



UNIVERSIDAD MICHOCANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL
MUNICIPIO DE CIUDAD HIDALGO”

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

GERARDO SOLACHE GARCÍA

ASESOR DE TESIS:
DR. CONSTANTINO DOMÍNGUEZ SÁNCHEZ

MORELIA, MICHOACÁN

SEPTIEMBRE DE 2018





AGRADECIMIENTOS

A DIOS

A Dios agradezco por la vida prestada, por darme fuerzas para seguir adelante en todo momento de desesperación y angustia, por los dones que me ha dado, la inteligencia y por ponerme siempre delante de mí a todas las personas que siempre me han apoyado y me han guiado para poder lograr esta meta.

A MIS PADRES

Por la vida que me han dado, por todo su apoyo moral y económico, por todo esos consejos que me han llevado a ser hombre de bien y que mejor que un profesionista, sin su ayuda no podría ser posible llegar tan alto, más sin embargo no importaron los momentos de escases económica ellos siempre me dieron lo que tenían a su alcance.

A MIS HERMANOS

A Roberto por todo el apoyo económico que me brindo, que siempre estuvo al pendiente de todo lo que requería para seguir adelante.

A Erika por enseñarme y guiarme para poder salir adelante sin importar que estábamos solos y lejos de casa, por todas sus comidas que me preparaba con mucho gusto y cariño, el tiempo que estuvo conmigo.

A LA DRA. SONIA

Agradezco de todo corazón a la Dra. Sonia Tatiana por toda su ayuda, por sus consejos, por la orientación, por todos los conocimientos transmitidos, por llevarme de la mano hacia el éxito, y claro también por sus regaños positivos, porque sin importar ella siempre ha querido lo mejor para uno, siempre quiere ver brillar a sus alumnos, como toda madre quiere lo mejor para sus hijos.





A MI ASESOR

A mi asesor de tesis el Dr. Constantino, doy las gracias y le agradezco mucho por todo el tiempo que me ha dedicado para llevar a cabo la elaboración y revisión constante de este trabajo de tesis, por sus consejos y todos sus conocimientos que me han ayudado a obtener buenos resultados de mi tesis

A MIS AMIGO Y SERVICIO SOCIAL

Agradezco a mis amigos de la 6ta. Sección como también a los de la 1ra. Sección con quien compartí diversos momentos de alegrías y trabajos. Agradezco a mis compañeros de trabajo; Dani, Julio, Marisela y de forma muy especial a María Reyna, quienes en todo momento me ayudaron y me enseñaron a trabajar dentro del laboratorio de hidráulica. De la misma forma doy las gracias por el apoyo de mis compañeros actuales de trabajo; Ángel, Azucena y Katy Onchi, por los momentos compartidos y trabajo en equipo.

Agradezco a mis amigos quienes me apoyaron contantemente durante su elaboración de servicio social; Alan, Diana, Daniel, Liz, Gabriela, Esmeralda, Armando, Julissa y de manera especial a mi consentida el servicio del mes Alondra Camargo.

A mi novia

Le doy las gracias a mi novia Anayeli, por estar siempre apoyándome incondicionalmente, por sus palabras de motivación por su paciencia y por todo su amor, te quiero amor.





ÍNDICE

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS.....	1
ÍNDICE.....	3
RESUMEN	6
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN.....	10
OBJETIVO PRINCIPAL.....	12
OBJETIVOS PARTICULARES.....	12
ANTECEDENTES	13
Generalidades del municipio en estudio.....	14
Historia	14
Geografía.....	15
Crecimiento de la ciudad.....	16
Agua potable del municipio.	17
Historia	17
Fundación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado (SAPA)	18
Cobertura de agua potable del SAPA	19
Problemática del SAPA.....	19
Cotas de cobranza establecidas del SAPA.....	22
Proyecciones a futuro	23
HERRAMIENTAS A UTILIZAR	24
Información digital de INEGI	24
CONAPO	25





ARCGIS.....	26
Formatos RÁSTER	26
Formato vectorial	27
AutoCAD	28
EpaCAD	28
Epanet	31
Historia del Epanet y funcionamiento del software.....	31
Global Mapper	35
Google Earth.....	35
METODOLOGÍA	37
Ubicación de la zona de estudio macro localización y micro localización	37
Recopilación de datos	38
Datos del SAPA	38
Información del ESSA CD. HIDALGO 2015	46
Información obtenida en campo.....	59
Modelación de la red existente con el software Epanet.....	74
Revisión en el plano general de la red del SAPA en AutoCAD, y estructuras que la conforman.	75
Obtención de las curvas de nivel en Global Mapper.....	78
Extracción de las elevaciones para cada nodo de la red en ArcGIS.	80
Trazo de la red del SAPA en AutoCAD	81
Conversión del plano de AutoCAD a Epanet con ayuda de EpaCAD.....	82
Análisis y simulación de Epanet.	84
Propuesta de sectorización	92
¿Qué es la sectorización?.....	92
Sectorización de la red	97





RESULTADOS	100
Modelación de los sectores con el software Epanet	101
CONCLUSIONES	121
RECOMENDACIONES	122
BIBLIOGRAFÍA	123
DEFINICIONES DE AGUA POTABLE	124
ÍNDICE DE TABLAS	126
ÍNDICE DE FIGURAS	126
ÍNDICE DE GRAFICAS	128





RESUMEN

El agua, elemento indispensable para la vida en todos los sentidos. Un sistema de abastecimiento de agua potable, es parte fundamental de todo asentamiento urbano y rural. Con el paso del tiempo todo evoluciona y el abastecimiento de agua no es la excepción.

En Ciudad Hidalgo Michoacán, se tienen problemas relacionados con presiones bajas y falta de agua. Principalmente por la edad de la red existente, el diseño deficiente y tomas clandestinas a lo largo de la línea de distribución. Lo que se busca es evaluar el comportamiento de la red, identificar los puntos críticos y generar propuestas, como la sectorización de la red para mejorar y resolver los problemas, con ayuda del software Epanet.

En la investigación se aplica una metodología cuantitativa, en donde se generaron modelaciones de la red completa y sectorizada. El procedimiento que se llevó a cabo consta de la aplicación de algunos programas. Se tenía el plano de la ciudad en AutoCAD, se generaron puntos en los nodos y con la ayuda de ArcGIS se obtuvieron las elevaciones de los mismos. Ya con las cotas se trazó toda la red de tuberías. Se utilizó EpaCAD para la conversión del archivo y poder trabajar con Epanet. En este último se añadieron las fuentes de abastecimiento, tanques y se conectaron a la red.

Con esta investigación se obtuvieron resultados favorables de las modelaciones en Epanet, la sectorización resultó ser la propuesta más viable para el mejoramiento de la red.





La unificación de los sectores generó una serie de subsistemas más eficientes, obteniendo presiones adecuadas en las viviendas y así poder generar una mejor eficiencia en la red.

Palabras claves.

Red, presiones, modelación, sectorización, fuentes de abastecimiento.





ABSTRACT

Water, an essential element for life in all senses. A system of drinking water supply is a fundamental part of all urban and rural settlement. With the passage of time everything evolves and the water supply is not the exception.

In Ciudad Hidalgo Michoacán, there are problems related to low pressures and lack of water. Mainly due to the age of the existing network, poor design and clandestine outlets along the distribution line. What is sought is to evaluate the behavior of the network, identify critical points and generate proposals, such as the sectorization of the network to improve and solve problems, with the help of the Epanet software.

In the research a quantitative methodology is applied, where modeling of the complete and sectorized network was generated. The procedure that was carried out consists of the application of some programs. We had the city map in AutoCAD, points were generated in the nodes and with the help of ArcGIS the elevations were obtained. With the dimensions, the entire network of pipes was drawn. EpaCAD was used to convert the file and work with Epanet. In the latter, sources of supply, tanks and were connected to the network.

With this research favorable results were obtained from the modeling in Epanet, sectorization turned out to be the most viable proposal for the improvement of the network.





The unification of the sectors generated a series of more efficient subsystems, obtaining adequate pressures in the houses and thus be able to generate a better efficiency in the network.

Keywords.

Network, pressures, modeling, sectorization, sources of supply.





INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento indispensable para la vida humana, nuestros antepasados ubicaban sus asentamientos a los lados de los cauces naturales, esto por la importancia del vital recurso para sobrevivir, al paso del tiempo avanza la evolución y el crecimiento y aparece las técnicas y formas de trasportar el agua por medio de canales y acueductos desde su lugar de origen que son las fuentes de abastecimiento naturales hasta los asentamientos urbanos, con todos los avances y evoluciones surge la necesidad de implementar estas técnicas de trasportar el agua a cada uno de los poblados, por los que es indispensable resolver estos primordiales problemas.

A raíz de estas necesidades surgen las redes de distribución de agua potable, las cuales están conformados por líneas de conducción, válvulas, tanques de regulación, cárcamos de bombeo, casetas de cloración, tanques elevados, etc.

En la actualidad toda población cuenta con una red de distribución de agua potable, para el municipio de Ciudad Hidalgo, se tiene un sistema de distribución de agua potable muy complejo el cual se describe en su totalidad mostrando sus problemas como lo son: falta de agua, bajas presiones, y grandes pérdidas de agua potable por el mal estado que se encuentra la red, y su el clandestinaje como también la mala distribución del agua potable por parte del sistema operador.





El Sistema De Agua Potable y Alcantarillado de ciudad Hidalgo (SAPA), es el sistema operativo responsable y encargado de abastecer el 90% de la población del municipio de ciudad hidalgo, dicho sistema presenta en su red de distribución, una serie de problemas ya mencionados anteriormente, por lo que se da la necesidad de analizar el funcionamiento hidráulico con el que opera la red.

El presente trabajo se desarrolla en base a los análisis y estudios ya realizo por la Comisión Nacional Del Agua, en los que se determinó que la eficiencia de la red es 52%, lo cual indica que la red no opera eficientemente y se le indico al SAPA que realice un estudio del funcionamiento hidráulico de la red existente, en el cual se determinen las zonas más críticas donde allá la presencia de presiones bajas y falta de agua. Con base a toda la información se realiza las simulaciones de la red, se lleva a cabo la propuesta de la sectorización de la red obteniendo las simulaciones de cada sector que conformará la red general de distribución del SAPA. Se muestran los resultados visuales y gráficamente de cada uno de los sectores, así mismo se realiza las recomendaciones necesarias como también su mejor solución para operar el SAPA de ciudad hidalgo.





OBJETIVO PRINCIPAL

Evaluar la red de agua potable existente del municipio de ciudad hidalgo, por medio de la modelación del software Epanet para conocer el estado actual de operación y funcionamiento hidráulico que presenta la red de dicho municipio de estudio.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Obtener la modelación de la red de agua potable del municipio de ciudad hidalgo con el software de Epanet
- Proponer y llevar acabo la sectorización de la red de agua potable de acuerdo a la mejor propuesta.
- Modelación de los sectores en Epanet.
- Identificar las zonas más críticas que presentan los sectores en las modelaciones de Epanet.





ANTECEDENTES

Las antiguas civilizaciones se ubicaban a lo largo de los ríos. Más tarde, los avances técnicos le permitieron al hombre transportar y almacenar el agua, así como extraerla del subsuelo, por lo cual los asentamientos humanos se han esparcido lejos de ríos y de otras fuentes superficiales de agua.

De la misma forma que ha evolucionado el uso del agua, lo ha hecho el término "abastecimiento de agua" que en nuestros días conlleva el proveer a las localidades urbanas y rurales de un volumen suficiente de agua, con una calidad requerida y a una presión adecuada. (MAPAS 2017)

Una red de distribución (que se denominará en lo sucesivo red) es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios. La red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada. Los límites de calidad del agua, para que pueda ser considerada como potable se establecen en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1 vigente.





Generalidades del municipio en estudio

Historia

Los primeros vestigios de civilización, se remontan a 2,000 a. C., las sociedades mesoamericanas que tuvieron su florecimiento en el periodo de 1300 a. C. y 200 d.C. y después civilizaciones toltecas chichimecas, mantuvieron un paso constante por estas tierras, hasta la conquista de los tarascos., denominándole Taximaroa.

Desde entonces, este fue la frontera de su imperio y del Imperio Mexica. El 17 de julio de 1522, Cristóbal de Olid, entra a la población celebra la primera misa en el reino tarasco. En 1524, Hernán Cortés entrega la población en encomienda a Gonzalo de Salazar. Los primeros religiosos llegaron el 10 de abril de 1531 (franciscanos) y realizaron los trazos del pueblo y sus barrios. En 1591, es constituida en República de Indios y cabecera de partido, al que el Fray Alonso Maldonado en 1640, en una relación le da el ante-ponente de San José Taximaroa, que corresponde al patrono de la parroquia del lugar nombrándola San José Taximaroa, que corresponde al patrono de la parroquia del lugar.

Por la Ley Territorial del 10 de diciembre de 1831, se formó la municipalidad de Taximaroa. El 20 de mayo de 1908, por decreto del entonces gobernador del estado, don Aristeo Mercado, se le denominó “Villa Hidalgo Taximaroa” posteriormente, el 30 de octubre de 1822, el H. Congreso del Estado, le hizo cambiar el nombre anterior por el de Ciudad Hidalgo, en memoria al Ilustre Padre de la Patria (H. Ayuntamiento de Hidalgo Michoacán).





Geografía

Al oriente del bellissimo estado de Michoacán en la República Mexicana, existe una región privilegiada por nuestra madre naturaleza; el municipio de Hidalgo ubicada en el noreste del territorio Estatal a 2060 m.s.n.m. y con coordenadas: 19° 41' 30" latitud norte y 100°33'13" de longitud oeste, con una superficie de 1146.802 km², cuya cabecera municipal se sitúa en el Km.122 de la carretera federal No.15 México Nogales y es la antigua , valiente y muy digna TAXIMAROA , hoy progresista y moderna CIUDAD HIDALGO (si, la de los “Caminos de Michoacán”) cuyo ancestral nominativo evoca un fértil y verde valle, cuajado de los bosques umbríos y atravesados por murmurantes ríos y cristalinos arroyos.

