.

Consiste en recorrer los límites originales del distrito para la corroboración del área de influencia del DH02-L12C, trabajo en conjunto que se realizó con el operador de válvulas de la zona; así como con el personal encargado de la distribución de agua potable en la Ciudad. Se suministra agua potable al distrito de estudio y cierra el suministro de agua de los distritos colindantes, de esta manera poder determinar mediante la verificación de los micromedidores los alcances físicos del agua, ver Foto 8, página 77.



Foto 8. Toma domiciliaria con servicio de agua potable Fr Las Palmas, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

Resultado de esta actividad, la zona norte queda delimitada como se observa en el Mapa 21, página 78, en la zona sur no hay hermeticidad de válvulas por lo que no se pudo identificar los límites, se requiere la sustitución de válvulas. Para definir la zona de estudio fue necesario realizar la actividad de catastro de red que se detalla a continuación.



Simbología

- - - Zona Norte delimitada
- - - Zona Sur no delimitada

Mapa 21. Límites de DH02-L12C de 12” zona Centro con la actividad de delimitación de distrito, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia SMAPA.

4.1.3.3 Actualización de catastro de red.

Esta actividad consiste en determinar mediante visitas de campo la infraestructura existente, en este caso en el DH02-L12C, ver Foto 9 de la página 79. Esta actividad cumple un papel fundamental en proceso de sectorización, ya que permitirá realizar un modelo de simulación hidráulica con la red de agua potable actualizada.



Foto 9. Catastro de red Blvd. Ángel Albino Corzo, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

El trabajo físico del levantamiento de cajas de válvulas es una actividad que tiene varios objetivos: complementar la actualización de los planos de la red de distribución de agua, evaluar el estado de las cajas y detectar fugas en los estoperos, volantes y juntas de las válvulas (CONAGUA, Mejora de Eficiencia Física, 2019), ver Foto 10, página 80.



Foto 10. Catastro de red Blvd. Ángel Albino Corzo, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

Para esta actividad se necesitó de la elaboración de un formato de levantamiento que contenga información, ver Figura 11, página 81, como:

- Ubicación geográfica.
- Croquis de localización.
- Detalle de fontanería.
- Datos de su estado.
- Diámetros.
- Fotografías de las válvulas, entre otros datos.

DIRECCION TECNICA/SUBDIRECCION DE CONCURSOS Y CONTRATOS/ DEPARTAMENTO DE SECTORIZACION.					
INSPECCION DE CAJA DE VALVULAS					
FICHA TECNICA No.	DI-N	DISTRITO HIDROMETRICO	DH02-L12C	FECHA	22/04/2019
COLONIA: LAS PALMAS			CROQUIS DE LOCALIZACION		
CALLE: BLVD. LAS PALMAS					
ENTRE CALLE:BLVD. ANGEL A. CORZO Y CALLE:					
No. DE CRUCERO: 1 (NORTE ORIENTE)					
No. DE TAPAS: 1		No. DE VALVULAS: 3			
MATERIAL DE LA TAPA: FOLIO.		TIPO DE PAVIMENTO: CONCRETO			
REFERENCIAS:					
DETALLE DE CRUCERO					
COORDENADAS GEOGRAFICAS					
LONGITUD: W 93.0901					
LATITUD: N16.7489					
ALTURA:					
CARACTERISTICAS DE LA VALVULA			CARACTERISTICAS DE LA VALVULA		
DIAMETRO: 3"			DIAMETRO: 3"		
TIPO DE VASTAGO: FIJO			TIPO DE VASTAGO:FIJO		
ESTADO FISICO DE LA VALVULA:			ESTADO FISICO DE LA VALVULA:		
OPERANDO		NO OPERANDO	OPERANDO		NO OPERANDO
CAUSA:			CAUSA:		
PIEZAS FALTANTES: VOLANTE			PIEZAS FALTANTES:		
RECOMENDACIONES			RECOMENDACIONES		
MANTENIMIENTO		SUSTITUCION	MANTENIMIENTO		SUSTITUCION

Figura 11. Formato de levantamiento de red, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

Resultado de esta actividad se digitaliza en un plano DWG con la información de la red actualizada, ver Anexo, y se forman fichas por cada una de las cajas de válvulas inspeccionadas, ver Anexo 2 y 3. Identificando un grupo de 29 cajas de operación de válvulas que corresponden al distrito DH02-L12C, la mayoría de las cajas de válvulas, así como la misma infraestructura, se encuentran en condiciones deterioradas.

4.1.3.3.1 Tanque.

El sistema cuenta con un tanque regulador superficial, ver Foto 11, página 83, del cual se derivan 3 líneas principales de alimentación dirigidos a la zona Centro de la Ciudad (12", 18", 20" de diámetro) Este tanque está ubicado en Libramiento Sur y acceso al Panteón San Marcos, Col. Los Pájaros (Planta Potabilizadora No. 1), ver Mapa 22, página 83. Las características de esta son las que se detallan en la Tabla 14.

Características	Tanque
Tanque	Potabilizadora 1 (PP1)
Tipo	Superficial
Material	Concreto
Elevación	587.76 msnm
Largo	15.05 m
Ancho	6.94 m
Altura	1.48 m
Volumen	154.6 m ³
Salida a DH01-L12C	12"

Tabla 14. Características del tanque superficial, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia SMAPA.



Foto 11. Tanque superficial Planta Potabilizadora No. 1, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.



Mapa 22. Ubicación de tanque superficial Planta Potabilizadora No.1, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente Google Earth, 09 de febrero de 2021.

4.1.4 Descripción del funcionamiento actual de la red.

Se alimenta desde el Tanque (Planta Potabilizadora 1) por gravedad a la red. Actualmente no se distribuyen respetando los distritos hidrométricos, el área de influencia de la línea de 12" de diámetro zona Centro es abastecido de manera tandeada en 3 secciones, ver Mapa 23, cada zona es abastecida cada cuarto día por un lapso de tiempo de 24 horas. El 94% de los predios del DH02-L12C (Fr Palmas, al norte del Blvd. Ángel Albino Corzo) es abastecido 24 horas cada 4° día como Zona I. La Calzada el Pencil es abastecida junto a la Zona III.



Mapa 23. Zonas de distribución actual del área de influencia de la línea de 12" Centro, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente Google Earth, 09 de febrero de 2021.

4.1.4.1 Medición de gastos.

Se realizaron mediciones de gastos a la salida del tanque superficial Planta Potabilizadora No. 1 con medidor de caudal ultrasónico Eurosonic 2000 HH (recomendado por la CONAGUA en el libro Mejora de eficiencia física, por su exactitud y por la versatilidad), ver Foto 12, obteniendo un gasto de 76 litros por segundo, este gasto es de suma importancia, y que es el parámetro para el comparativo del balance hidráulico que se detalla más adelante.

La medición se realizó en la salida del tanque debido a que actualmente el punto de inyección hacia el distrito DH02-L12C, ubicado en Calzada el Pencil esquina Avenida Miguel Hidalgo no está en operación para tal fin.



Foto 12. Introducción de datos en equipo ultrasónico para medición de gasto a la salida del Tanque PP1, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

4.1.4.2 Medición de presiones.

Se realizaron mediciones de presiones en colaboración del personal de sectorización y distribución de agua potable del SMAPA, obteniendo una presión promedio de la muestra de 1.0 kg/cm² (10.4 metros de columna de agua), ver Tabla 15.

NO.	DISTRITO	DIRECCIÓN	LECTURA PRESIÓN (KG/CM2)	LECTURA PRESIÓN (MCA)	HORA	FECHA
1	DH02-L12C	Blvd. Presa Chicoasén esquina Av. Presa Shpoina (Farmacia del Ahorr	0.900	9.000	10:21	20/02/2021
2	DH02-L12C	Av. Presa Peñitas 243 entre Blvd. Presa Chicoasén y Av. Presa Ixtapand	0.800	8.000	10:31	20/02/2021
3	DH02-L12C	Av. Presa Peñitas 243 entre Blvd. Presa Chicoasén y Av. Presa Ixtapand	2.000	20.000	07:40	21/02/2021
4	DH02-L12C	Blvd. Presa de la Angostura 575 Esquina Presa Mazatepec	1.400	14.000	10:45	20/02/2021
5	DH02-L12C	Blvd. Presa de la Angostura 575 Esquina Presa Mazatepec	3.000	30.000	07:30	21/02/2021
6	DH02-L12C	Av. Presa Shpoina esquina Presa Novillo	0.200	2.000	16:00	24/02/2021
7	DH02-L12C	Av. Presa Cecilio del Valle 321	0.900	9.000	16:07	24/02/2021
8	DH02-L12C	Av. Palma Areca 506	0.600	6.000	16:36	24/02/2021
9	DH02-L12C	Av. Palma Datilera 517 esquina Mazatepec	0.380	3.800	17:00	24/02/2021
10	DH02-L12C	Av. Palma Cocotero 428 (Fiscalia)	1.200	12.000	17:15	24/02/2021
11	DH02-L12C	Av. Palma China 848	0.500	5.000	17:05	24/02/2021
12	DH02-L12C	Blvd. Las Palmas esquina Av. Palma Datilera (Seguros Qualitas)	0.600	6.000	17:16	24/02/2021
13	DH02-L12C	Blvd. Las Palmas 112 entre Blvd. Angel Albino Corzo y Av. Palma Real	1.150	11.500	16:20	24/02/2021
14	DH02-L12C	Av. Palma Cañamo 14A entre Calle Palma Yuca y Palma Blanca	0.870	8.700	16:59	24/02/2021
PROMEDIO			1.0	10.4		

Tabla 15. Presiones en campo en el DH02-L12C, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente SMAPA.

De forma general, se recomienda realizar mediciones de presión en al menos 20 por ciento de los nodos de la red o del sector considerado. Es importante mencionar que es difícil que la ubicación de los puntos de medición coincida exactamente con un nodo del modelo, dado que cada uno de los nodos representa un determinado número de casas, por lo que se buscará tomar lecturas de presión en un punto próximo al nodo (CONAGUA, Mejora de Eficiencia Física, 2019) Existen 60 nodos, el 20% corresponde a 12 tomas de presiones.

En el caso de la calibración de la modelación hidráulica de la red, se deben alcanzar las presiones cercanas a las medidas en campo, para decir entonces que es una representación de red real.

4.2 Evaluación Hidráulica del DH02-L12C.

4.2.1 Cálculo de consumos y gastos de operación.

Con la información obtenida en campo y analizada con la base de datos de facturación del Sistema ATL del Organismo Operador, el número de predios en el DH02-L12C es de 916. De los cuales se toman como base para la determinación de los consumos y gastos de operación para la simulación hidráulica.

4.2.1.1 Cálculo de consumos.

Se obtienen las lecturas de los micromedidores de los usuarios que sirven de base para la facturación, por medio del sistema ATL, los cuales se analizan, obteniendo un consumo facturado de 18,300 m³./mes (valor antes de la corrección por error de micromedición) correspondiente a los 916 predios, ver Tabla 16, página 88.

Estos datos, se ocuparán en el balance hidráulico que detalla en el siguiente tema. Así mismo, estos volúmenes facturados serán convertidos en caudales promedio de operación necesarios para la simulación hidráulica.

DISTRITO	PREDIOS	CONSUMO
DH02-L12C	916	18300

Tabla 16. Consumo facturado (medido y no medido) en el DH02-L12C, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente Sistema de facturación ATL SMPA.