Nuestra demarcación municipal limita con 11 municipios: Irimbo, Tuxpan, Jungapeo, Tiquicheo, Tzitzio, Charo, Indaparapeo, Queréndaro, Zinapécuaro y Maravatío.

Por nuestra municipalidad corre un sistema volcánico dependiente de la “Sierra de Otzumatlán” que origina la “Sierra de San Andrés”, al noroeste con su “Cerro de San Andrés” (3,700 m.s.n.m.) y la “Sierra del Fraile”, al Sur de nuestra ciudad cabecera. La corriente fluvial más importante es el “Rio Grande” o “Taximaroa” que corre también al Sur de Cd. Hidalgo (H. Ayuntamiento de Hidalgo Michoacán).





Crecimiento de la ciudad.

Esta es una de las cinco ciudades más importantes del Estado de Michoacán y ocupa el séptimo lugar en cuanto a la población, la cual actualmente, se estima por el orden de los 82,665 habitantes en la cabecera municipal.

La ciudad continua creciendo hacia el nororiente y oriente de la mancha urbana, también aparecen fraccionamientos en la parte poniente. Las instituciones de educación pública y privadas, constituyen un polo de atracción para los jóvenes de las poblaciones cercanas, algunos de estos centros educativos son: Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo, Campus de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Universidad Pedagógica Nacional (UPN), Instituto Michoacano de Ciencias de la Educación (IMCED), algunas privadas como la Universidad Vasco de Quiroga (UVAQ). Por otra parte cuenta con instituciones de Nivel Medio Superior orientados a la capacitación tecnológica y de otras disciplinas como preparatoria, CBTF No.6, CECYTEM, CONALEP, COBAEM. Lo anterior conjuntamente con las actividades primarias, secundarias y terciarias en Ciudad Hidalgo y sus alrededores, potencializan el crecimiento y la demanda de servicios en esta localidad, donde destacan, la forestal, la agricultura, la ganadería y la fruticultura, el comercio, el turismo entre otros.





Agua potable del municipio.

Historia

Los hechos violentos a la mitad del siglo XX, donde en el año de 1959, se dieron los trágicos acontecimientos de violencia social por la denominada “AGUA ENVENENADA”. El 6 de Abril del pasado año 2012, se cumplieron 59 años de estos acontecimientos producto de la “AGITACIÓN POLITICA” generada y motivada por los jóvenes estudiantiles de nivel superior que estudiaban en México y otros centros del país y estaban interesados en terminar con el cacicazgo histórico de Don Aquiles de la Peña, Veracruzano con carrera trunca en Agronomía y estableció en Ciudad Hidalgo, donde fue Presidente Municipal, Diputado Local y otros puestos políticos desde donde tenía cautivo el control político local. En estos hechos violentos, murió Don Aquiles y uno de sus Auxiliares del H. Ayuntamiento.

Se manejó una psicosis de que el agua había sido envenenada por gente del ayuntamiento, el pueblo enardeció quemó parte de la casa de Don Aquiles y del Ayuntamiento, terminando trágicamente con la muerte del entonces Presidente Municipal Aquiles de la Peña. Esta condición de actitud sociopolítica, prevalece en cierta medida en la actualidad y forma parte importante en la gestión del Agua Potable en esta localidad.

Ciudad Hidalgo, contaba en 1990 con 48476 habitantes según el INEGI. Las coberturas de Agua Potable y Drenaje Sanitario solo representaban el 73% y 57% respectivamente; las fuentes de





abastecimiento más antiguas que aprovechaban en la localidad son: los manantiales Carindapaz, San Ángel, Ojo de agua y San Francisco.

Ciudad Hidalgo creció sin el debido pleno control urbano y la infraestructura que se fue construyendo para satisfacer los servicios básicos de agua potable y saneamiento, fue fraccionada y desordenada técnicamente; se improvisaron fuentes de abastecimiento, líneas de conducción y alimentación, así como redes y tanques de almacenamiento, situación que actualmente representa el primer y más grande reto para el Organismo Operador en cuanto a la necesidad de reordenar y mejorar su infraestructura hidráulica, mejorar y ampliar su infraestructura sanitaria. (ESSA CD. HIDALGO 2015)

Fundación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado (SAPA)

Para el año de 1981, el día 16 de Noviembre, el H. Ayuntamiento de Hidalgo, DECRETA, mediante acuerdo, LA CREACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE CIUDAD HIDALGO, MICHOACÁN (SAPA), y este acuerdo es publicado en el periodo Oficial del Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo, el 8 DE ABRIL DE 1993, siendo esta fecha, la oficial donde se instala el organismo operador, con características de Organismo Público Descentralizado, con Personalidad Jurídica, y patrimonios propios, y responsable de prestación y regulación de los servicios públicos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Ciudad Hidalgo Michoacán.

El SAPA de Ciudad Hidalgo nace con una organización y patrimonios limitados; con grandes retos a superar, tiene clara su Misión, su cumplimiento es difícil y requiere esfuerzos contantes.





Cobertura de agua potable del SAPA

Según Estudio Simplificado 2015 De La Situación Del Sistema de Agua Potable Y alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Hidalgo (ESSA CD. HIDALGO 2015), actualmente sus coberturas de servicios son del orden de 97.50% en Agua Potable, 70% en Drenaje Sanitario y 0% en Saneamiento.

Para fortuna del SAPA, en la localidad existen fuentes de abastecimiento de Agua potable, Aguas superficiales y subterráneas que APORTAN, agua suficiente para la DEMANDA ACTUAL Y FUTURA de Ciudad Hidalgo y se tiene en proyecto inmediato, de perforar un pozo en la zona Norte-Oriente de la ciudad para reforzar esa zona.

Problemática del SAPA

Según ESSA CD HIDALGO 2015, el agua aprovechada actualmente en conjunto es suficiente y de sobra (310.68 L.P.S.), representa 26,842.75 m³ por día, significando una dotación actual al año 2012 de 352.72 L/H/D a la población servida por SAPA de 317.317.04 L/H/D a la población total. En estudio, se señalan las diferentes e incongruentes dotaciones en cada subsistema que componen la Ciudad.

El problema principal en Ciudad Hidalgo en cuanto al servicio de agua potable es la condición actual que guarda su infraestructura Hidráulica,





es decir, sus aprovechamientos, sus equipamientos, las configuraciones técnicas de sus redes, Tanques y Líneas de alimentación y conducción. Las redes están fraccionadas para suministrar por TANDEOS, mismos que están dependiendo del criterio y experiencia de sus operadores de válvulas. Las eficiencias electromecánicas son bajas en algunos de sus bombes y re-bombes. Los equipos electromecánicos están protegidos eléctricamente y se cuida el bajo factor de potencia para evitar las multas económicas por la Comisión Federal de Electricidad.

En cuanto al drenaje sanitario y el saneamiento de las Aguas Residuales público urbanas de Ciudad Hidalgo, se tiene un grande rezago, existen atarjeas en la ciudad pero carecen de subcolectores y colectores, realizando sus descargas de Aguas Residuales en su mayor parte a barrancas que cruzan la ciudad de Norte a Sur y con un canal de riego que cruza la ciudad de Poniente a Noriente.

Actualmente se construye el emisor que conducirá las aguas residuales a la Planta de Tratamiento que inició su construcción, pero hace falta más de 70% de colectores y subcolectores para capturar las aguas residuales en la Ciudad. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales iniciada en estos momentos tiene un 30% de avance, pero es necesario también construir la infraestructura faltante en la ciudad, para no tener que construir la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y sin Agua a tratar.

Como ya se señaló anteriormente las coberturas actuales en Ciudad Hidalgo, se calculan en 97.50% en Agua Potable y del 70% en Drenaje Sanitario, el Saneamiento está en cero. En Ciudad Hidalgo existen





2166 habitantes que no cuentan con servicio formal de Agua Potable y 25399 habitantes no cuentan con drenaje sanitario. La continuidad de servicio es baja, casi nula, se estiman grandes pérdidas físicas en el sistema teniendo una Eficiencia Física del orden de 51.80% lo que es necesario y urgente iniciar a superar.

Actualmente Ciudad Hidalgo cuenta con 17,808 tomas domiciliarias de agua potable registrada, su clandestinaje se estima del 5%, lo que representa una población servida 76099 habitantes, sin contar a los subsistemas privados del comité el Ojito.

El subsistema de Distribución en Ciudad Hidalgo es muy COMPLEJO, no controla ni evalúa el manejo del agua en sus redes de distribución, esta acción de distribuir el agua, está a criterio y decisiones de los operarios de las válvulas, no elaboran BITACORAS ni reportes técnicos de la distribución, en las fuentes de abastecimiento, los reportes son sobre cambios de turno y observaciones menores.

El subsistema más complejo que opera SAPAS es el llamado San Francisco – Linda Vista, no tiene definición clara del manejo y aprovechamiento del agua, tiene un cárcamo de bombeo de dimensiones pequeñas para su operación donde mediante dos bombas instaladas inconvenientemente bombea agua al tanque Linda Vista y desde este, hasta el Tanque Alacranes, de estos tanques se alimentan las redes, debiéndose realizar varios movimientos cada día de la semana en las válvulas seleccionadas en redes para tandeear el servicio.





Existen otros subsistemas de Distribución complejos como El Fresno, Unidad Deportiva y el más complejo, El Tablero, La Teja e Intenciones, en el estudio se ilustran sus características.

En cuanto al saneamiento de las aguas residuales público-urbanas que se generan en Ciudad Hidalgo, estas se vierten finalmente al Río Taximaroa sin tratamiento. Actualmente se construye una planta tratadora de aguas residuales a cargo de la Comisión Estatal del Agua y Gestión de Cuencas, es del tipo de lodos activados aeración convencional para 150 L.P.S., la Planta de Tratamiento de Agua Residual, actualmente está detenida por falta de los recursos económicos en poder del Gobierno Estatal.

Cotas de cobranza establecidas del SAPA

En base al ESSA CD. HIDALGO 2015, el Aspecto Comercial, el SAPA tiene algunas estrategias de cobro y regularización de los usuarios, cobra en oficinas centrales y mediante personal de campo llamados notificadores, los cuales son realmente gestores de cobranza y regularización.

La eficiencia comercial del SAPAS en el 2012, fue del 63.06% contando con 17498 tomas en total, de las cuales 16,971 son domésticas representando el 97.00%.





Las tarifas de los servicios en los últimos 3 años, 2011, 2012 y para 2013 son aceptables, del orden de los \$66.73 mensuales en domestico Medio y \$149.94 mensual en comercial II que es el de mayor cantidad de tomas. El costo 2012 del m³ producido y suministrado para el SAPAS es de \$3.24 m³ sin pérdidas y de \$ 6.25 m³ con pérdidas físicas.

El SAPAS no cuenta con un proceso comercial, ni con políticas suficientes para comercializar los servicios, no contempla la expansión de los servicios, no controla la Eficiencia Comercial, ni realiza encuestas sobre la opinión social de los servicios.

El SAPAS CD. HIDALGO, no maneja déficit financiero, NO tiene deuda pública, pero tampoco sus inversiones han sido significativas, requiere de mucha obra en saneamiento y en Agua Potable.

Sus ingresos en los últimos 3 años (2010, 2011 y 2012) han sido por el orden de los 28.02MDP y sus egresos de Operación por 26.35 MDP promedio, no obstante, sacrifica y deja de realizar acciones y obras necesarias para mejorar los servicios, es decir, cuida su gasto, privilegiando el pago de los servicios personales y la de energía eléctrica.

Proyecciones a futuro

Según las proyecciones del estudio ESSA CD. HIDALGO 2015, Ciudad Hidalgo contará con 102,904 habitantes al año 2032 y demandarán por el orden de los 279.75 L.P.S., volumen con el que actualmente cuentan, pero habrá que realizar grandes acciones de





Infraestructura, Rehabilitación y mejoras para recuperar las pérdidas y aumentar las eficiencias Físicas para GARANTIZAR el suministro Actual y Futuro y sea de calidad.

El primer aspecto que deberá atender en lo referente a recuperar caudales, sobre todo en los sectores donde la dotación resulta mayor a 400 litros/habitante/día, teniendo presente que será necesario sectorizar y adecuar la infraestructura hidráulica actual, así como tecnificarla para mayor y mejor control del Agua Potable.

HERRAMIENTAS A UTILIZAR

Información digital de INEGI

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información es un organismo público y autónomo, responsable de normar y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, así como captar y difundir la información de México en cuanto al territorio, los recursos, la población y economía, que permita dar a conocer las características de nuestro país y ayudar a la toma de decisiones. (INEGI 2017)

La información útil para el desarrollo de esta tesis fueron los últimos censos de población registrada.





CONAPO

El **Consejo Nacional de Población (CONAPO)** es una instancia gubernamental mexicana que tiene por objeto el diseño, operación y evaluación de las iniciativas públicas destinadas a regular el crecimiento de la población, los movimientos demográficos así como la distribución de los habitantes de México en el territorio. El propósito de esta misión es favorecer las condiciones de igualdad de los mexicanos y la planificación de la dinámica demográfica en el país.

El CONAPO nació mediante la reforma de la Ley General de Población del 7 de enero de 1974.

Es un órgano desconcentrado dependiente de la Secretaría de Gobernación.

El CONAPO está integrado por el Secretario de Gobernación (quien lo preside) y los secretarios de Relaciones Exteriores (SRE), Hacienda y Crédito Público (SHCP), Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Agricultura (SAGARPA), Economía, Educación Pública (SEP), Salud, Trabajo y Previsión Social (STPS) y de la Reforma Agraria (SRA), además de los titulares de los institutos Mexicano del Seguro Social (IMSS), de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) y del Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF).





El CONAPO cuenta con una Secretaría General, cuyo titular es designado por Presidente del Consejo, y cuenta con tres direcciones generales (de Programas de Población y Asuntos Internacionales, de Estudios Sociodemográficos y Prospectiva y de Planeación en Población y Desarrollo).

Con ayuda de CONAPO se obtuvieron las proyecciones de población a futura mismas que fueron comparadas y analizadas con INEGI, de las cuales se inició el cálculo de población futura

ARCGIS

ArcGIS es un “software” de Sistema de información geográfica diseñado por la empresa californiana Enviromental Systems Research Intitute (ESRI) para trabajar a nivel multiusuario (Puerta, et al. 2011)

Bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.

Básicamente ArcGIS trabaja con dos tipos de datos: Ráster y Vectoriales.

Formatos RÁSTER

Este formato presupone el dividir el espacio geográfico en elementos discretos, de forma regular, continúa y mutuamente exclusiva e





indivisible, esta es una representación en forma de malla y cada elemento adopta un valor único por cada atributo.

Un Ráster es una estructura de datos simples, facilidad de combinar capas con datos de sensores remotos y facilidad de análisis espacial, su principal función es que contienen un gran volumen de información, lo que puede rastrear los procesos a confundir los resultados.

Formato vectorial

Los formatos vectoriales o shepes asumen un espacio continuo, de acuerdo a la geometría euclidiana, existe tres tipos de objetos:

- Objetos puntuales son representados por un par de coordenadas X, Y.
- Objetos lineales que son representados mediante segmentos que se conectan con vértices, y se representan con las coordenadas X, Y, de estos vértices.
- Polígonos, que son áreas que quedan representados por las líneas que los delimitan.

Las principales ventajas que tiene este tipos de archivos son una compacta y buena representación de estructura de datos, así como la topografía que puede ser descrita mediante de redes de uniones. Por otra parte, sabemos que la estructura de datos es compleja, por lo que conlleva una dificultad al momento de construir simulaciones.





AutoCAD

AutoCAD es un programa de dibujo por computadora CAD 2 y 3 dimensiones, puedes crear dibujos o planos genéricos, documentar proyectos de ingeniería, arquitectura, mapas o sistemas de información geográfica por mencionar algunas industrias y aplicaciones. Los archivos generados por AutoCAD tienen el formato DWG propietario de Autodesk, este es el programa pionero representante de la tecnología CAD (Computer Aided Design).

AutoCAD también crea representaciones 3D de los dibujos usando diferentes vistas ortogonales y en perspectiva incluyendo operaciones de renderizado básicas. Le permite diseñar, visualizar, y documentar tus proyectos en forma clara y permite exportar e importar datos de otros programas CAD.

El creador de AutoCAD es la empresa Autodesk compañía dedicada a software y servicios las industrias de manufactura, infraestructura, construcción, medios y entretenimiento y datos transmitidos vía inalámbrica fue fundada en 1982 por John Walker y otros doce cofundadores.

EpaCAD

EpaCAD es un programa gratuito que permite convertir de forma sencilla un fichero que contenga una red de AutoCAD, en un fichero interpretable por EPANET (software gratuito más extendido para la simulación de redes hidráulicas a presión). En este proceso, EpaCAD es capaz de reconocer de forma automática las





principales propiedades de los elementos, facilitando en gran medida el trabajo necesario para generar una red.

Conexión entre AutoCAD y EpaCAD

Desde EpaCAD podrás cargar un fichero con extensión dxf generado desde AutoCAD.

Para empezar a crear tu red tan solo deberás seleccionar la capa o capas que contengan las tuberías de tu modelo. Como sucede con otros programas, no es necesario que hagas ninguna modificación sobre tu fichero de AutoCAD.

Interpretación de coordenadas (X,Y,Z)

EpaCAD es capaz de adquirir las coordenadas X Y de tu fichero de AutoCAD, además también adquiere la cota de elevación a la que se encuentran los diferentes nudos que forman tu tubería.

De esta forma, dispondrás de las longitudes reales de tus tuberías y además, podrás mantener una referencia de la posición real de tus elementos.

Tipos de líneas reconocidas por EpaCAD

No importa como tengas dibujada tu red de tuberías en AutoCAD, EpaCAD interpreta tanto líneas como poli líneas.

Además, tienes la opción de crear dos nudos por tubería (correspondientes al nudo inicial y final de la conducción) o bien, considerar además todos los vértices intermedios de ésta con la finalidad de editarlos posteriormente en EPANET.





Solución de la conectividad entre elementos

Uno de los problemas más comunes a la hora de resolver la conexión entre tuberías son las propias imprecisiones en los ficheros CAD, por ello, hemos incorporado una herramienta útil que te permitirá resolver la conectividad entre elementos de forma automática, sólo tendrás que fijar la distancia permitida entre elementos independientes.

Pre visualización de tu red

Antes de exportar tus resultados a EPANET, dispones de una pre visualización del escenario junto con un grupo de herramientas de visualización que te ayudarán a comprobar incluso pequeños detalles. Esta herramienta te ahorrará tiempo ya que podrás validar el resultado de tu red antes de su creación definitiva.

Conexión entre EpaCAD y EPANET

Crear tu red es tan sencillo como apretar un botón. Esta acción además puede abrir directamente el programa EPANET con tu red creada.

Comprobarás que EpaCAD ha obtenido las principales propiedades de tus elementos, tan solo deberás editar los diámetros y demandas, e introducir algunos elementos indispensables, como puntos de inyección de agua.





Epanet

Historia del Epanet y funcionamiento del software

Epanet es un programa de cómputo, que realiza simulaciones en periodos extendidos del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nodos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nodos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación discretizado en múltiples intervalos de tiempo. Además de la concentración de las distintas especies, puede también simular el tiempo de residencia del agua en la red y su origen desde las diversas fuentes de suministro.

EPANET se ha concebido como una herramienta de investigación para mejorar nuestro conocimiento sobre el avance y destino final de las diversas sustancias transportadas por el agua, mientras ésta fluye por la red de distribución. EPANET puede resultar también de ayuda para evaluar diferentes estrategias de gestión dirigidas a mejorar la calidad del agua a lo largo del sistema. Entre estas pueden citarse:

- alternar la toma de agua desde diversas fuentes de suministro
- modificar el régimen de bombeo, o de llenado y vaciado de los depósitos
- implantar estaciones de tratamiento secundarias, tales como estaciones de cloración o depósitos intermedios





- establecer planes de limpieza y reposición de tuberías.

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

- las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen- Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning
- contempla pérdidas menores en codos, accesorios, etc.
- admite bombas de velocidad fija o variable
- determina el consumo energético y sus costos
- permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal.
- admite depósitos de geometría variable (esto es, cuyo diámetro varíe con el nivel)
- permite considerar diferentes tipos de demanda en los nodos, cada uno con su propia curva de variación horaria
- permite modelar tomas de agua cuyo caudal dependa de la presión (p.ej. aspersores)
- admite leyes de control simples, basadas en el valor del nivel en los depósitos o en la hora prefijada por un temporizador, y leyes de control más complejas basadas en reglas lógicas.





Además de la elaboración de modelos hidráulicos, EPANET ofrece las siguientes opciones para realizar modelos de calidad del agua:

- Simula el movimiento de trazadores no reactivos por toda la red, a lo largo del tiempo
- simula el avance y destino final de las sustancias reactivas cuya concentración o bien crece en el tiempo (p.ej. los subproductos derivados de la desinfección) o bien decrece (p.ej. el cloro residual)
- simula el tiempo de residencia (o envejecimiento) del agua mientras fluye por la red
- permite seguir la evolución en el tiempo de la fracción de caudal que llega a cada nodo de la red procedente de un nodo determinado (análisis de procedencias)
- simula las reacciones que tienen lugar tanto en el seno del agua como en las paredes de las tuberías
- permite emplear ecuaciones de orden n para modelar las reacciones en el seno del agua
- emplea ecuaciones de orden cero o de primer orden para modelar las reacciones en las paredes de las tuberías
- tiene en consideración las limitaciones de transferencia de masa al modelar las reacciones en las paredes de las tuberías
- admite reacciones de crecimiento o decrecimiento de la concentración de una sustancia hasta llegar a un valor límite





- permite definir coeficientes de reacción globales para toda la red, y modificar éstos posteriormente para determinadas tuberías
- permite correlacionar los coeficientes de velocidad de reacción en la pared de las tuberías con su rugosidad
- permite considerar la inyección en cualquier punto de la red de un caudal másico o de concentración definida, variable en el tiempo
- la evolución de la calidad del agua en los depósitos puede simularse como una mezcla homogénea, mediante un modelo de pistón, o como un reactor de dos compartimentos.

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

- la mezcla de agua procedente de diversas fuentes
- el envejecimiento del agua mientras fluye por la red
- la pérdida de cloro residual
- el crecimiento de los subproductos derivados de la cloración
- el seguimiento del avance de un contaminante, tras su intrusión en la red





Global Mapper

Global Mapper es una potente y asequible aplicación que combina una gama completa de herramientas de tratamiento de datos espaciales con acceso a una variedad sin precedentes de formatos de datos. Desarrollado tanto para profesionales SIG como para iniciados, este software versátil es también idóneo como herramienta independiente de gestión de datos SIG, o como complemento a un SIG existente. Pese a las grandes capacidades que ofrece Global Mapper su precio económico lo hace muy asequible aún para usuarios ocasionales.

En 1995, el USGS necesitaba un visor de Windows para sus productos de datos, por lo que desarrollaron la aplicación dlgv32 para ver sus productos de datos vectoriales DLG (Digital Line Graph). Entre 1995 y 1998, la aplicación dlgv32 se amplió para incluir soporte para ver otros productos de datos USGS.

El 2 de noviembre de 2011 Blue Marble Geographics, en la conferencia anual de usuarios, anunció que había comprado Global Mapper LLC.

Google Earth

Google Earth. Es un programa que permite viajar por todo el planeta a través de imágenes satelitales, planos, mapas y fotografías en 3D. Una oportunidad para observar la Tierra en forma deslumbrante y una herramienta de mucho valor para la enseñanza de la Geografía.





Historia

Keyhole era en un principio un programa de pago hasta que el 27 de octubre de 2004 fue comprado por Google. El 21 de mayo de 2005 Keyhole pasó a llamarse Google Earth. Este programa fue lanzado el día 28 de junio de 2005 teniendo como principal novedad, aparte del cambio de nombre y de dueño, que el programa disponía de una versión gratuita.

En este programa también se incorpora Google Maps, ya que el Google Earth le sirve para encontrar las calles, avenidas y negocios y ampliarlas de manera muy legibles. Bajo el nombre de Google Earth, la empresa del famoso buscador ha desarrollado un conjunto de herramientas que combina fotografías satelitales, planos, imágenes en tres dimensiones e información, de manera de simular un zoom de todo el planeta y un travelling de cualquier punto cualquier otro.





METODOLOGÍA

Ubicación de la zona de estudio macro localización y micro localización



Figura. 1 Macro y micro-localización





Recopilación de datos

Datos del SAPA

El SAPA, cuenta con la mayor parte de información de la cual toda nos fue útil como información base para poder empezar a desarrollar la presente tesis, la información proporcionada por el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado (SAPA), fue la siguiente:

Red de distribución de agua potable del SAPA

La red de distribución que fue proporcionada por el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado, es un plano general de todo el sistema en el cual contiene distintos errores en cuanto a la falta de red existente, que no se contempló en su levantamiento y que por consiguiente no aparece en dicho plano, como también es la incongruencia en los diámetros que se indican en las líneas principales, mas sin embargo se hicieron correcciones verídicas a dicho plano mostrado a





continuación.

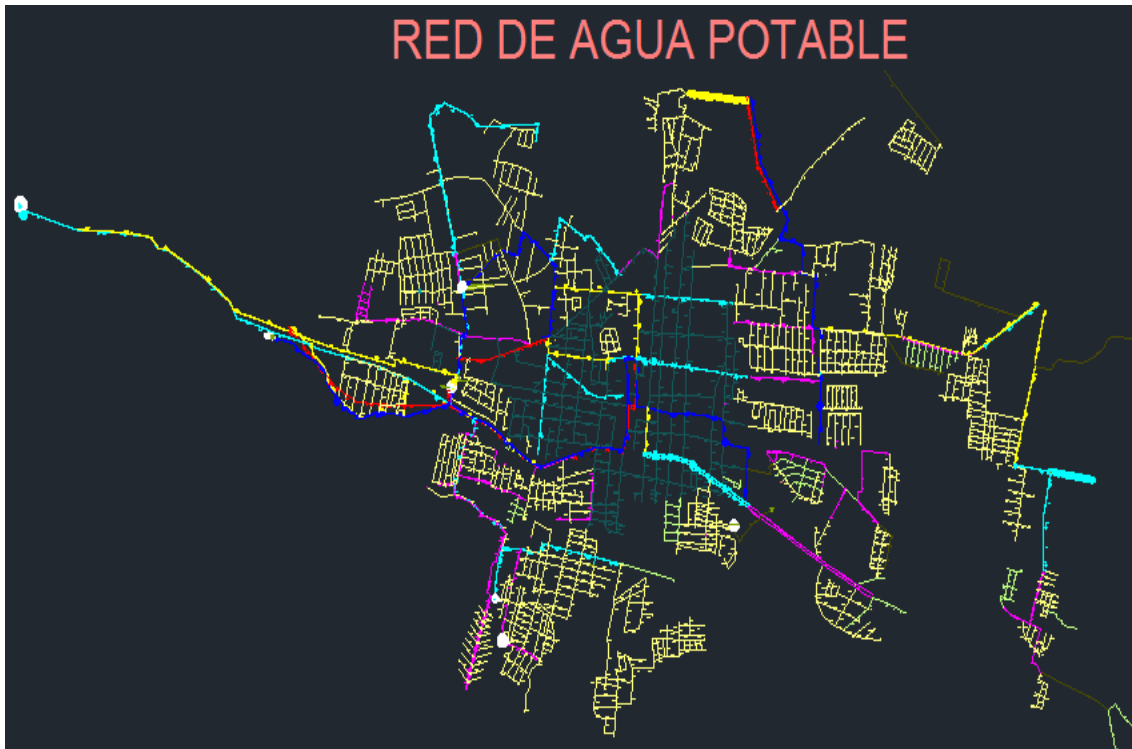


Figura. 2 Plano general de la red de agua potable del SAPA

Diagramas de los subsistemas de agua potable del SAPA

Se muestran a continuación cada uno de los diagramas en los cuales se representa en forma general cuál es su estructura hidráulica así como su funcionamiento actual de toda la red y distribución que la conforma.