4.2.1.1 Cálculo de gastos de operación.

Para la determinación de los gastos de operación asignados a cada uno de los nodos en el proceso de simulación, se llevan a cabo las acciones siguientes:

- a) Se determinan los consumos promedio (con consumos medidos) por tipo de uso (comercial, doméstico, industrial y oficial) y este a su vez es convertido a litros por segundo (gasto) Los valores se pueden ver en Tabla 17. Correspondiente al gasto por tandeo.

USO	Q promedio (lps)
COMERCIAL	0.02451
DOMÉSTICO	0.01985
INDUSTRIAL	0.01883
OFICIAL	0.07787

Tabla 17. Gastos de operación promedio por tipo de uso en DH02-L12C, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

b) De la actividad de vinculación predio contrato, se determina el número de predios en cada una de las calles, que corresponderá al tramo de red a esquematizar. El valor de la demanda nodal corresponderá al producto del número de predios contabilizados (por tramo de red) por el gasto promedio (según el tipo de uso), ver Tabla 18. Al cual se le aplicará el coeficiente de variación horaria (CVH) como indica el libro de Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución de la CONAGUA.

“Para empezar, se hace un estudio de demanda promedio, en la cual se aplicarán los coeficientes de variación horaria, para el caso de las simulaciones estáticas” (CONAGUA, Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución, 2019)

Los gastos medio, máximo diario y máximo horario obtenidos, ver Tabla 19, página 90.

DIRECCION	CASA HAB.	COM. SECO	OFICINAS	COM. HUM.	ESCUELAS	CEN. SALUD	IGLESIAS	CASA HAB (LPS)	COM. SECO (LPS)	OFICINAS (LPS)	COM. HUM. (LPS)	ESCUELAS (LPS)	CEN. SALUD (LPS)	IGLESIAS (LPS)	Q TOTAL
AV PALMA ARECA	44	3	2	2				0.873243	0.0735332	0.04334	0.0376515	0	0	0	1.0277645
AV PALMA AVOIRA	1		3					0.0198464	0	0.06501	0	0	0	0	0.0848516
AV PALMA CAMEDOR	28	5	1	11	1	1	1	0.5557001	0.1225554	0.02167	0.207083	0.0778743	0.07787435	0.0778743	1.14063
AV PALMA CAÑAMO	20		1	1	1			0.3969287	0	0.02167	0.0188257	0.0778743	0	0	0.5152971
AV PALMA COCOTERO	40	1	1					0.7938573	0.0245111	0.02167	0	0	0	0	0.8400368
AV PALMA COROZO	45	1	3					0.8930895	0.0245111	0.06501	0	0	0	0	0.9826057
AV PALMA DATILERA	44				1		1	0.873243	0	0	0	0.0778743	0	0.0778743	1.0289917
AV PALMA DATILERA	3			1				0.0595393	0	0	0.0188257	0	0	0	0.078365
AV PALMA DE CERA	22	2			1		1	0.4366215	0.0490221	0	0	0.0778743	0	0.0778743	0.6413924
AV PALMA REAL	21	3						0.4167751	0.0735332	0	0	0	0	0	0.4903083
AV PALMA REAL	7	1		2				0.138925	0.0245111	0	0.0376515	0	0	0	0.2010876
AV PALMA VIAJERA	15	1						0.2976965	0.0245111	0	0	0	0	0	0.3222076
AV PALMA VIAJERA	33							0.6549323	0	0	0	0	0	0	0.6549323
AV PRESA ANGOSTURA	30							0.595393	0	0	0	0	0	0	0.595393
AV PRESA ANGOSTURA	20	1						0.3969287	0.0245111	0	0	0	0	0	0.4214397
AV PRESA CECILIO DEL	12							0.2381572	0	0	0	0	0	0	0.2381572

Tabla 18. Cálculo para asignación de demanda nodal, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

DISTRITO	Qm	Qmd	QMH
DH02-L12C	22.7	31.8	49.2
Q : Gasto medio (lps)			
Qmd : Gasto máximo diario (lps)			
QMH : Gasto máximo horario (lps)			

Tabla 19. Gastos de operación, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

4.2.2 Cálculo de eficiencia física.

La eficiencia física es el parámetro o índice de gestión, que indica la eficiencia de trabajo de una red hidráulica; así como las pérdidas de volumen de agua existentes en la zona de estudio. Para obtener estos valores se realiza un balance de agua propuesto por la IWA (Asociación Internacional del Agua), ver Tabla 20.

AGUA SUMINISTRADA	CONSUMO AUTORIZADO	CONSUMO AUTORIZADO FACTURADO	AGUA EXPORTADA		(EFICIENCIA FÍSICA) AGUA FACTURADA	
			CONSUMO FACTURADO MEDIDO	CONSUMO FACTURADO NO MEDIDO		
29,036 100%	15,863 54.6%	15,117 52.1%	0 0.0%	7,859 27.1%	15,117 52%	
				7,258 25.0%		
	PÉRDIDAS POTENCIALES DE AGUA 13,173 45.4%	NO MEDIDO	CONSUMO NO FACTURADO MEDIDO	0 0.0%		(ANC) AGUA NO FACTURADA 13,919 48%
		746 2.6%	CONSUMO NO FACTURADO NO MEDIDO	746 2.6%		
		PÉRDIDAS APARENTES	CONSUMO NO AUTORIZADO (USOS ILEGALES)	992 3.4%	992 3.4%	
		PÉRDIDAS REALES	FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS	12,181 42.0%	853 2.9%	
	FUGAS EN TUBERÍAS DE COND Y DIST		11,328 39.0%			
	FUGAS Y DERRAMES EN TANQUES		0 0.0%			

Tabla 20. Balance de agua del DH02-L12C, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

Determinando con ello una eficiencia física del 52% por ciento correspondiente a la red del DH02-L12C. Quiere decir que, 52 de 100 litros de agua suministrada a la red llega al destino final por medio de sus tomas, en los distintos giros: doméstico, comercial, industrial y oficial.

Se observa que el mayor porcentaje de pérdidas se concentra en el rubro de fugas en tuberías de conducción y distribución, 39.0%, para un total de pérdidas reales del 42.0%, de los cuales 2.90% se debe a fugas en tomas domiciliarias. Cabe mencionar, que un alto porcentaje de estas fugas corresponden a no visibles (fugas), tanto en la red, como en tomas clandestinas adicionales (no identificadas) a un predio. Así como, un 3.4% de perdidas aparentes.

El IMTA en su Informe Final sobre el Sistema de Gestión de Desempeño a nivel de Distritos Hidrométricos, indica los estándares de eficiencias mínimas permisibles para la eficiencia física de un 80.75%, con las acciones para la reducción de pérdidas mediante el método de sectorización en el SMAPA.

Por lo que, debemos aumentar la eficiencia física en un 28.75% con las acciones propuestas.

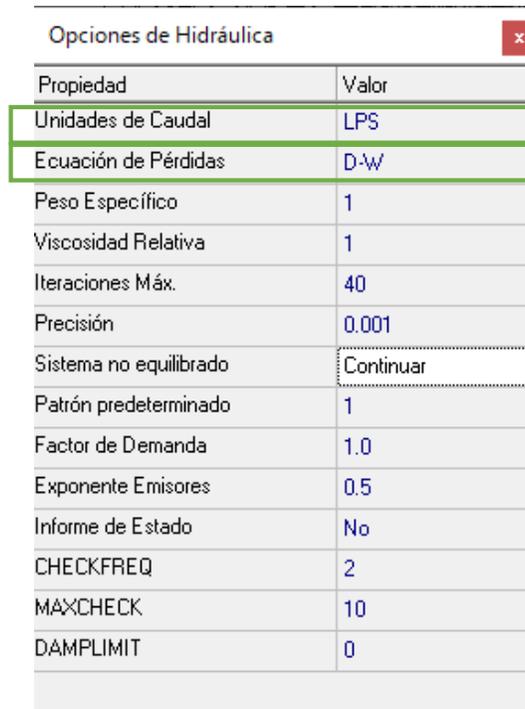
4.2.3 Modelación hidráulica de la red calibrada

El software utilizado para la construcción del modelo de red de agua potable del distrito DH02-L12C es EPANET 2.0 vE en español. Se mencionó en capítulos anteriores que este sistema es utilizado para realizar simulaciones del comportamiento hidráulico y la calidad de agua en redes de distribución de agua a presión. Se realiza el análisis estático, debido a que no se cuenta con micromedidores que permitan la lectura a través del tiempo, para realizar la curva de demanda.

4.2.3.1 Creación del modelo.

Se configura los valores de proyecto, las unidades de caudal en litros por segundo (lps.), y la ecuación de pérdidas recomendada por la CONAGUA, Darcy – Weisbach, ver Figura 12, página 93.

Se determina que, en el diseño de conductos a presión de sistemas de agua potable, para obtener de las pérdidas de energía se utilice el modelo de Darcy - Weisbach. Esto se debe a: el modelo de Darcy-Weisbach tiene un fundamento teórico, respecto al esfuerzo cortante entre la pared de la tubería y el líquido, así como a la viscosidad del mismo (CONAGUA, Datos Básicos, 2007)



Propiedad	Valor
Unidades de Caudal	LPS
Ecuación de Pérdidas	D-W
Peso Específico	1
Viscosidad Relativa	1
Iteraciones Máx.	40
Precisión	0.001
Sistema no equilibrado	Continuar
Patrón predeterminado	1
Factor de Demanda	1.0
Exponente Emisores	0.5
Informe de Estado	No
CHECKFREQ	2
MAXCHECK	10
DAMPLIMIT	0

Figura 12. Configuración de valores de proyecto EPANET, fuente elaboración propia.

Para la creación y esquematización de la red en el software EPANET, se inserta como fondo de trabajo, el plano de cartografía la sección de la Ciudad, del área de influencia de la línea de 12” Centro, ver Figura 13, página 94, tomada como referencia de un archivo del tipo DWG.

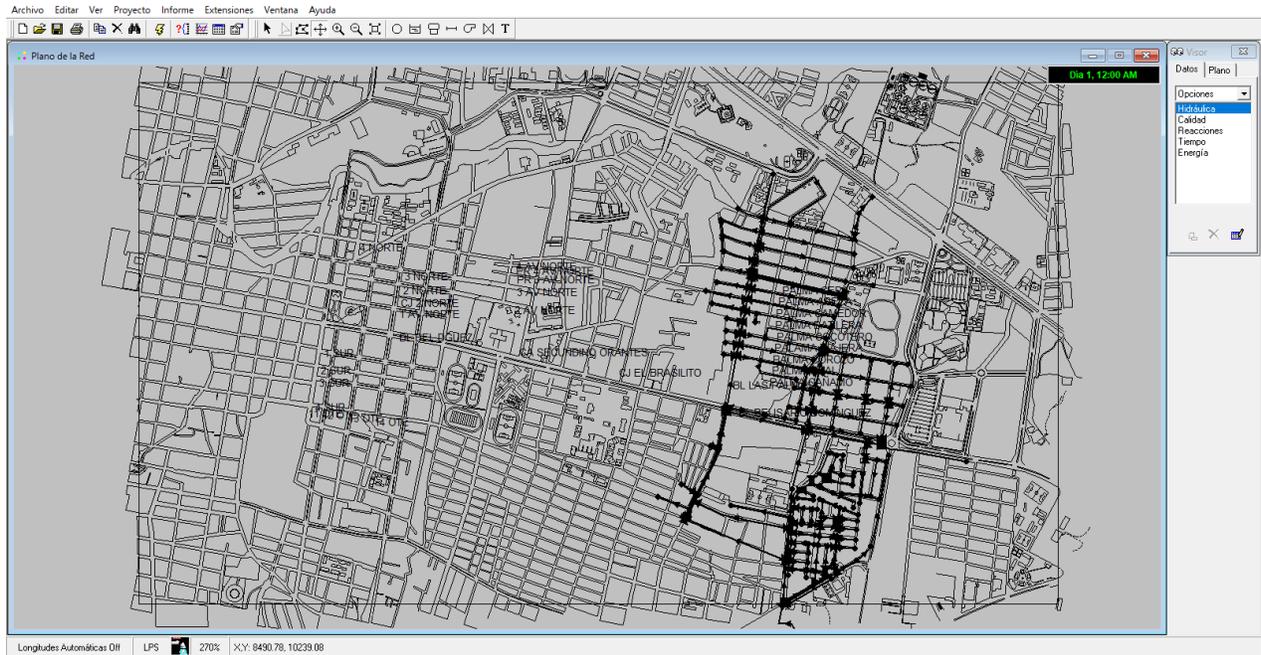


Figura 13. Cartografía del área de influencia de la línea de 12” Centro en EPANET, fuente elaboración propia.