Se tiene que 12 subsistemas son los que conforman el 100% de la red de agua potable del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de ciudad Hidalgo, mismo que se presentan a continuación:



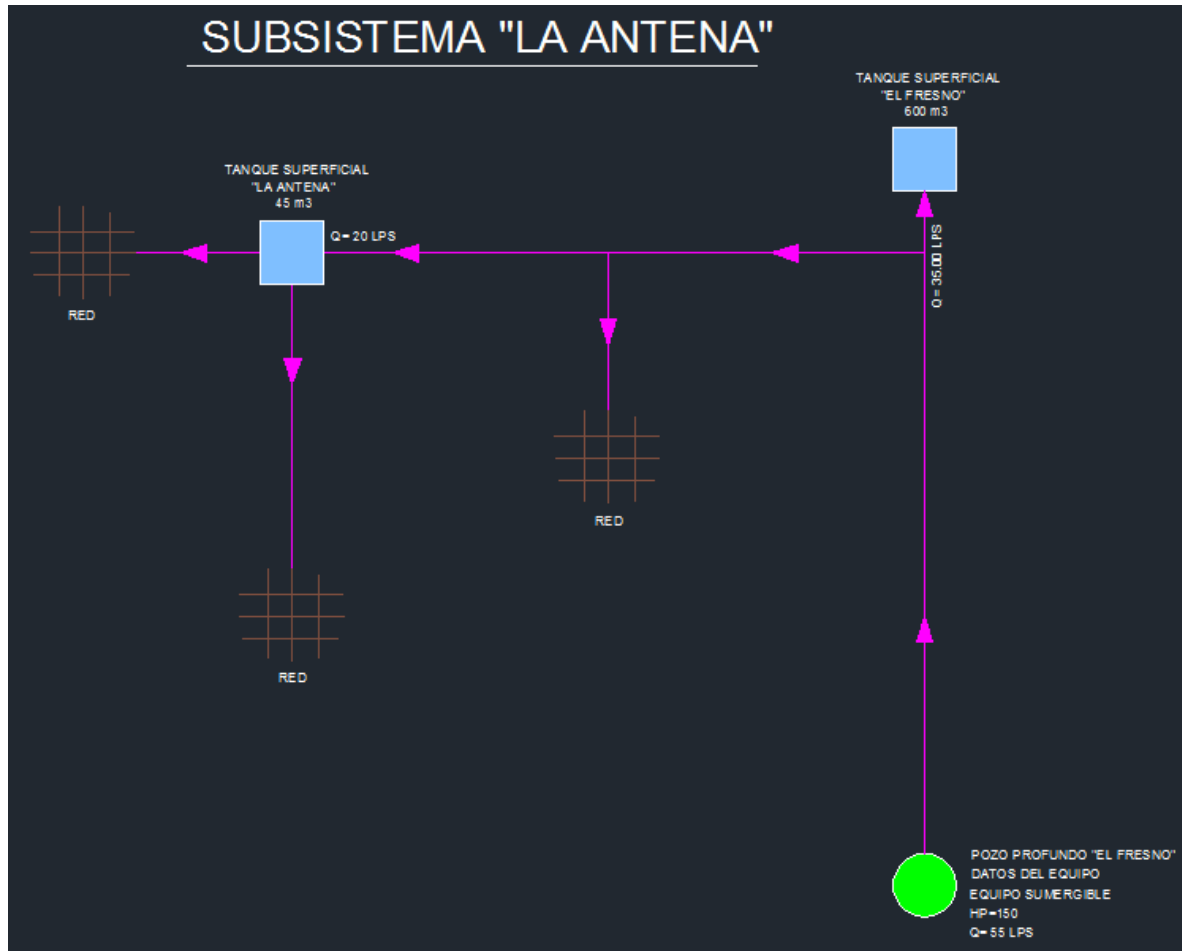


Figura. 3 Subsistema la antena, SAPA.

Este subsistema es uno de los más simples pues tan solo cuenta con una sola fuente de abastecimiento lo cual es su pozo profundo.



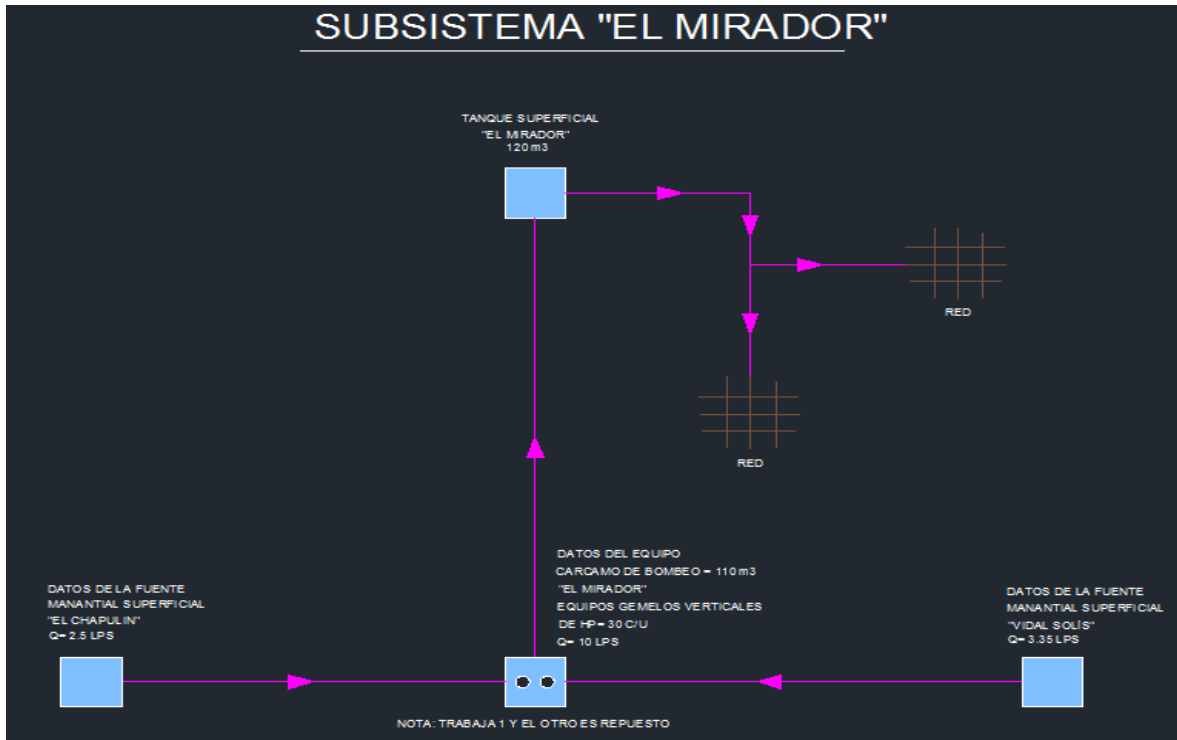


Figura. 4 Subsistema el Mirador, SAPA.

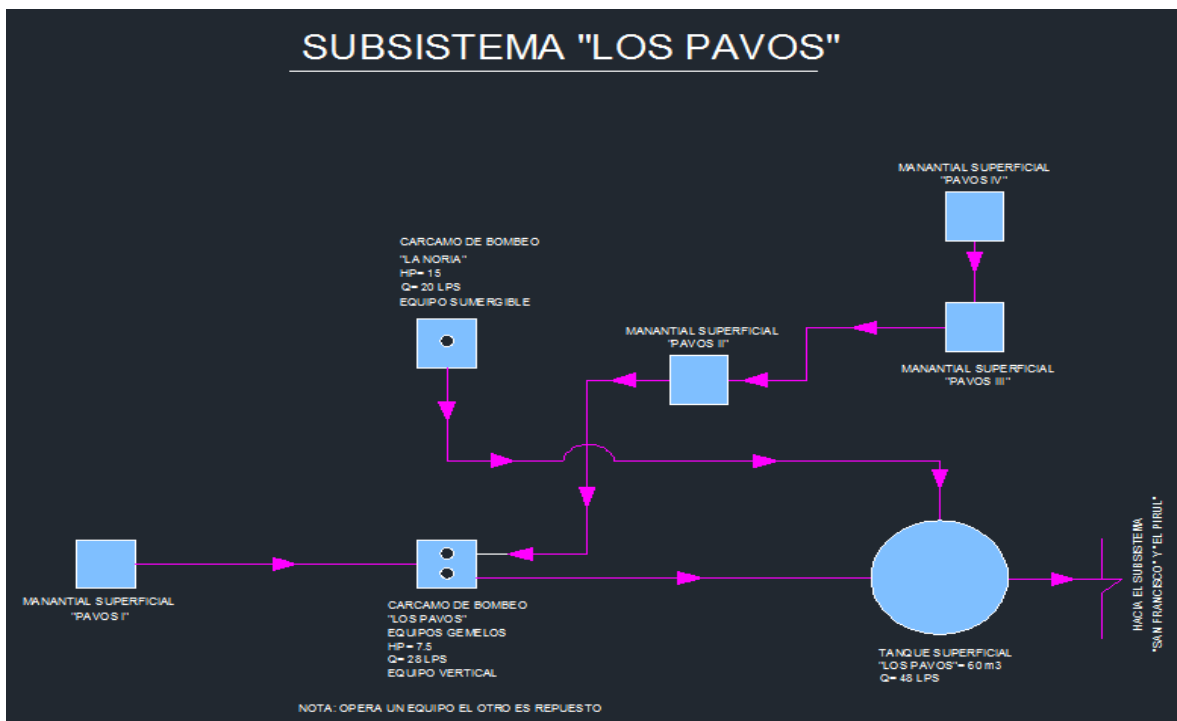


Figura. 5 Subsistema los pavos, SAPA.



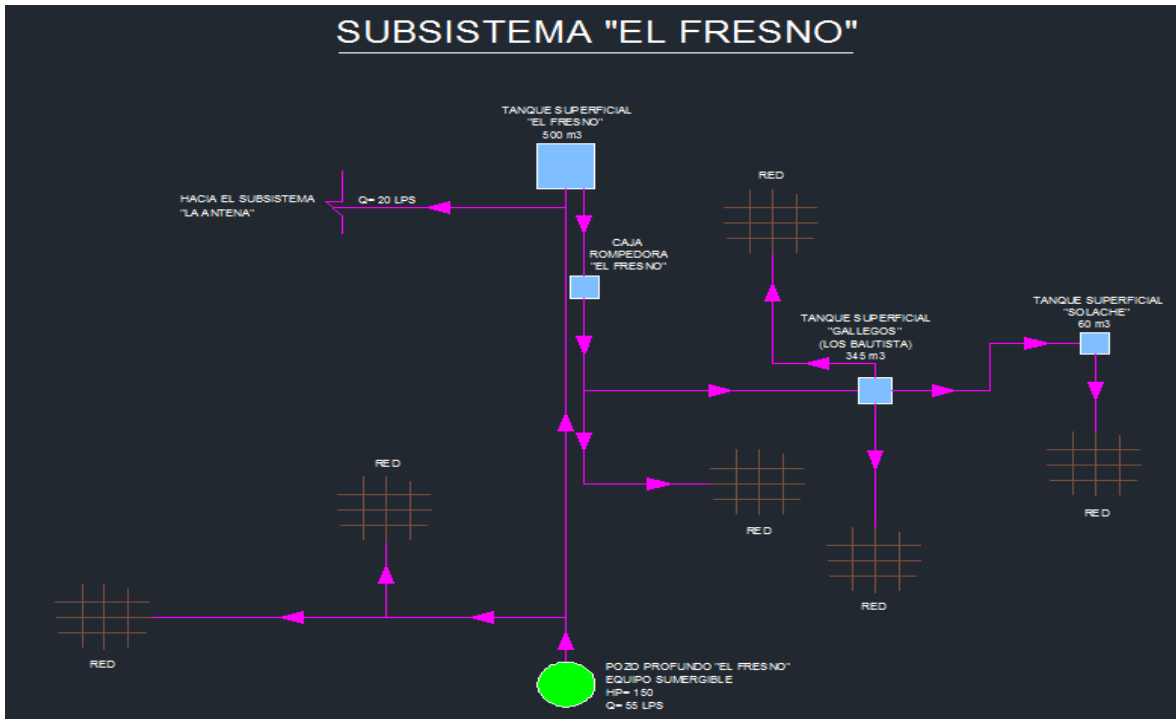


Figura. 6 Subsistema el fresno, SAPA.

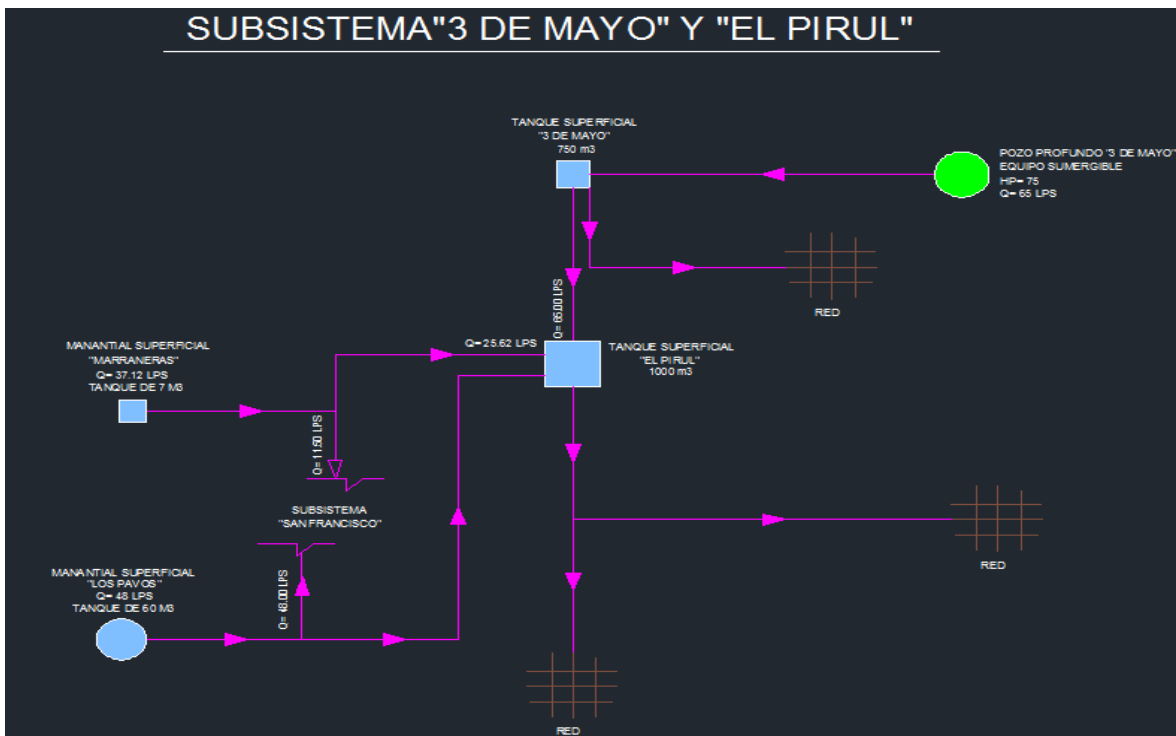


Figura. 7 Subsistema 3 de mayo y el pirul, SAPA.



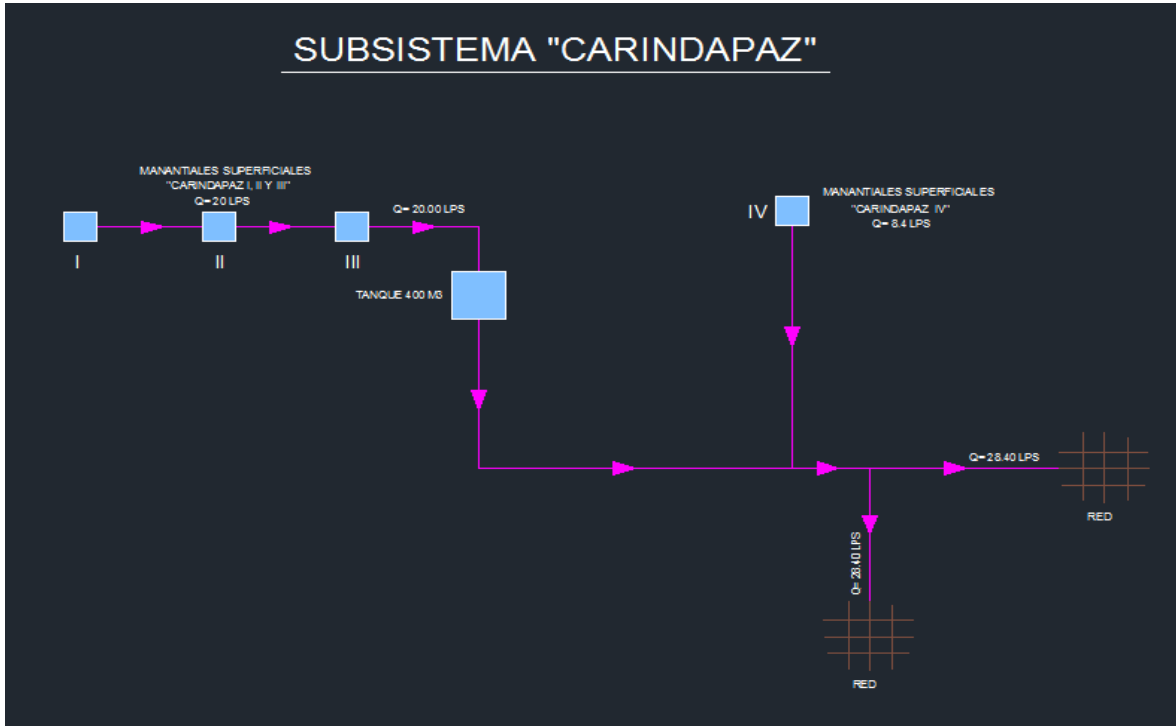


Figura. 8 Subsistema carindapaz, SAPA.

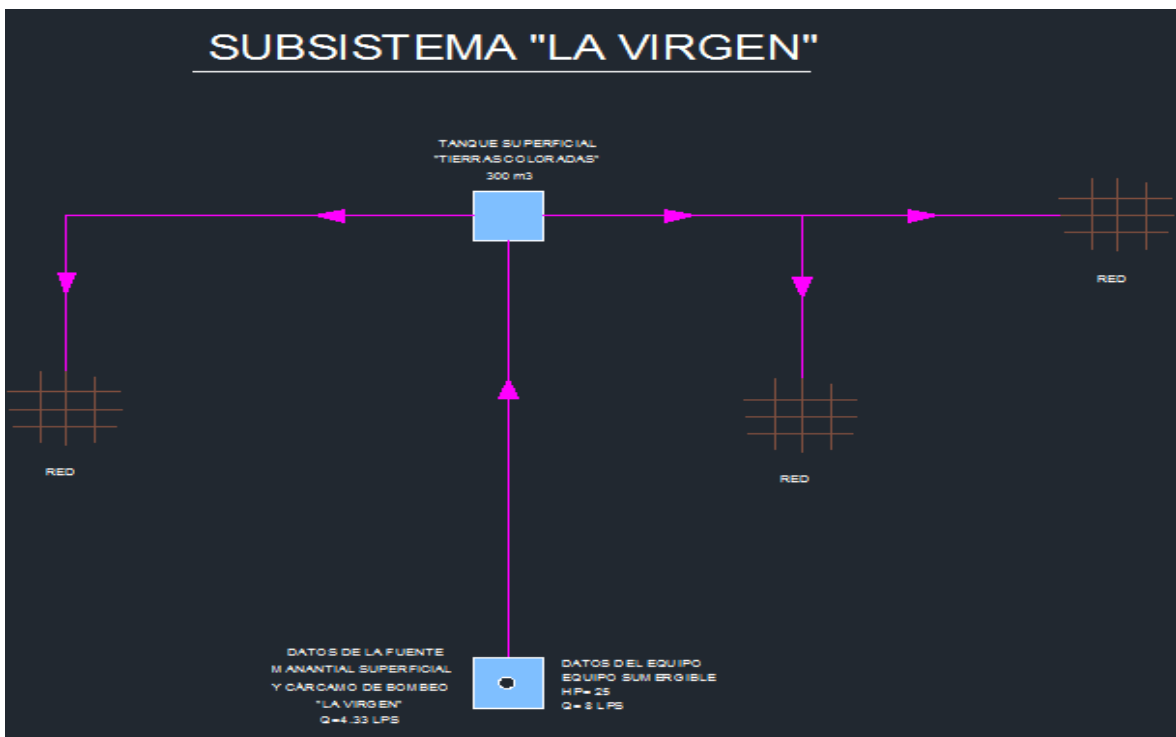


Figura. 9 Subsistema la virgen, SAPA.



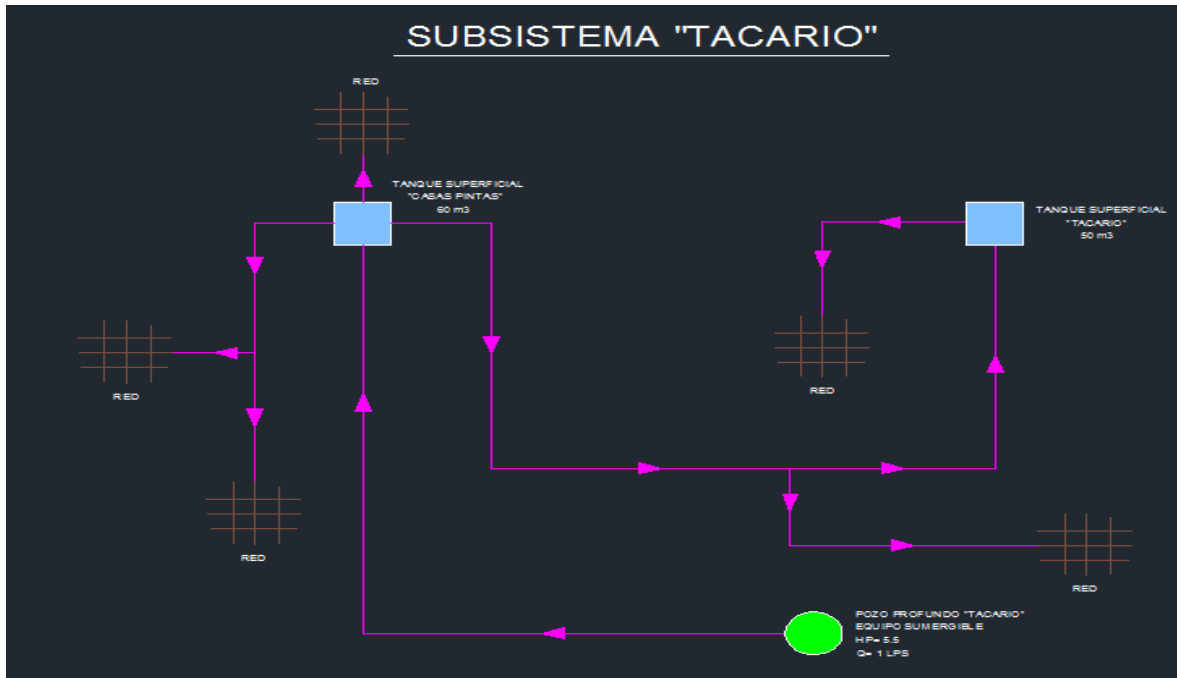


Figura. 10 Subsistema Tacario,, SAPA.

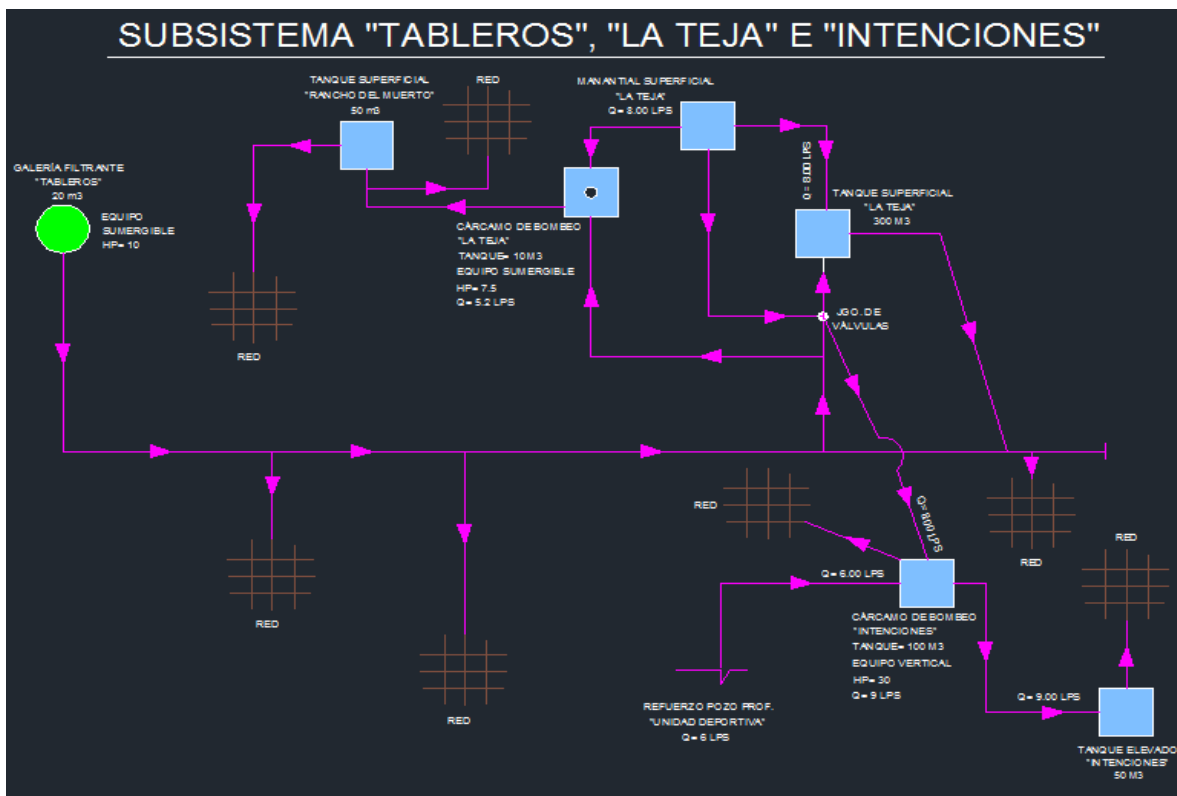


Figura. 11 Subsistema tableros, la teja, e intenciones, SAPA.