Con las calles del DH02-L12C debidamente marcadas en el EPANET, se introducen los elementos físicos: nodos, tuberías, válvulas, tanque; conforme lo encontrado en la actualización de catastro y plasmado en plano de red DWG, ver Figura 14, página 95; así como, los valores de entrada de cada elemento, diámetro en tubería, ver ejemplo Figura 15, página 95, longitud, rugosidad, altitud en nodos, demandas, dimensiones y altitud en tanque.

"Evaluación Técnica del Distrito Hidrométrico DH02-L12C, Red de Distribución de agua potable, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas"

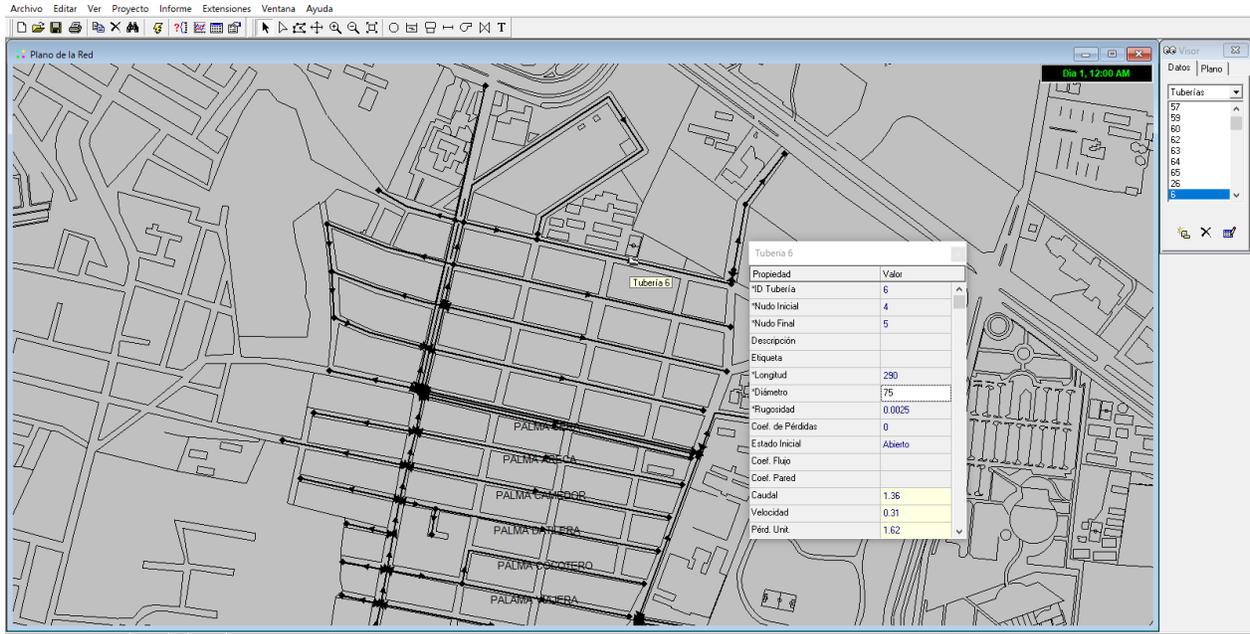


Figura 14. Configuración de la red de DH02-L12C en EPANET, fuente elaboración propia.

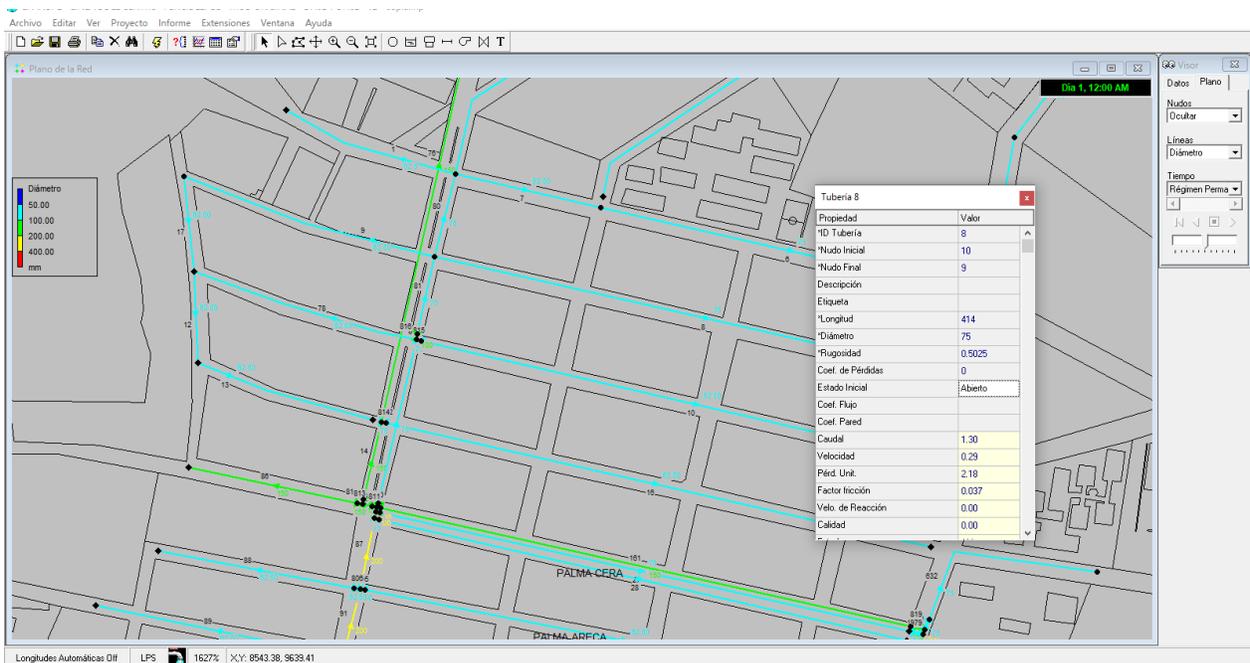


Figura 15. Diámetros en líneas EPANET, fuente elaboración propia.

Con lo anterior, se concluye con la primera fase de la construcción del modelo de simulación hidráulica. La segunda etapa, consiste en la calibración del modelo, se enfoca en la corrección y ajuste de los parámetros de la red (presión y caudal)

Cabe hacer mención, que para la construcción del modelo en EPANET, se considera la esqueletización de la red de agua potable del DH01-L12C; así como el distrito en estudio DH02-L12C, anexando la fracción de red que figura como punto de inyección al distrito 02, ubicado en Calzada el Pencil esquina Avenida Miguel Hidalgo, ver Figura 16.

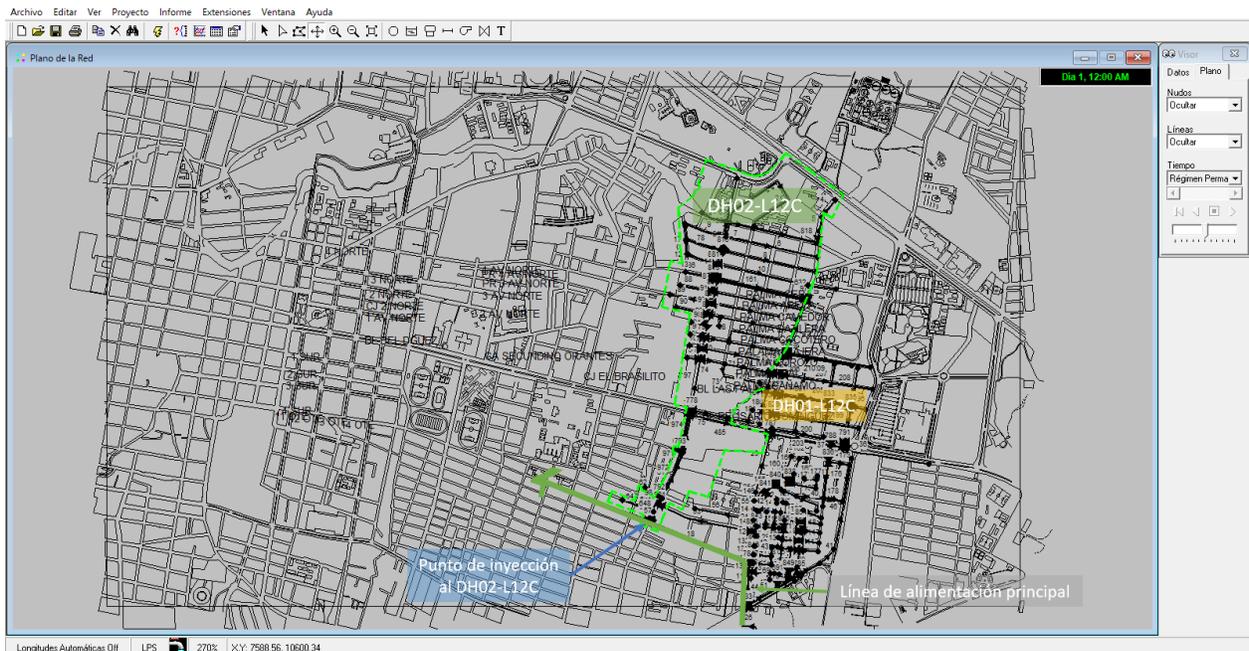


Figura 16. Esqueletización de la red DH01-L12C Y DH02-12C, fuente elaboración propia.

4.2.3.2 Calibración del modelo hidráulico.

Es el proceso en el que se realizan ajustes en los parámetros del modelo, para conseguir que el modelo reproduzca las mediciones observadas a un grado razonable de precisión. Tomando en consideración que no es posible que un modelo de estas características sea capaz de representar el funcionamiento de la red de distribución al 100 por ciento. Esto debido a las consideraciones iniciales, las simplificaciones de la red y las limitaciones propias del modelo matemático (CONAGUA, Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución, 2019)

El modelo simula el comportamiento de la red y como resultado se obtendrá la presión en los nodos de consumo y los caudales que circulan por las tuberías. Será válido el modelo si los valores de presión y caudal obtenidos en la simulación coinciden con los medidos en la red de distribución, dentro de cierto margen de tolerancia (CONAGUA, Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución, 2019)

De la evaluación de los resultados del modelo hidráulico, deberá ajustarse a lo indicado en el Manual de la CONAGUA.

Si bien no existe una norma de evaluación que pueda ser utilizada de forma general, se aplica una serie de criterios en varios países.

- Para modelos estáticos, los caudales deberán coincidir hasta 5 por ciento del caudal medido en campo.
- Los caudales con tolerancia de 10 por ciento o menos, deberán representar menos de 10 por ciento del total de la demanda.

Las presiones deben cumplir con cualquiera de las tres combinaciones:

- Hasta un 0.50 m., o 5 por ciento de variación en la carga, para 85 por ciento de las mediciones.
- Hasta 0.75 m., o 7.50 por ciento para 95 por ciento de las mediciones.
- Hasta 2 m., o 15 por ciento para el 100 por ciento de las mediciones (CONAGUA, Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución, 2019)

Para iniciar con la calibración, se considera una variación en el valor de la rugosidad del tubo (debido a su antigüedad) Para evaluar estos efectos, el criterio más efectivo recomendado por la CONAGUA es el de Genijew, con su fórmula siguiente:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_0 + at$$

Donde:

ε_t = Rugosidad del conducto después de t años de servicio (mm.)

ε_0 = Rugosidad del tubo nuevo (mm.)

a = Coeficiente que depende del grupo en que se clasifique el agua que va a escurrir (Grupo I = 0.025)

t = Número de años de servicio de la tubería.

De la formula anterior se obtienen los resultados siguientes, ver Tabla 21.

Material	Manual EPANET ϵ (mm)	Genijew ϵ (mm)	Años
PVC	0.0025	0.1775	7
PVC	0.0025	0.5025	20
Asbesto Cemento	0.025	0.525	20
Asbesto Cemento	0.025	0.925	36
<i>Nota: Consideraciones variables de antigüedad</i>			

Tabla 21. Rugosidades modificadas mediante formula de Genijew, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

Para la de modelación las pérdidas físicas, se hace uso de la herramienta emisores. Los emisores son mecanismos asociados a las conexiones que modelizan la descarga de caudal a la atmosfera a través de unos orificios. El caudal que atraviesa el emisor varía en función de la presión del nudo (Rossman, 2002), y se determina con la formula siguiente:

$$q = Cp^{\gamma}$$

Donde:

q = caudal (lps.)

p = presión (mca.)

C = coeficiente de caudal (descarga)

γ = exponente de la presión (0.50)

El coeficiente de caudal, irá modificándose en los nodos de la red modelada a fin de cumplir con los valores de presión y caudal (obtenidos en campo) y que establece la CONAGUA para la calibración de los parámetros del sistema de red, mencionados anteriormente.

4.2.3.3 Resultados del modelo calibrado

Esquema 1. Calibración modificando rugosidades y gasto máximo horario de 100.22 lps.

Como primera observación, al trabajar con el gasto máximo horario (100.22 lps., para distrito 01 y 02) indicado por manuales de la CONAGUA, el gasto medido en campo a la salida del tanque (76.0 lps.) queda por debajo de este, ver Figura 17, página 101.

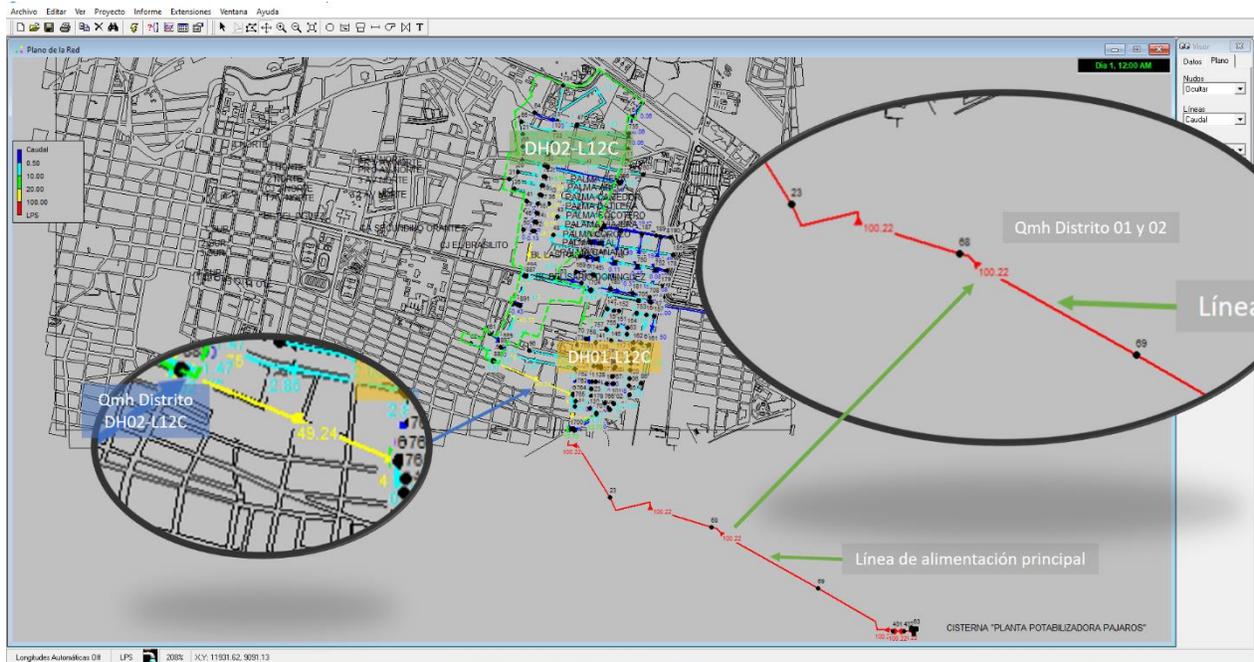


Figura 17. Gastos máximo horarios ingresados a EPANET, fuente elaboración propia.

Continuando con el gasto máximo horario 100.2 lps., las presiones generadas en EPANET, considerando la distribución actual (Zona I, dejando fuera la distribución en la calzada el Pencil), ingresando el agua potable al DH02-L12C por las Palmas (Calle Presa Mazatepec esquina Av. Presa la Angostura), y sin la modificación de rugosidades, valor de 0.0025 para PVC y 0.025 para asbesto cemento, ver Figura 18, página 102. Las presiones oscilan entre 30 y 50 mca. Cabe mencionar, que las presiones calculadas (30 y 50 mca.), distan mucho de los valores observados.

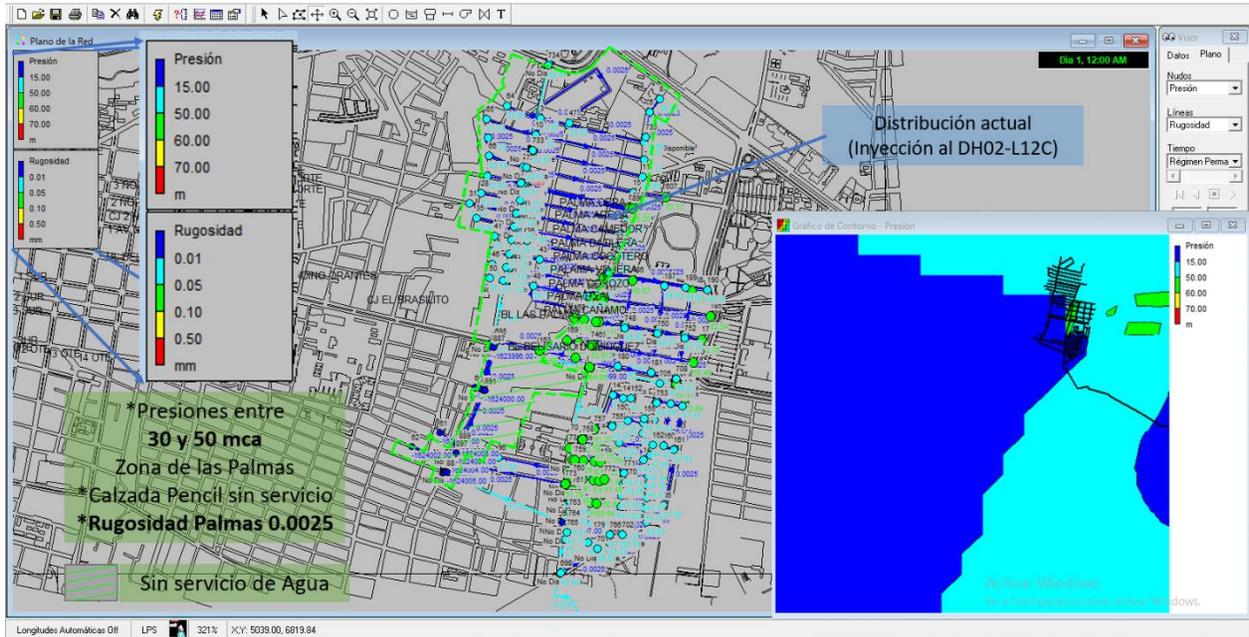


Figura 18. Distribución de presiones generadas por EPANET sin rugosidades modificadas, fuente elaboración propia.

A continuación, comparativo de presiones de simulación (calculado) y campo (observado), sin variación de rugosidades, ver Gráfico 1.

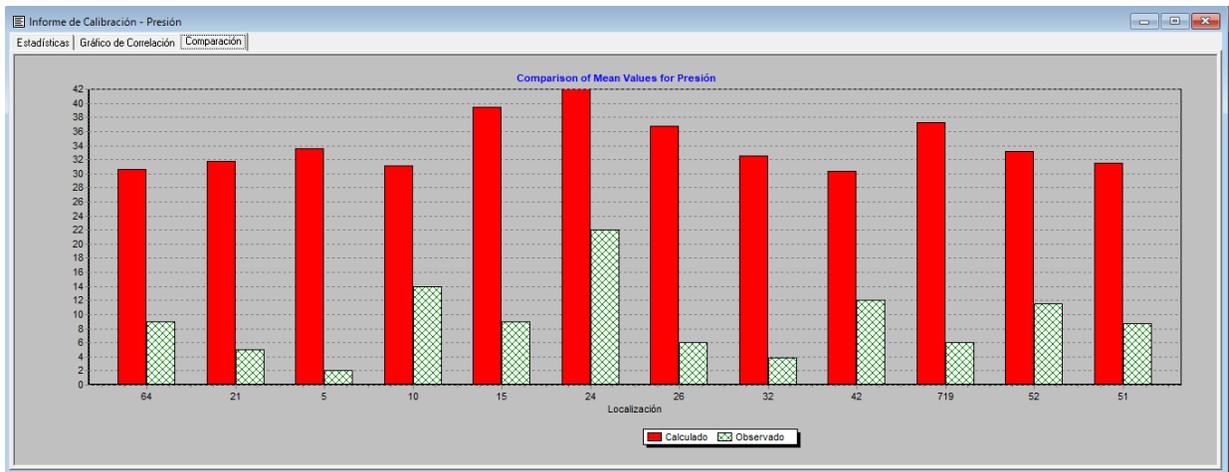


Gráfico 1. Distribución de presiones generadas por EPANET sin rugosidades modificadas, fuente elaboración propia.

Modificando las rugosidades, como se observa en Figura 19, se obtienen presiones cercanas a las determinadas en campo, pero con variaciones no proporcionales (2 a 30 mca.) Indicando con ello que las bajas presiones en campo respecto a lo modelado deben ser causa de las pérdidas reales en la red (en su mayoría a fugas no visibles), e identificadas en el balance de agua.

Así mismo, comparativo de presiones de simulación (calculado) y campo (observado), con la variación de rugosidades, ver Gráfico 2, página 104.