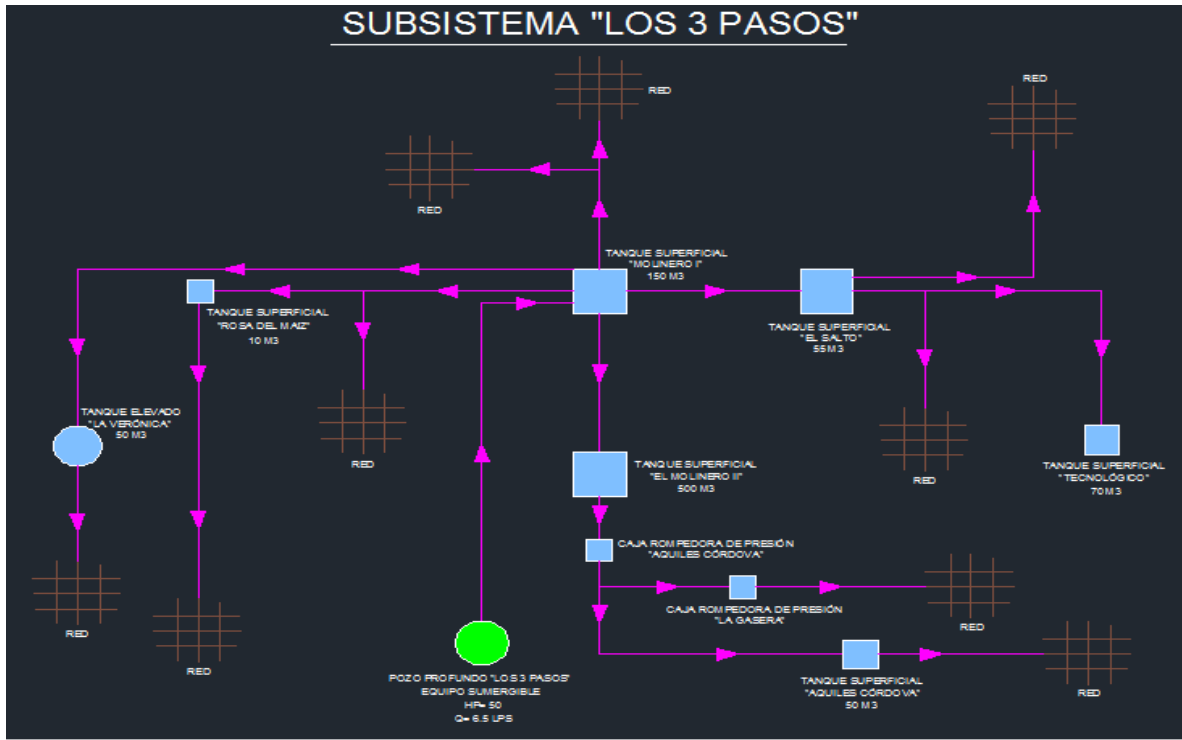


Figura. 12 Subsistema los 3 pasos, SAPA.

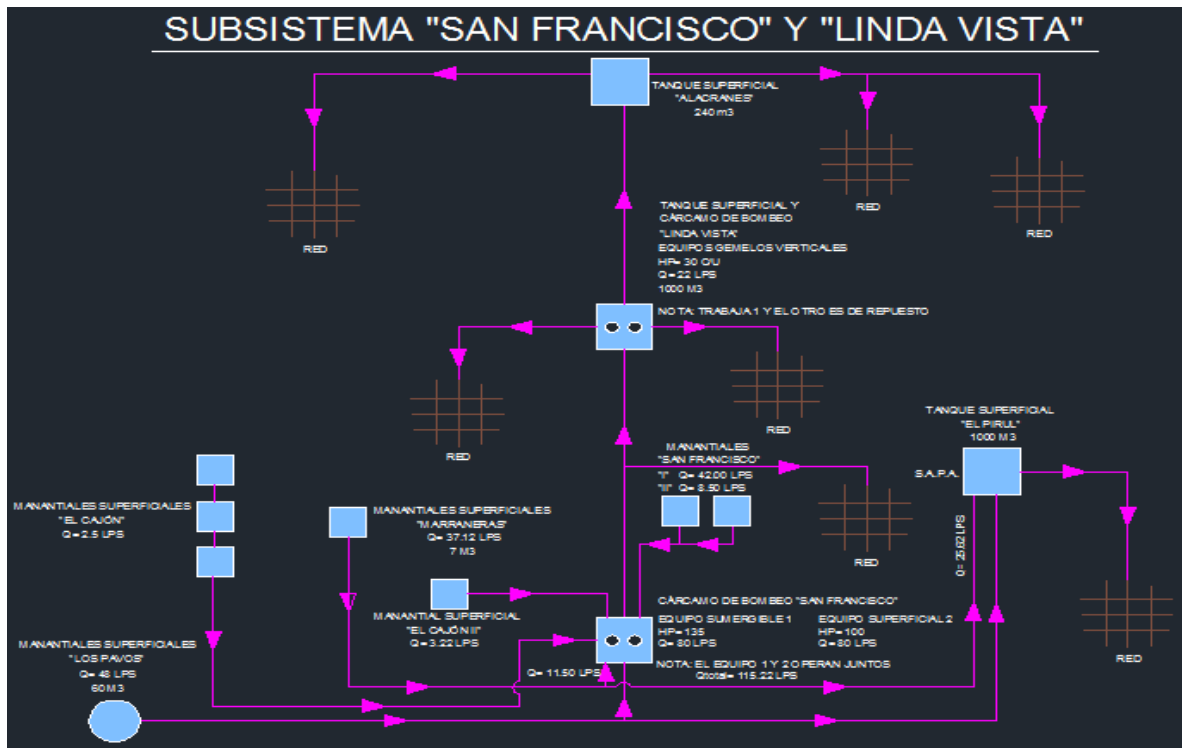


Figura. 13 Subsistema san Francisco y linda vista, SAPA.



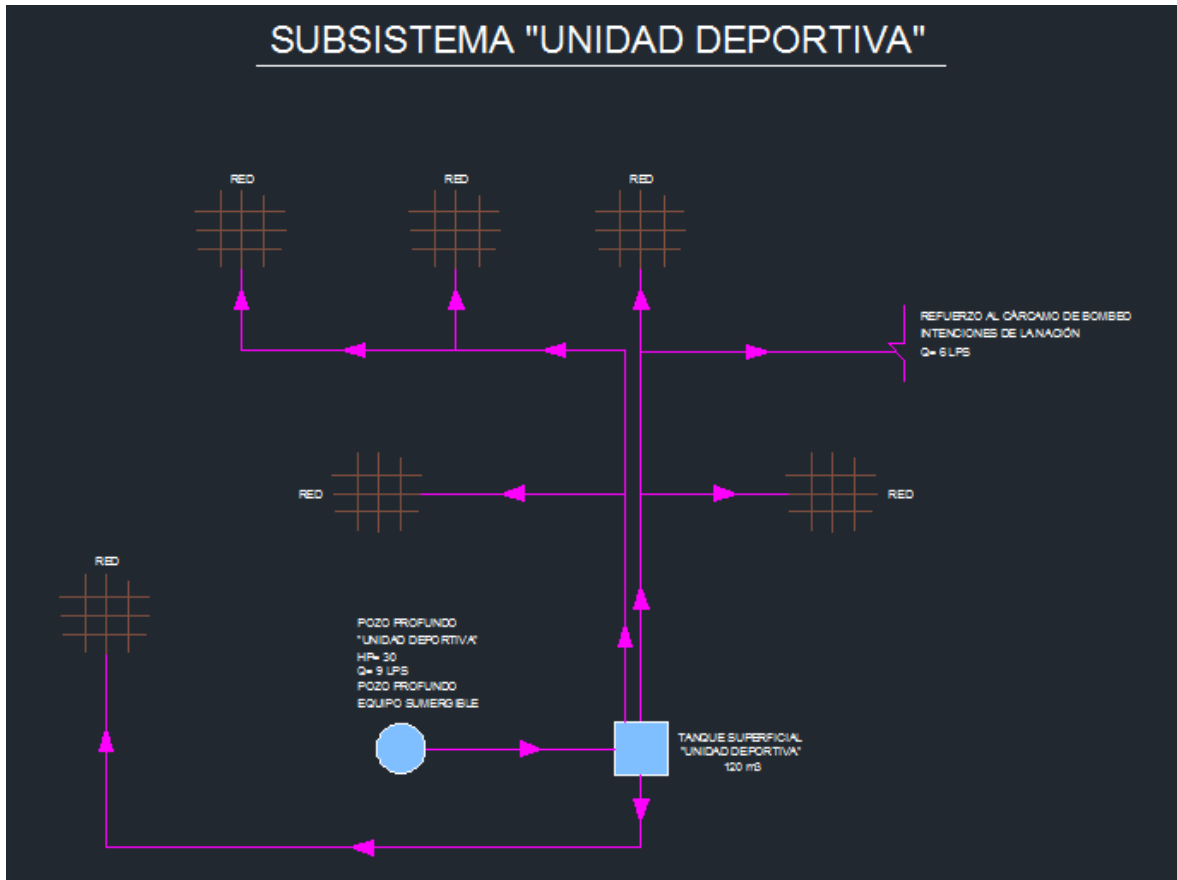


Figura. 14 Subsistema unidad deportiva, SAPA.

Información del ESSA CD. HIDALGO 2015

COBERTURA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

Según él un estudio previo llamado "ESTUDIO SIMPLIFICADO 2015 DE LA SITUACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE CD. HIDALGO" tendríamos su cálculo de población futuro el cual fue el siguiente.

Resulta una población según INEGI 2010 de 69,339 habitantes. CONAPO en sus proyecciones de población, señala para Cd. Hidalgo, en 2010 y en 2012:





119,473 habitantes en 2010

120,454 habitantes en 2012

Estos valores o cantidades son mayores a las de INEGI 2010 en un 1.6% (INEGI señalaba 117,620 habitantes).

Por otra parte, según INEGI, de la población total del municipio, el 51.5% de la población señalada por CONAPO, tendríamos en la ciudad:

61,528 habitantes en 2010

62,034 habitantes en 2012

Aumentando la población de las 22 colonias anexas, tendríamos

70,325 habitantes en 2010

70,831 habitantes en 2012

La diferencia entre 2012 y el 2010 es de solo 506 habitantes. Lo que representa el 0.72% solamente.

Con datos de INEGI 2005 y 2010, la diferencia en 5 años es:

$117,620 - 110,311 = 7,309$ habitantes. Lo que representan el 6.62% de crecimiento o el 1.32% promedio anual (2.64% en 2 años).

Con ese factor, la población de INEGI 2010, por 69,339 habitantes. Pasaría a 71,169 habitantes en el 2012.

Con los datos de tomas registradas en SAPA a 31/Dic/2012, tendríamos con 4.3 hab/vivienda o toma.





Tomas totales.....	17,942
Cd. Hidalgo.....	17,808
Tacario.....	134
Tomas domesticas.....	16,855

Por lo tanto:

	$16,855 (4.3) = 72,476$	habitante
	5%	clandestinaje = $3,623$
habitantes		
	$Total =$	$76,099$
habitantes		

Se tiene que sumar las 1,500 tomas del sistema independiente denominado el Ojito Taximaroa A.C. el cual se maneja dentro de la ciudad.

$$1500 (4.3) = 6,450 \text{ habitante}$$

Total estimado para la ciudad con servicio de agua potable:

$$76,199 + 6,450 = 82,549 \text{ habitante}$$

Se considera en forma conjunta con el SAPAS, que en la zona urbana, existen aproximadamente 2,116 habitantes. Sin servicio formal de agua potable, (492 viviendas), por lo que la población





total en la Cd. Cabecera municipal y zona conurbada atendida resulta por los 84,665 habitantes y las coberturas en agua potable 2012 para Cd. Hidalgo, serian:

POBLACIÓN QUE ATIENDE EL SAPA	76 099 Hbts.	90%
COMITÉ INDEPENDIENTE EL OJITO TAXIMAROA	6 450 Hbts.	7.50%
POBLACIÓN CON SERVICIO DE AGUA	82 549 Hbts.	97.50%
POBLACIÓN SIN SERVICIO DE AGUA POTABLE	2 116 Hbts.	2.50%
POBLACIÓN TOTAL DE CD. HIDALGO	84 665	100%

Tabla 1 Tomas de agua potable, Ciudad Hidalgo Mich.

Dotación diaria de agua potable por habitante en cd. Hidalgo:

$$\text{Poblacion servida por SAPA} = \frac{26\,842\,752 \frac{\text{Lts}}{\text{dia}}}{76\,099 \text{ Hbts}} = 352.73 \frac{\text{Lts}}{\text{H}} \text{D}$$

$$\text{Poblacion total en Cd. Hidalgo} = \frac{26\,842\,752}{84\,665 \text{ Hbts.}} = 317.04 \frac{\text{Lts}}{\text{H}} \text{D}$$





Si consideramos que la demanda de los 6,450 habitantes del comité independiente El Ojito es de 150 Lts/día (11,2 L.P.S.) (Dato en investigación). Tendríamos para una población total:

$$\begin{aligned} \text{Poblacion total en Cd. Hidalgo} &= \frac{27\ 810\ 252\ \text{Lts/día}}{84\ 665\ \text{Hbts}} \\ &= 328.5 \frac{\text{Lts}}{\text{H}} / \text{D} \end{aligned}$$

LÍNEAS DE CONDUCCIÓN.

No.	Unidad de bombeo	Tipo de estructura	Diámetros	Material
1	La teja	cárcamo	3"	PAD
2	Tableros	noria	8"	PVC
3	Los pavos I	noria	6"	PVC
	Los pavos II	cárcamo	6"	PVC
Los pavos III				
4	San francisco I	cárcamo	10"	A-C
	San francisco II			C-1-
5	San francisco II	cárcamo	10"	C-1-





6	Linda vista	tanque y cárcamo	6"	PVC
7	Intenciones de la nación	tanque y cárcamo	4"	PVC
8	El mirador	cárcamo	4"	PVC
9	El fresno	pozo profundo	10"	PVC
10	3 de mayo	pozo profundo	10"	A-C
11	Tacario	pozo profundo	2 1/2"	PVC
12	Los tres pasos	pozo profundo	4"	PVC
13	Unidad deportiva	pozo profundo	4"	PVC
14	La virgen	cárcamo	4" y 8"	PVC Y C-10

Tabla 2 Líneas principales del SAPA, según ESSA CD. HIDALGO 2015

TANQUES DE REGULACIÓN.