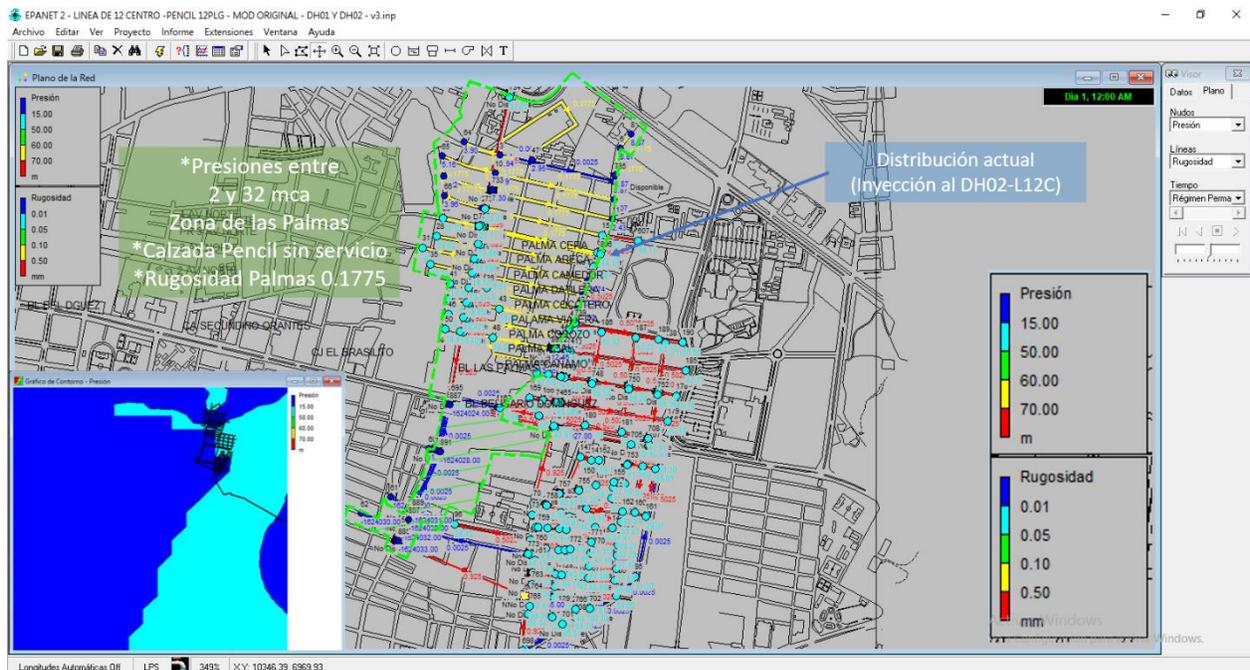


Figura 19. Distribución de presiones generadas por EPANET con rugosidades modificadas, fuente elaboración propia.

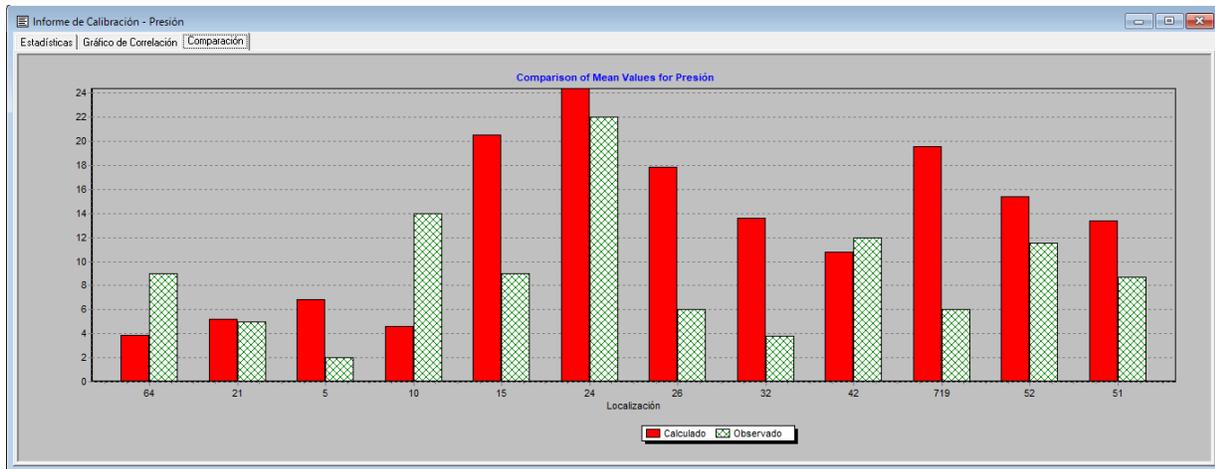


Gráfico 2. Distribución de presiones generadas por EPANET con rugosidades modificadas, fuente elaboración propia.

Se mencionan las acciones para lograr el aumento de las presiones para la operación del área total del DH02-L12C, derivado del análisis hidráulico en EPANET, ver Figura 20, página 106.

- Puesta en marcha de punto de inyección al DH02-L12C, ubicado el Calzada el Pencil esquina Avenida Miguel Hidalgo (considerando la colocación del macromedidor), cerrando la válvula limítrofe ubicado en Calle Presa Mazatepec esquina Av. Presa la Angostura.
- Colocación de válvula de regulación de 20" de diámetro, ubicada en Calzada el Pencil esquina Avenida Miguel Hidalgo, aguas abajo de la derivación de 12" Ø (punto de inyección al DH02-L12C)
- Puesta en marcha de un programa de sustitución de red, debido a su antigüedad y al aumento necesario de diámetro, para el cumplimiento de los rangos de valores indicados

por los manuales de CONAGUA, respecto a las velocidades, presiones y pérdidas por fricción en tramos específicos (observado en la simulación)

No obstante, es importante como primer punto, la puesta en marcha de un programa de control activo de fugas, del cual se deriva la identificación de fugas no visibles y su reparación, ya que el aumento de presión, solo ocasionará mayor pérdida de volumen de agua.

Las presiones tendrán un incremento promedio del 300 por ciento, ver Figura 21, página 106, comparando las presiones con la inyección de agua actual (Av. Presa Angostura esquina Calle Presa Mazatepec) y la propuesta (Calzada Pencil esquina Avenida Miguel Hidalgo), con la puesta en marcha del DH02-L12C.

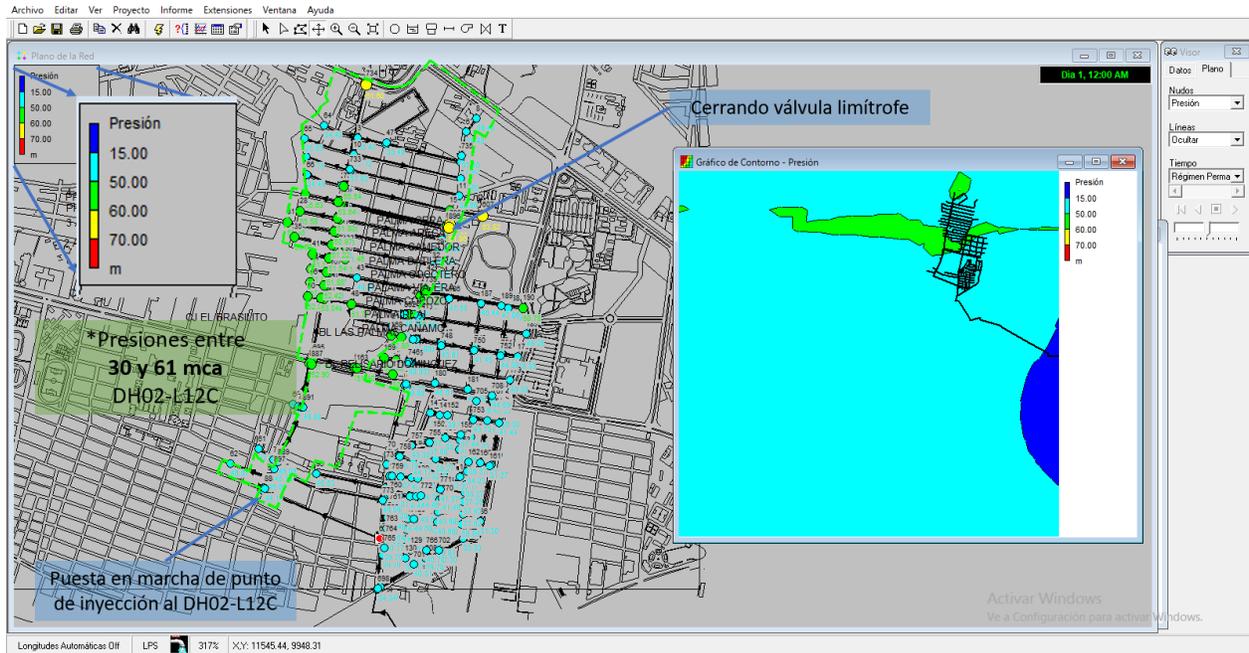


Figura 20. Distribución de presiones alcanzadas por EPANET con puesta en marcha del punto de inyección propuesto para el DH02-L12C, fuente elaboración propia.

Informe de Calibración - Presión				
Estadísticas de Calibración para Presión				
Localización	N° Observ	Observ	Calc Media	Medi
64	1	9.00	3.90	
21	1	5.00	5.22	
5	1	2.00	6.87	
10	1	14.00	4.59	
15	1	9.00	20.53	
24	1	22.00	24.39	
26	1	6.00	17.87	
32	1	3.80	13.61	
42	1	12.00	10.80	
719	1	6.00	19.57	
52	1	11.50	15.39	
51	1	8.70	13.36	
Sistema de Red 12		9.08	13.01	

Punto de inyección: Av. Presa Angostura esquina Calle Presa Mazatepec (distribución actual)

Informe de Calibración - Presión				
Estadísticas de Calibración para Presión				
Localización	N° Observ	Observ	Calc Media	Medi
64	1	9.00	34.43	
21	1	5.00	35.75	
5	1	2.00	37.40	
10	1	14.00	35.12	
15	1	9.00	51.05	
24	1	22.00	54.92	
26	1	6.00	48.84	
32	1	3.80	45.25	
42	1	12.00	43.23	
719	1	6.00	51.22	
52	1	11.50	52.23	
51	1	8.70	47.00	
Sistema de Red 12		9.08	44.70	

Punto de inyección: Calzada Pencil esquina Avenida Miguel Hidalgo (distribución propuesta al DH02-L12C)

Figura 21. Comparativo de presiones (promedio de calibración), aumento de 13mca. a 44 mca. (presiones calculadas), fuente elaboración propia.

Esquema 2. Calibración, modificando rugosidades y coeficiente emisor.

En este esquema se inicia trabajando con el gasto medio (46.20 lps., para distrito 01 y 02), el cual queda por debajo del gasto medido en campo a la salida del tanque (76.0 lps.), ver Figura 22.