No.	Tanque	Elevación MSNM	Capacidad
1	Linda vista	2124.00	1000
2	El pirul	2162.32	1000
3	3 de mayo	2088.48	600
4	El fresno I		500
5	Carindapaz	2075.00	400
6	Los Bautistas		300
7	Tierras coloradas II	2086.82	120





8	Tierras coloradas I*	2081.00	100
9	El moral*	2077.72	100
10	Intenciones	2070.21	100
11	Los alacranes	2150.00	100
12	San Matías	2085.00	80
13	Los tizates	2087.44	50
14	R. Solache		50
15	Casas pintas	2818.25	50
16	Janamoro	2385.94	50
17	La antena	2167.63	45
18	El mirador I		40
19	Tacario	2750.00	10
20	Roza del maíz	2474.58	10
21	Joyas de Birruete	2312.89	10
22	El fresno II		2
23	Lomas		120
24	Molinero		50
25	El mirador II		120
26	Lienzo charro	Elevado	50
27	Los maestros	Superficial	40
28	La teja	Superficial	40

Tabla 3 Fuentes de abastecimiento y estructuras hidráulicas del SAPA. ESSA CD. HIDALGO 2015





Balance hídrico por subsistemas.

1.- Subsistema san francisco y linda vista. Los cuales son alimentados por las fuentes de abastecimiento: los pavos, san francisco I y II, parcialmente cajones y marraneras.

Por inspecciones y evaluaciones de campo e información directa de personal técnico y operativo del SAPA Cd. Hidalgo, estos sistemas son alimentados de las fuentes ya señaladas de la siguiente, manera:

De los manantiales denominados los pavos del I al IV, se recolecta el agua y se concentra en un tanque circular desde donde se bombea 48 L.P.S. promedio las 24 horas, enviándose el agua hasta un cárcamo llamado san francisco mismo donde también se concentra agua de los manantiales san francisco I y II. Se estima en este cálculo de bombeo san francisco se concentra en el total, 106.72 L.P.S. el resto del agua de marraneras 26.12 L.P.S. se inyecta al tanque "El pirul"

Para alimentar de agua potable a estos dos subsistemas Linda vista y San francisco, se re-bombea constantemente 80 L.P.S. a tanques y redes alternamente se inyectan por periodos de tiempo (aproximadamente cada 20 min.) 60 L.P.S. del cárcamo san francisco se bombea al tanque linda vista y desde este, se re-bombea al tanque alacranes y además se inyecta también directamente a la red en algunas horas del día y alternamente.





Del tanque linda vista, se re-bombee el tanque alacranes mediante una bomba de 30 HP que proporciona 22 L.P.S., en un promedio diario de 14 horas de bombeo.

El siguiente subsistema de distribución el Fresno. Este subsistema se ubica al oriente de la ciudad y se alimenta con un pozo profundo que proporciona 55 L.P.S., las 24 horas.

Este subsistema en su fuente de alimentación cuenta con un equipo de bombeo sumergible de 150 HP el que proporciona 55 L.P.S. Se bombean y mandan un promedio de 35 litros por segundo al tanque superficial el Fresno. Antes del tanque el Fresno, se deriva agua directamente a la red y al tanque la antena. Del tanque el Fresno, se descarga agua a una caja rompedora de presión y posteriormente se alimentan los tanques gallegos y Solache, al igual una parte se alimenta directamente de la red.

Subsistema 3 de mayo y el pirul. Este subsistema se compone de un pozo profundo llamado 3 de mayo y recibe agua también de los manantiales marraneras y ocasionalmente de los pavos. Del pozo profundo 3 de mayo se bombea al tanque superficial 3 de mayo con una capacidad de 600 m³ y de este tanque se descarga agua al tanque el pirul de 1000 m³ de capacidad del cual también recibe por el orden de los 26.12 L.P.S. del manantial marraneras y ocasionalmente puede recibir agua de los pavos.

El siguiente subsistema Carindapaz, este se alimenta y compone de 4 manantiales los cuales en su conjunto aportan 28.4 L.P.S.





estos manantiales alimentan un tanque de 600 m³ y red directamente.

Los Carindapaz I II y III aportan 20 L.P.S. y se concentran en un tanque de 600 m³, el Carindapaz IV, se integra a la línea de alimentación que va a redes.

Subsistema La antena, ya se integró las 138 tomas que señala el SAPA que existe en este subsistema. Se integra a la alimentación el fresno ya que esta fuente se alimenta.

El subsistema la virgen, este subsistema se alimenta de un manantial superficial que aporta 4.3 L.p.s.

Del manantial y el cárcamo la virgen, se bombea intermitentemente un promedio de 12 horas diarias al tanque tierras coloradas con capacidad de 300m³ y esta a su vez alimenta 2 redes a criterio de los valvuleros.

Subsistema unidad deportiva, este subsistema se alimenta de un pozo profundo con un bombeo de 30 HP y 9 L.p.s. de capacidad.

Este bombeo inyecta agua superficial de 120m³ unidad deportiva y de este aunque se alimenta a redes, en las líneas de descarga, existen dos cajas rompedoras de presión. De este subsistema, se refuerza (se alimenta) el subsistema intenciones de la nación.

El subsistema tableros, la teja e intenciones, es muy complejo, cuenta con una galería filtrante que aporta 4.17 L.P.S. y se alimentan directamente redes y cierto volumen que no se conoce se aporta al cárcamo de bombeo intenciones de la nación. Otro





manantial superficial llamado la teja: aporta 8 L.P.S. y alimenta un cárcamo de bombeo y un tanque superficial los dos llamados la teja; se bombeó por el orden de 2.327 L.P.S. (10.74 hrs/día) al tanque superficial rancho muerto de 50 m³. Parte del agua del manantial la teja, se orienta al cárcamo intenciones, se bombea agua al tanque elevado de 100 m³ llamado intenciones.

Subsistema el mirador, este se alimenta de dos manantiales superficiales llamados Vidal Solís y el chapulín, los cuales aportan 4.35 y 3 L.P.S. respectivamente para un total de 7.35 L.P.S.

El agua se concentra en un tanque-cárcamo del cual se bombea el agua al tanque superficial el mirador de capacidad de 120 m³, el bombeo se realiza con uno de los dos equipos verticales tipo turbina de 30 HP cada uno y 10 L.P.S. de capacidad, el equipo opera en promedio de 19 hrs/día por lo que los 10 L.P.S. se transforman en el equivalente a 7.91 L.P.S.

Subsistema 3 pasos, compuesto de un bombeo en un pozo profundo con equipo de 50 HP y 6.5 L.P.S. de capacidad. Este equipo bombea un promedio de 19 hrs/día. El agua es bombeada a un tanque superficial llamado molinero 1 y de 150 m³ de capacidad y de este se alimenta a dos tanques (el salto y el rosa de maíz), también alimenta directamente a redes. Del tanque molinero 1 se deriva al tanque el salto y de este al tecnológico. También se deriva al tanque molinero 2 de capacidad de 400m³, el agua continua hasta el tanque Aquiles de 50 m³ y de ahí a la red.





EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Evaluación de la información obtenida fue en los aspectos técnicos sobre todo en la distribución del agua, al no contar con catastro suficiente y los gastos y volúmenes de producción de todo el sistema.

Se realizó estudio de tarifas eléctricas en bombes San Francisco y el Fresno por ser los dos equipamientos Electro-mecánicos con mayores consumos y costos para el organismo.

Se concluyó que las tarifas contratadas (HM) son adecuadas y que el deterioro (deficiencias) está en la forma en que se operan los equipos del re-bombeo de San Francisco.

Resultados del ESSA CD. HIDALGO 2015

Se estima que el SAPAS. Tiene una eficiencia física del 52% con lo que el agua que producen todas las fuentes de abastecimiento no son necesarias para abastecer en su totalidad a la población del municipio, dando como resultado un problema de falta de agua en el sistema de agua potable.

Con base a los datos recopilados, a la información obtenida en campo y al estudio simplificado del sistema de agua potable, alcantarillado y saneamiento de cd hidalgo, se a determinado que el SAPA de cd. Hidalgo (realizado por CONAGUA) tiene una dotación diaria de agua potable por habitante en cd. Hidalgo de:

$$\text{Poblacion servida por SAPA} = \frac{26\ 842\ 752 \frac{\text{Lts}}{\text{dia}}}{76\ 099 \text{ Hbts}} = 352.73 \frac{\text{Lts}}{\text{D}}$$





Por lo que en base a las dotaciones que establece MAPAS. Es una dotación relativamente alta inaceptable para el municipio de cd. Hidalgo por tal motivo se estima que el SAPA tiene mal control de la distribución, operación, fugas del agua en la red existente, sumando a todo esto las toma clandestina por lo que dicha dotación es muy elevada implicando con esto un estudio minucioso de campo y operación de la red.

Aspectos que no se tienen controlados en el SAPA.

- No se cuenta con micro medidores en tomas domiciliarias.
- Toma clandestinas.
- No se da mantenimiento a los tanques de regulación.
- Reparación y operación de tanques que no se tiene operando.
- Manteniendo y reparación de la redes específicas.
- Equipos electro mecanizados (válvulas, flotadores eléctricos de encendido de bombas, medidores, manómetros, etc.)

Domestico	Its/hab/dia (Norma)
Popular	100
Medio	195
Residencial	250
Departamento	100

Tabla 4 Dotaciones del MAPAS

Dotaciones que se establecen en el MAPAS.





Información obtenida en campo

Se realizaron visitas de campo en donde se obtuvieron los datos necesarios para las correcciones de los diagramas que fueron proporcionados por el SAPA de cada subsistema quedando mejor detallados en cuanto a la estructura que se tiene operando, el motivo por el cual se realizaron las visitas de campo fue debido a la falta de información que no tiene registrada el SAPA y como lo es el levantamiento de estructura existente en la red que conforma y opera los diferentes subsistemas.

Integrando la información recopilada de campo se muestran a continuación los subsistemas más completos en los cuales contienen estructuras existentes como también formas de funcionamiento que no fueron tomadas en cuenta y que no se tenían representadas en los planos.



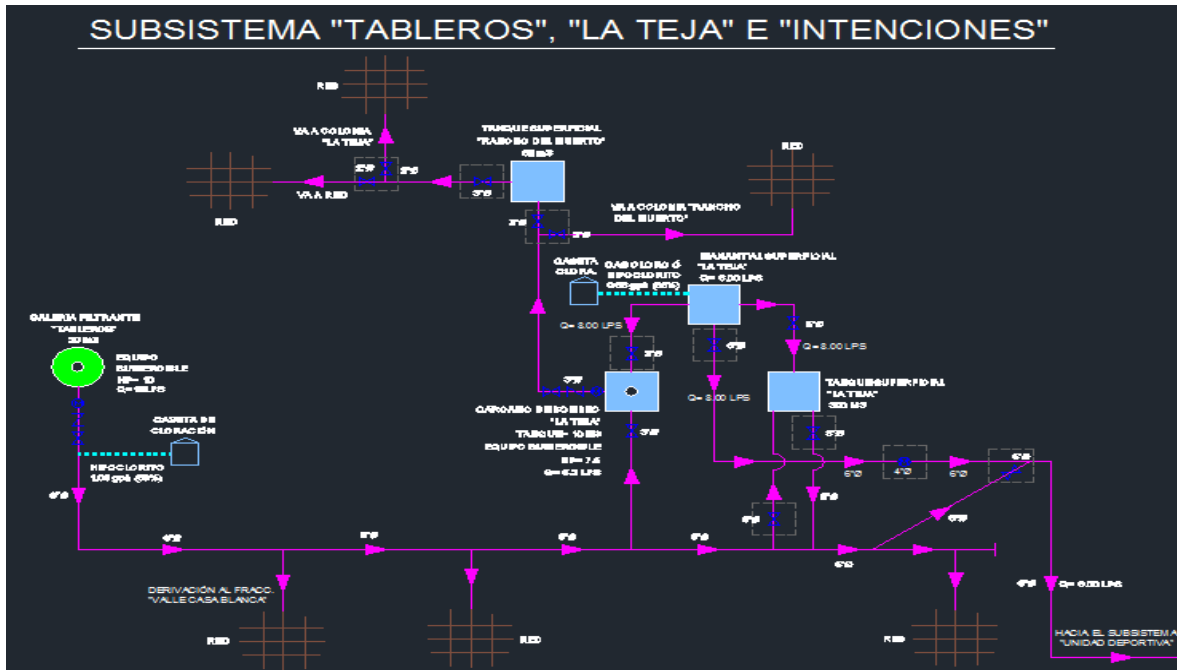


Figura. 15 Subsistema tableros, la teja e intenciones, datos de campo.

Es subsistema tiene una galería filtrante de 20 m³ con una bomba sumergible de 10 hp que bombea un gasto de 18 L.P.S. que se conduce con una tubería de 6 pulgadas. Pasa por una caseta de cloración, llegando hasta la derivación del fraccionamiento “valle casa blanca”, llegando hasta el cárcamo de bombeo de 10 m³ de capacidad, que tiene una bomba sumergible de 7.5 hp con un gasto de 5.2 L.P.S., del cual sale con una tubería de 3 pulgadas y llega hasta el tanque superficial “rancho del muerto” que tiene una capacidad de 50 m³, del tanque salen dos líneas de conexión para llegar a la red de distribución de la colonia “la teja”. Ha dicho cárcamo llega también una tubería de 3 pulgadas el cual proviene de un manantial superficial con un gasto de 8 L.P.S., del manantial salen dos tuberías de 6 pulgadas, una de ellas llega al tanque superficial con capacidad de 800 m³ y la otra llega a la red de distribución, llegando hacia el subsistema “la unidad deportiva”.