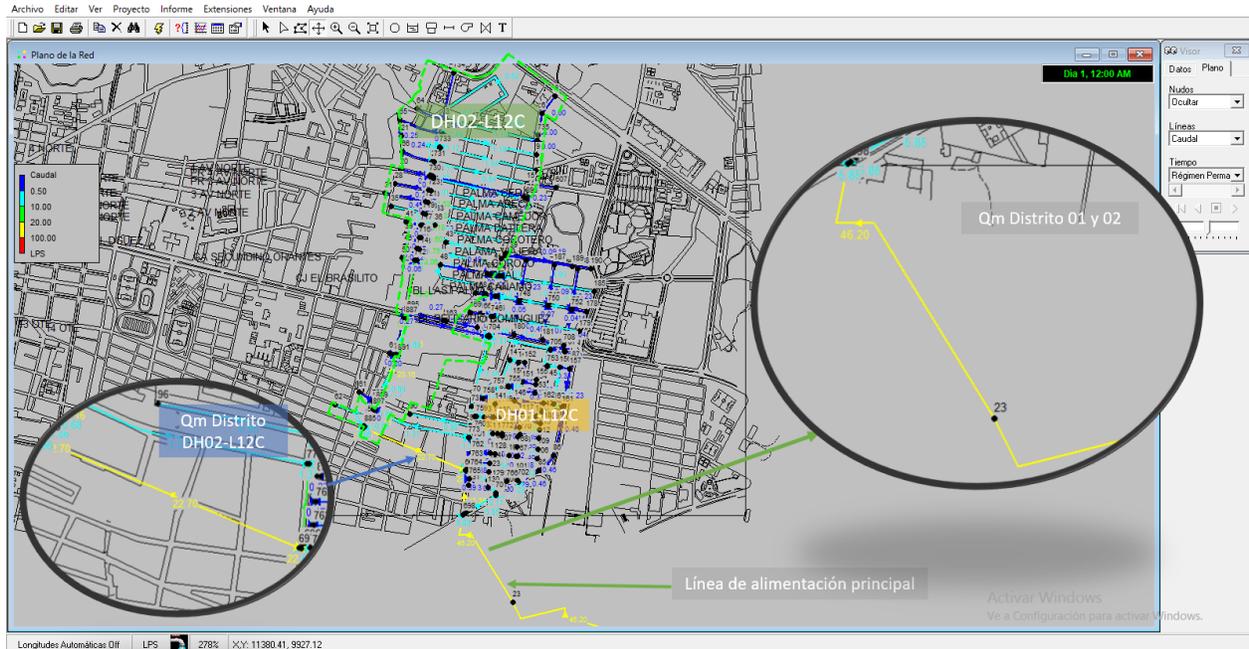


Figura 22. Gastos medios ingresados a EPANET, fuente elaboración propia.

Continuando con el gasto medio 46.20 lps., las presiones generadas en EPANET, considerando la distribución actual (Zona I, dejando fuera la distribución en la calzada el Pencil), ingresando el agua potable al DH02-L12C por las Palmas (Calle Presa Mazatepec esquina Av. Presa la Angostura), se manejan rugosidades con valor de 0.5025 para PVC y 0.925 para asbesto cemento, y sin valores de coeficiente emisor en los nodos, ver Figura 23, página 108. Las presiones calculadas oscilan entre 55 y 70 mca.

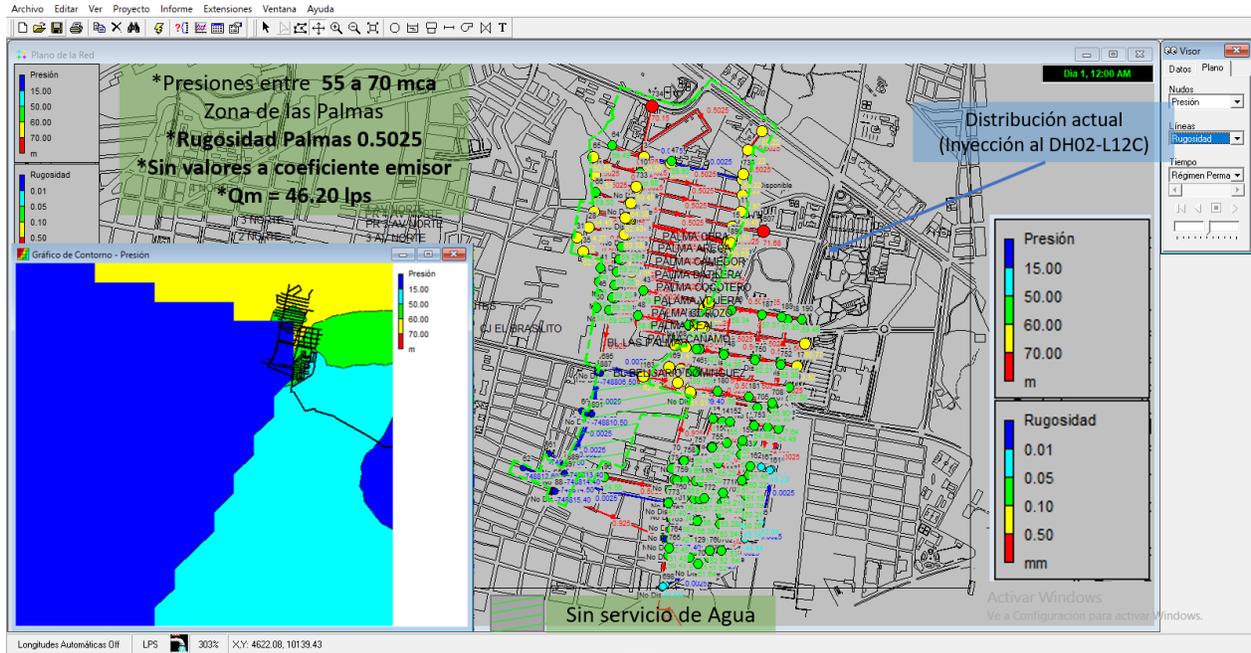


Figura 23. Distribución de presiones generadas por EPANET no considerando valores de coeficiente emisor, fuente elaboración propia.

A continuación, comparativo de presiones de simulación (calculado) y campo (observado), sin considerar los valores de coeficiente emisor en los nodos, ver Gráfico 3.

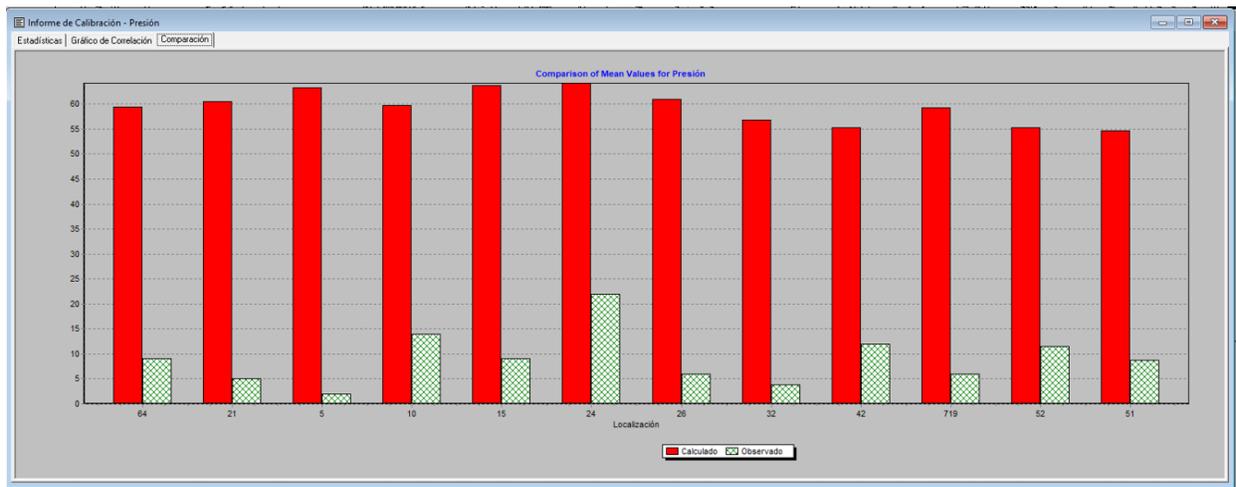


Gráfico 3. Distribución de presiones generadas por EPANET no considerando valores de coeficiente emisor, fuente elaboración propia.

Ingresando valores en nodos de coeficiente emisor, se obtienen presiones cercanas a las determinadas en campo, pero con variaciones no proporcionales (9 a 31 mca.), ver Figura 24. Indicando con ello que las bajas presiones en campo respecto a lo modelado deben ser causa de las pérdidas reales en la red (en su mayoría a fugas no visibles), e identificadas en el balance de agua.

Así mismo, comparativo de presiones de simulación (calculado) y campo (observado), con ingreso de valores de coeficiente emisor, ver Gráfico 4, página 110.

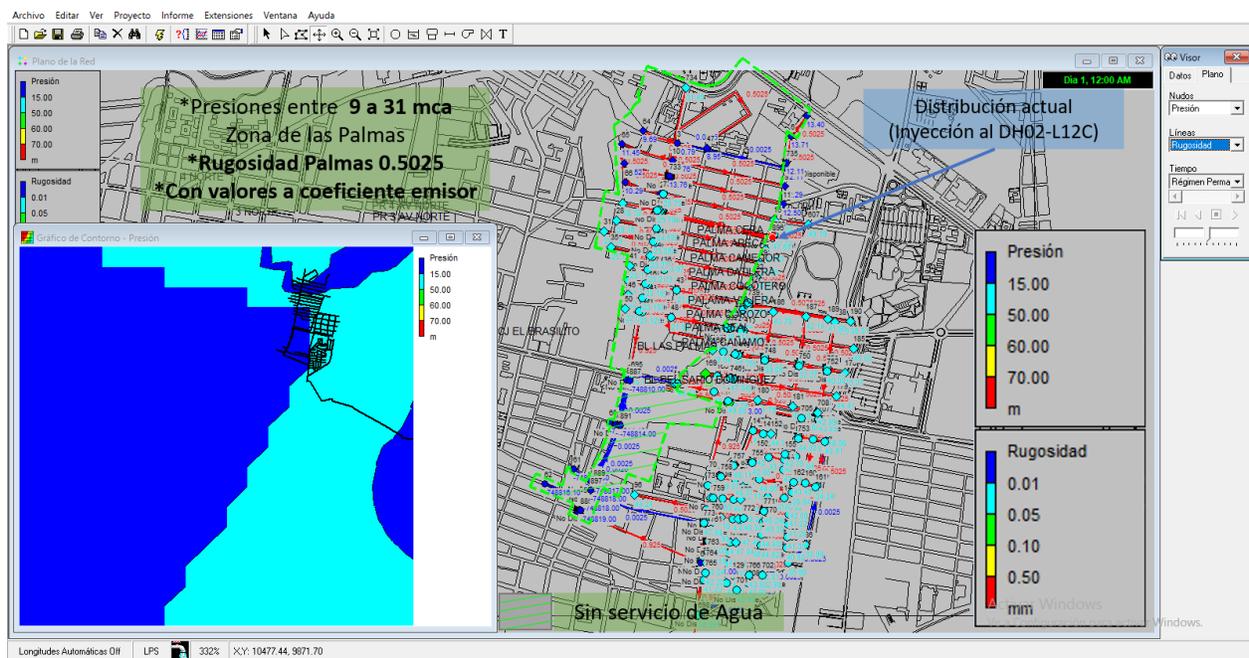


Figura 24. Distribución de presiones generadas por EPANET considerando valores de coeficiente emisor, fuente elaboración propia.



Gráfico 4. Distribución de presiones generadas por EPANET considerando valores de coeficiente emisor, fuente elaboración propia.

Para lograr el aumento de las presiones con la operación del área total del DH02-L12C, derivado del análisis hidráulico en EPANET, ver Figura 24, página 112. Se consideran las mismas acciones propuestas para esquema 1. Las cuales son:

- Puesta en marcha de punto de inyección al DH02-L12C, ubicado el Calzada el Pencil esquina Avenida Miguel Hidalgo (considerando la colocación del macromedidor), cerrando la válvula limítrofe ubicado en Calle Presa Mazatepec esquina Av. Presa la Angostura.
- Colocación de válvula de regulación de 20" de diámetro, ubicada en Calzada el Pencil esquina Avenida Miguel Hidalgo, aguas abajo de la derivación de 12" Ø (punto de inyección al DH02-L12C)
- Puesta en marcha de un programa de sustitución de red, debido a su antigüedad y al aumento necesario de diámetro, para el cumplimiento de los rangos de valores indicados

por los manuales de CONAGUA, respecto a las velocidades, presiones y pérdidas por fricción en tramos específicos (observado en la simulación)

No obstante, es importante como primer punto, la puesta en marcha de un programa de control activo de fugas, del cual se deriva la identificación de fugas no visibles y su reparación, ya que el aumento de presión, solo ocasionará mayor pérdida de volumen de agua.

Las presiones tendrán un incremento estimado del 200 por ciento, ver Figura 25, página 112, comparando las presiones con la inyección de agua actual (Av. Presa Angostura esquina Calle Presa Mazatepec) y la propuesta (Calzada Pencil esquina Avenida Miguel Hidalgo), con la puesta en marcha del DH02-L12C.

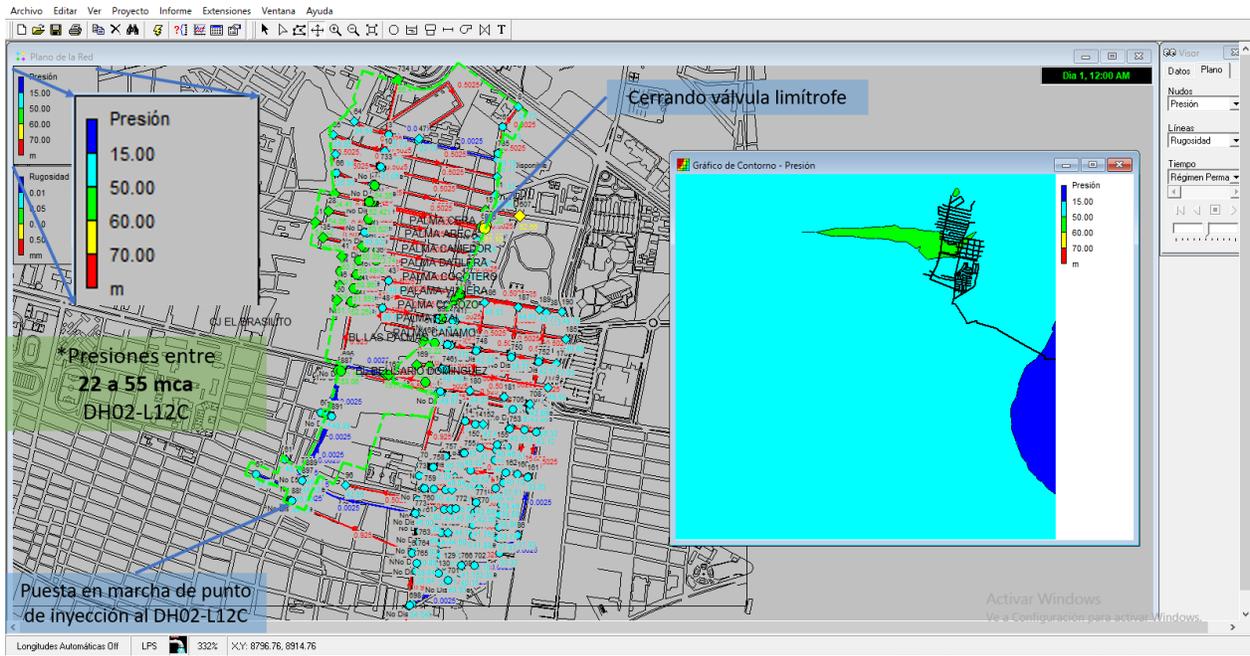


Figura 24. Distribución de presiones alcanzadas por EPANET con puesta en marcha del punto de inyección propuesto para el DH02-L12C, fuente elaboración propia.

Informe de Calibración - Presión

Estadísticas | Gráfico de Correlación | Comparación

Estadísticas de Calibración para Presión

Localización	N° Observ	Calc Media	Media
64	1	9.00	9.69
21	1	5.00	11.52
5	1	2.00	12.11
10	1	14.00	10.76
15	1	9.00	26.32
24	1	22.00	27.78
26	1	6.00	23.53
32	1	3.80	20.21
42	1	12.00	17.15
719	1	6.00	23.27
52	1	11.50	19.11
51	1	8.70	16.77
Sistema de Red 12		9.08	18.19

Punto de inyección: Av. Presa Angostura esquina Calle Presa Mazatepec (distribución actual)

Informe de Calibración - Presión

Estadísticas | Gráfico de Correlación | Comparación

Estadísticas de Calibración para Presión

Localización	N° Observ	Calc Media	Media
64	1	9.00	24.54
21	1	5.00	26.94
5	1	2.00	26.11
10	1	14.00	26.31
15	1	9.00	51.03
24	1	22.00	52.97
26	1	6.00	48.74
32	1	3.80	46.65
42	1	12.00	43.32
719	1	6.00	50.09
52	1	11.50	52.04
51	1	8.70	44.18
Sistema de Red 12		9.08	41.08

Punto de inyección: Calzada Pencil esquina Avenida Miguel Hidalgo (distribución propuesta al DH02-L12C)

Figura 25. Comparativo de presiones (promedio de calibración), aumento de 18 a 41 mca. (presiones calculadas), fuente elaboración propia.

4.2.3.4 Revisión de tanque superficial y coeficiente de regulación.

La regulación tiene por objeto cambiar el régimen de suministro (captación-conducción), que normalmente es constante, a un régimen de demandas (de la red de distribución), que siempre es variable. El tanque de regulación es la estructura destinada para cumplir esta función (CONAGUA, Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado, 2019)

Para determinar la capacidad del tanque de regulación se utiliza la ecuación siguiente:

$$C = RQ_{md}$$

Donde:

C = capacidad de tanque (m³.)

R = coeficiente de regulación.

Q_{md} = gasto máximo diario (lps.)

Cuando no se conozcan los coeficientes de demanda de una localidad en particular, se recomienda aplicar los presentados a continuación, ver Tabla 22, página 114, coeficientes de regulación para diferentes ciudades del país, indicado en libro de diseño de redes de distribución de agua potable, de los manuales de la CONAGUA.

Tiempo de suministro al tanque (h) Coeficiente de regulación	
24	11
20 (de las 4 a las 24 horas)	9
16 (de las 5 a las 21 horas)	19

Tabla 22. Coeficiente de regulación, fuente (CONAGUA, Diseño de Redes de Distribución, 2019)

Dado que el tanque denominado Potabilizadora 1, alimentará a los DH01-L12C y DH02-L12C como una zona de distribución. Se analizará el tanque con el gasto máximo diario de ambos distritos. Los resultados de la revisión del tanque son los indicados en la Tabla 23.

Distrito	Tanque	Capacidad actual (m ³)	Q _m (lps)	Q _{md} (lps)	R	C Requerida (m ³)
DH01-L12C	Potabilizadora 1(PP1)	154.6	23.5	32.9	11	362
DH02-L12C	Potabilizadora 1(PP1)	154.6	22.7	31.8	11	349
		154.6	46.2	64.7	11	711
<i>Q_m : Gasto que demanda el DH01-L12C y DH02-L12C, cada 4to día de servicio.</i>						
<i>Q_{md} : Gasto máximo diario</i>						
<i>CVD (Coeficiente de variación diaria) : 1.4</i>						
<i>R: Coeficiente de regulación para 24 horas de suministro al tanque</i>						
<i>C Requerida : Capacidad de tanque requerida (m³)</i>						

Tabla 23. Capacidad de tanque actual y requerida, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

Se observa que la capacidad del tanque actual es insuficiente.

4.3 Plan de mejora.

Para la reducción de pérdidas de volumen de agua en el distrito DH02-L12C, se requiere realizar las siguientes acciones, como resultado del balance de volúmenes de agua del DH02-L12C y análisis hidráulico modelado en el software EPANET:

- Programa para control activo de fugas, el cual es de mucha importancia, porque las fugas representan el mayor porcentaje de pérdidas reales. Dentro de ello, la adquisición de equipo para detección de fugas no visibles (geófonos, correladores), tanto en red, como en tomas clandestinas adicionales a un predio (no identificadas) y su inmediata reparación. Con un rango de recuperación del 39%, el mayor porcentaje corresponde a fugas que no se pueden ver a simple vista. El volumen asciende a 11,328 m³., mensual. Para llegar a un 80.75% de eficiencia física, en una primera parte se podría recuperar en fugas 22.45% (6520 m³.), del volumen de agua perdida en tuberías. Y, en consecuencia, atender las demandas con el agua recuperada.
- Regularización de tomas clandestinas identificadas, del cual se podrá recuperar un caudal mensual de 992 m³., (3.4%)
- Reparación de fugas en tomas domiciliarias, el cual corresponde a un 2.9%, 853 m³., de volumen de agua mensual recuperada.

De los conceptos anteriores y la recuperación de caudales a una eficiencia física del 80.75%, se podrá mejorar la dotación de agua suministrada a cada usuario, ver Tabla 24, página 116. Pasando de una dotación de 149 a 231 litros/habitante/día. Los manuales de la CONAGUA recomiendan una dotación promedio para clima Cálido Húmedo de 201 litros/habitante/día.

DISTRITO	PREDIOS	HABITANTES	CONSUMO	DOTACIÓN	OBSERVACIÓN
DH02-L12C	916	3389	15117	149	DOTACIÓN ACTUAL
DH02-L12C	916	3389	23482	231	APLICANDO PLAN DE REDUCCION DE PÉRDIDAS.

Tabla 24. Comparativo de dotaciones antes y después de la aplicación de plan de reducción de pérdidas, SMAPA Tuxtla Gutiérrez, fuente elaboración propia.

- Programa para la sustitución de micromedidores y cambiar el estatus de las cuotas fijas, priorizando a los predios con altos consumos.
- Suministro y colocación de macromedidor de 12” de diámetro en Cl Pencil, esquina Avenida Miguel Hidalgo (punto de inyección al distrito DH02-L12C), para la medición continua del gasto de ingreso al distrito.
- Programa para la sustitución de la red de agua potable en el distrito en sus distintos diámetros (gestión patrimonial de redes), derivado de la antigüedad de la red, así como del análisis hidráulico modelado en EPANET, para cumplir con los parámetros de velocidad, presión y perdidas por fricción, establecidos en las normas de la CONAGUA.
- Programa para control de presiones, basados en las mediciones de campo, así como del análisis hidráulico modelado en EPANET, para realizar los movimientos necesarios para mejorar las presiones del sistema.
- Aplicación de políticas para la recepción de nuevos fraccionamientos en función a la eficiencia física de la red.
- Mantenimiento correctivo, trabajos inherentes al mejoramiento de las válvulas y respectivas cajas de operación (sustitución de válvulas y/o colocación de válvulas nuevas, desazolves, limpieza)
- Mantenimiento preventivo en la infraestructura hidráulica.

Conclusiones.

Mediante el balance de volúmenes de agua, se identifica una pérdida de agua del 48.0% en el DH02-L12C, concentrado principalmente en las pérdidas reales: fugas en tuberías y tomas domiciliarias, 39.0% y 2.9%, respectivamente.

Existe un rango de recuperación del volumen del 48.0%, que permitirá trabajar para alcanzar la eficiencia física deseada del 80.75%, del 52% actual.

La elaboración de los análisis de volumen de agua, mediante el balance recomendado por la IWA (Asociación Internacional del Agua), nos permite identificar, donde se concentra el mayor porcentaje de pérdidas y, por ende, poder ejecutar un plan de acción.

Mediante la modelación en EPANET, es posible determinar las acciones más efectivas dentro de la red de distribución del DH02-L12C, para la mejor operatividad del sistema (aumento de presiones requerido), visualizando los resultados de manera gráfica en la interfaz del software.

El software EPANET, no solo es una herramienta eficiente en el diseño de redes nuevas de agua potable; si no también en la modelación y calibración de redes en operación.

El uso de esta herramienta (EPANET), no solo se dirige exclusivamente al análisis de distritos hidrométricos, puede ser utilizado en tramos o secciones de red que requieran de un análisis por deficiencia en el servicio, o en la red misma.

El uso del software (EPANET) y análisis de información mediante los balances de agua, son herramientas fundamentales, en el proceso de sectorización, mediante distritos hidrométricos, para los Organismos Operadores.

Esta metodología puede ser aplicada a los 131 distritos hidrométricos restantes en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez; así como, a otras Ciudades.

REFERENCIAS

Alejo, L. O., & Bourguet Ortiz, V. (2001). *Reducción Integral de Pérdidas de agua Potable*.

México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

CONAGUA. (2007). *Datos Básicos*. México, D.F.: MAPAS CONAGUA.

CONAGUA. (2007). *Redes de Distribución*. México, D.F.: MAPAS CONAGUA.

CONAGUA. (2019). *Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*. México, D.F.: MAPAS CONAGUA.

CONAGUA. (2019). *Diseño de Redes de Distribución*. México, D.F.: MAPAS CONAGUA.

CONAGUA. (2019). *Mejora de Eficiencia Física*. México, D.F.: MAPAS CONAGUA.

CONAGUA. (2019). *Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución*. México, D.F. : MAPAS CONAGUA.

Congreso, L. L. (2019). *Plan Municipal de Desarrollo Administración 2018 - 2021*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: Periódico Oficial No.059.

Consultores, A. (07 de Enero de 2021). *Aiteco Consultores S.L*. Obtenido de <https://www.aiteco.com/lo-que-no-se-mide/>

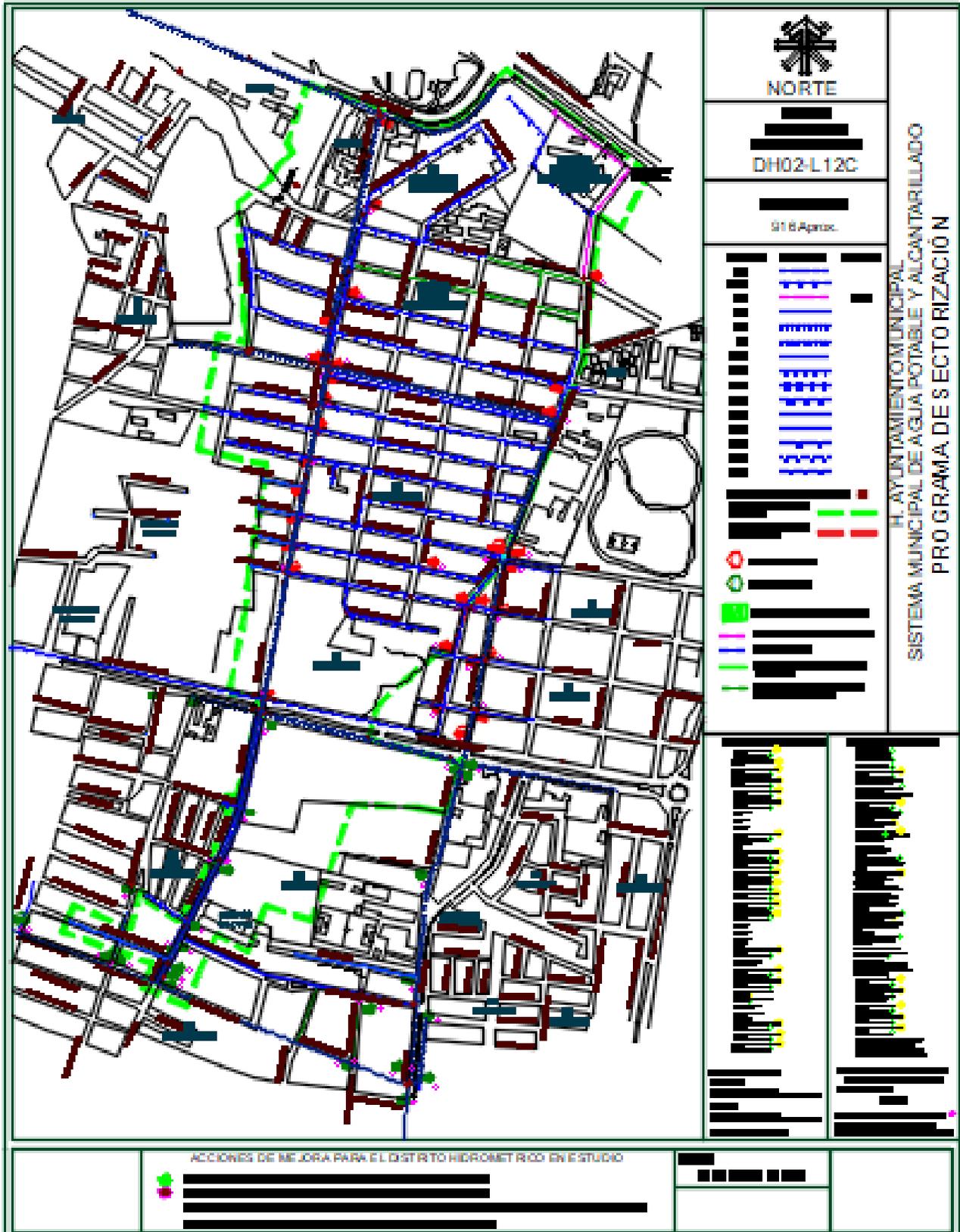
Economía, S. d. (2015). *Reporte Tuxtla Gutiérrez*. Tuxtla Gutiérrez: Gobierno Municipal.

Fundación Wikimedia, I. (07 de Diciembre de 2020). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Municipio_de_Tuxtla_Guti%C3%A9rrez#cite_note-14

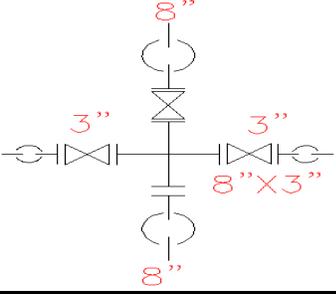
- Paz, M. A., & Sánchez Ponce, A. T. (2019). *Reducción de pérdidas de agua potable mediante el método de sectorización en el Distrito de Salaverry, Departamento La Libertad*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Rojas, M. d. (2017). *Metodología de evaluación de pérdidas de agua potable y análisis de factibilidad de medición continúa en grandes conducciones. Caso: Gran alimentadora-Valparaíso*. Valparaiso, Chile: Universidad Técnica de Federico Santa María.
- Rossman, L. A. (2002). *EPANET 2.0 MANUAL DE USUARIO*. Cincinnati, OH: U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.
- Sandoval, L. F., Ruiz, J. R., Flores, S., & Toxky López, G. (2016). La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia. *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, 29-43.
- Solórzano, J. S. (2017). *Ejercicios Prácticos en Epanet*. Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Toro, C. M. (2007). *Metodología de calibración de redes de distribución de agua potable*. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.

ANEXOS

ANEXO 1. Plano de Red actualizada en DWG



ANEXO 2. Formato de levantamiento de catastro (hoja 1 de 2)

DIRECCION TECNICA/SUBDIRECCION DE CONCURSOS Y CONTRATOS/ DEPARTAMENTO DE SECTORIZACION.					
INSPECCION DE CAJA DE VALVULAS					
FICHA TECNICA No.	DI-N	DISTRITO HIDROMETRICO	DH02-L12C	FECHA	22/04/2019
COLONIA: LAS PALMAS CALLE: BLVD. LAS PALMAS ENTRE CALLE: BLVD. ANGEL A. CORZO Y CALLE: No. DE CRUCERO: 1 (NORTE ORIENTE) No. DE TAPAS: 1 No. DE VALVULAS: 3 MATERIAL DE LA TAPA: FO.FO. TIPO DE PAVIMENTO: CONCRETO REFERENCIAS: DETALLE DE CRUCERO			CROQUIS DE LOCALIZACION 		
			COORDENADAS GEOGRAFICAS LONGITUD: W 93.0901 LATITUD: N16.7489 ALTURA:		
CARACTERISTICAS DE LA VALVULA			CARACTERISTICAS DE LA VALVULA		
DIAMETRO: 3"			DIAMETRO: 3"		
TIPO DE VASTAGO: FJO			TIPO DE VASTAGO: FJO		
ESTADO FISICO DE LA VALVULA:			ESTADO FISICO DE LA VALVULA:		
OPERANDO		NO OPERANDO	OPERANDO		NO OPERANDO
CAUSA:			CAUSA:		
PIEZAS FALTANTES: VOLANTE			PIEZAS FALTANTES:		
RECOMENDACIONES			RECOMENDACIONES		
MANTENIMIENTO		SUSTITUCION	MANTENIMIENTO		SUSTITUCION
COMENTARIOS: UNA VÁLVULA SIN VOLANTE			COMENTARIOS:		
EVIDENCIA FOTOGRAFICA			EVIDENCIA FOTOGRAFICA		
					
OBSERVACIONES GENERALES: - SE DEBERA REALIZAR CAMBIO DE 2 VALVULAS EXISTENTES DE 3" DE DIAM. E INSTALACION DE 1 VALVULA DE 8" DE DIAM. NUEVA. CON SUS RESPECTIVAS PIEZAS ESPECIALES PARA UN MAYOR CONTROL.			OBSERVACIONES GENERALES: -		
NOMBRE DEL INSPECTOR					
EQUIPO CATASTRO					
FIRMA					
			HOJA 01 DE 02		

ANEXO 2. Formato de levantamiento de catastro (hoja 2 de 2)

DIRECCION TECNICA/SUBDIRECCION DE CONCURSOS Y CONTRATOS/ DEPARTAMENTO DE SECTORIZACION.							
INSPECCION DE CAJA DE VALVULAS							
ESTADO DE CAJAS							
FICHA TECNICA No.	DI-N	DISTRITO HIDROMETRICO		DH02-L12C	FECHA	22/04/2019	
DIMENSION DE LA CAJA EN METROS		X= 0.80		Y= 1.35		Z= 1.67	
TIPO DE CAJA							
1	2	3	4	5	6	7	OTRO:
ESTADO FISICO DE LA CAJA							
AGRIETADA		DESTRUIDA		SELLADA		OTRO	
LA CAJA SE ENCUENTRA AZOLVADA POR			TIERRA-BASURA		AGUA		OTRO
ESPECIFICAR: LODO, BASURA							
MATERIAL DE TUBERIA							
CEMENTO ASBESTO		FD.FD		PVC		ACERO INOXIDABLE	
OBSERVACIONES GENERALES: SE DEBERA INSTALAR TAPA, ESCALERRILLAS, DRIFICIO Y REHABILITAR CAJA DE OPERACION QUE SE ENCUENTRA EN MAL ESTADO;							
CONTRAMARCO: 110 CM. TAPA: 1							
BOMBEO: 1 HR							
NOMBRE DEL INSPECTOR							
EQUIPO CATASTRO							
FIRMA							
						HOJA 02 DE 02	