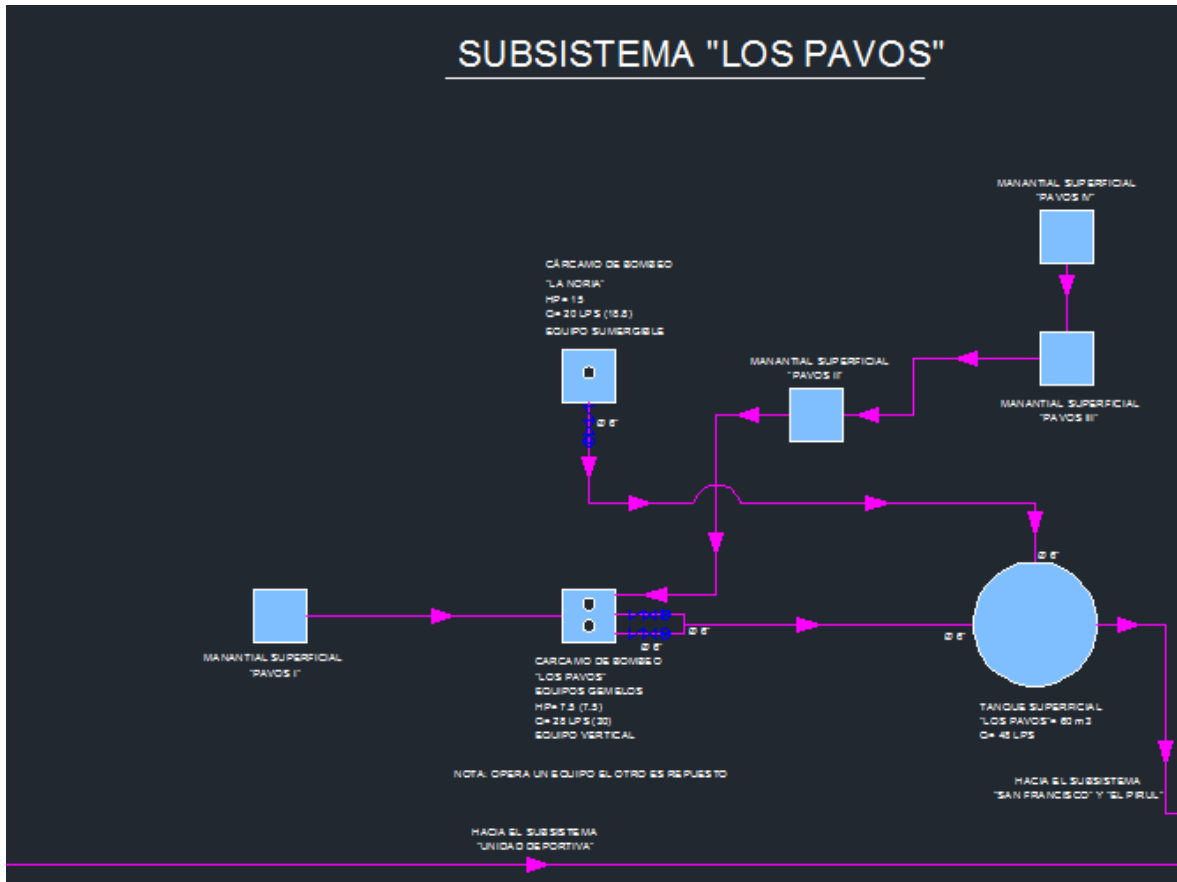


Figura. 16 Subsistema los pavos, datos de campo.

El subsistema cuenta con un manantial superficial “PAVOS I”, el cual por medio de líneas de conducción de 6 pulgadas, llega a un cárcamo de bombeo “LOS PAVOS” donde se ocupa de dos bombas con potencias de 7.5, y sus caudales respectivos son de 28 L.P.S., y 30 L.P.S. para cada bomba, donde solo operara un equipo nada más, el otro equipo queda de repuesto.

A este cárcamo de bombeo, “LOS PAVOS” le llegan líneas de conducción de los manantiales superficiales, “LOS PAVOS IV” “LOS PAVOS III” y “LOS PAVOS II”. Donde abastecen a un tanque superficial “LOS PAVOS” con capacidad de 60 m³, con caudal de 48 L.P.S.





También le llega una línea de conducción de un cárcamo de bombeo “LA NORIA” con una bomba de 15 HP de potencia y caudal de 20 L.P.S., con diámetro de línea de conducción de 6 pulgadas.

Este tanque superficial “LOS PAVOS” abastece al subsistema “SAN FRANCISCO” y a “EL PIRUL”.

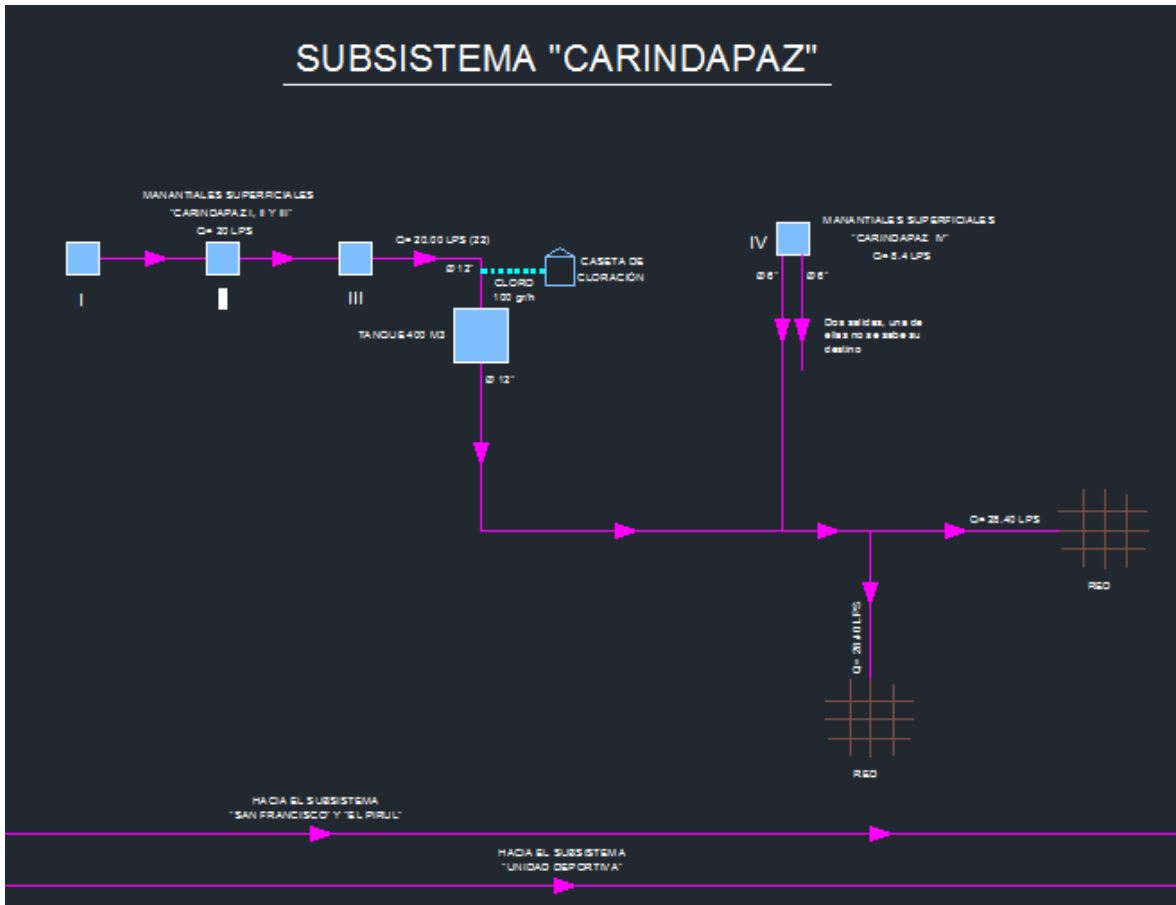


Figura. 17 Subsistema Carindapaz, datos de campo.

Este subsistema cuenta con tres manantiales superficiales “Carindapaz I, II y III” con tubería de 12 pulgadas, y con gastos de 20 y 22 L.P.S. que pasan por una caseta de cloración; llegando a un tanque de 400m³ del cual conduce una línea de 12 pulgadas.





El manantial superficial "Carindapaz IV" el cual tiene un gasto de 8.4 L.P.S. y por el cual salen dos tubos de 6 pulgadas, uno de ellos no se sabe su destino y el otro tiene un punto de encuentro con el tubo de 12 pulgadas anteriormente mencionado. Después de esta unión la tubería de dirige a dos redes, ambas con gastos de 28.40 LPS.

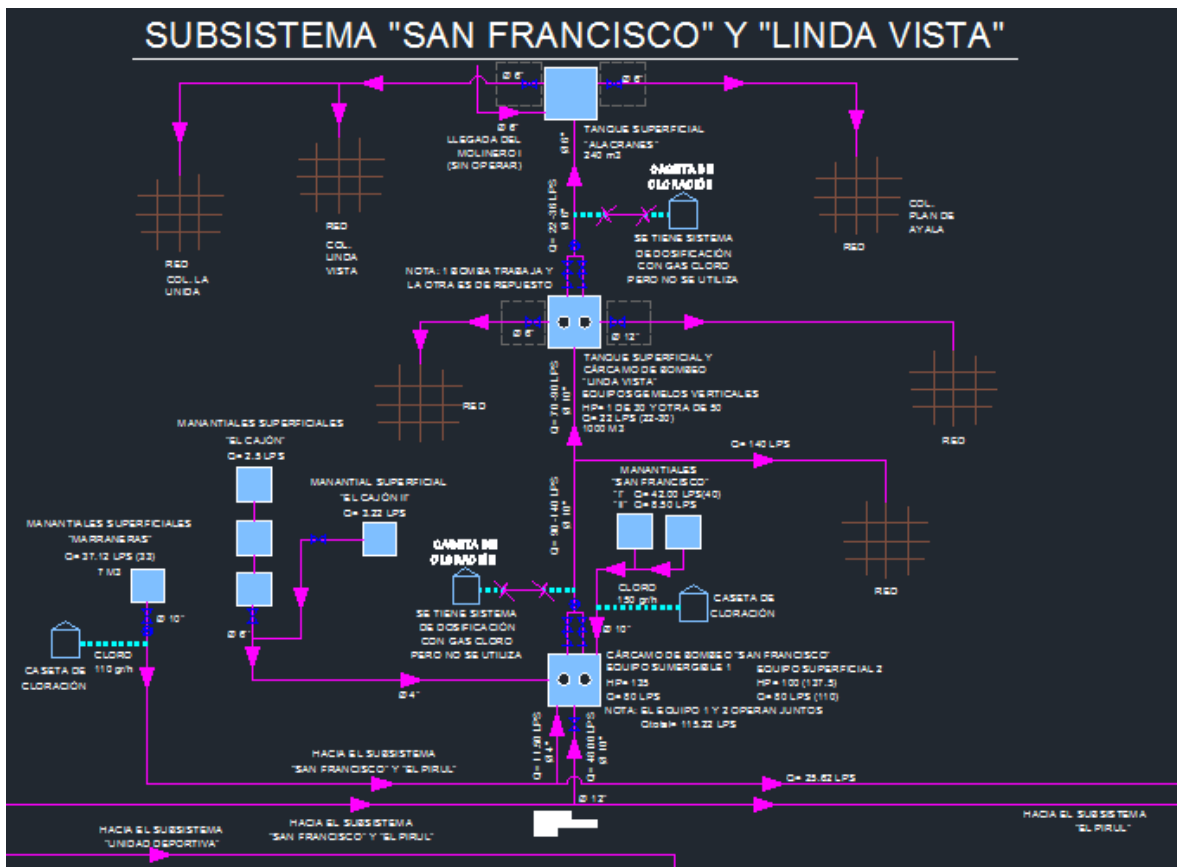


Figura. 18 Subsistema san Francisco y linda vista, datos de campo.

Se conforma del manantial superficial "marraneras" con un gasto de 37.12 L.P.P. y una capacidad de 7 m³, sale una tubería de 10 pulgadas, la cual conecta a una caseta de cloración. Esta línea va hacia el subsistema "san francisco" y "el pirul".





En este subsistema se encuentran tres manantiales superficiales “el cajón” con un gasto de 2.5 L.P.S., de los cuales sale una tubería de 6 pulgadas, en el cual se conecta otra tubería que viene del manantial superficial “el cajón II”.

De la tubería de 6 pulgadas que sale de los manantiales “el cajón”, llega con un diámetro de 4 pulgadas al cárcamo “san francisco” con dos equipos, uno sumergible de 135 hp y un gasto de 80 L.P.S. y el otro superficial de 100 hp y un gasto de 80 L.P.S., los equipos trabajan juntos tienen un gasto total de 115.22 L.P.S.

Se tiene también los manantiales “san francisco I y II”, el manantial “I” con un gasto de 42 L.P.S. y el manantial “II” con un gasto de 8.50 L.P.S., estos a través de una tubería de 10 pulgadas llegan al cárcamo de bombeo “san francisco”, por el cual sale con un diámetro 10 pulgadas el cual llega a una red de distribución y al cárcamo de bombeo “linda vista” que cuenta con equipos gemelos verticales, uno es de 30 hp y otro de 50 hp con un gasto de 22 L.P.S. de este cárcamo sale una tubería de 6 pulgadas que llega a una red de distribución y otra de 12 pulgadas que llega a una red de distribución, también de este cárcamo sale línea de 6 pulgadas que llega al tanque superficial “alacranes” con capacidad de 240 m³, del cual salen tuberías de 6 pulgadas que llegan a la otras red de distribución.



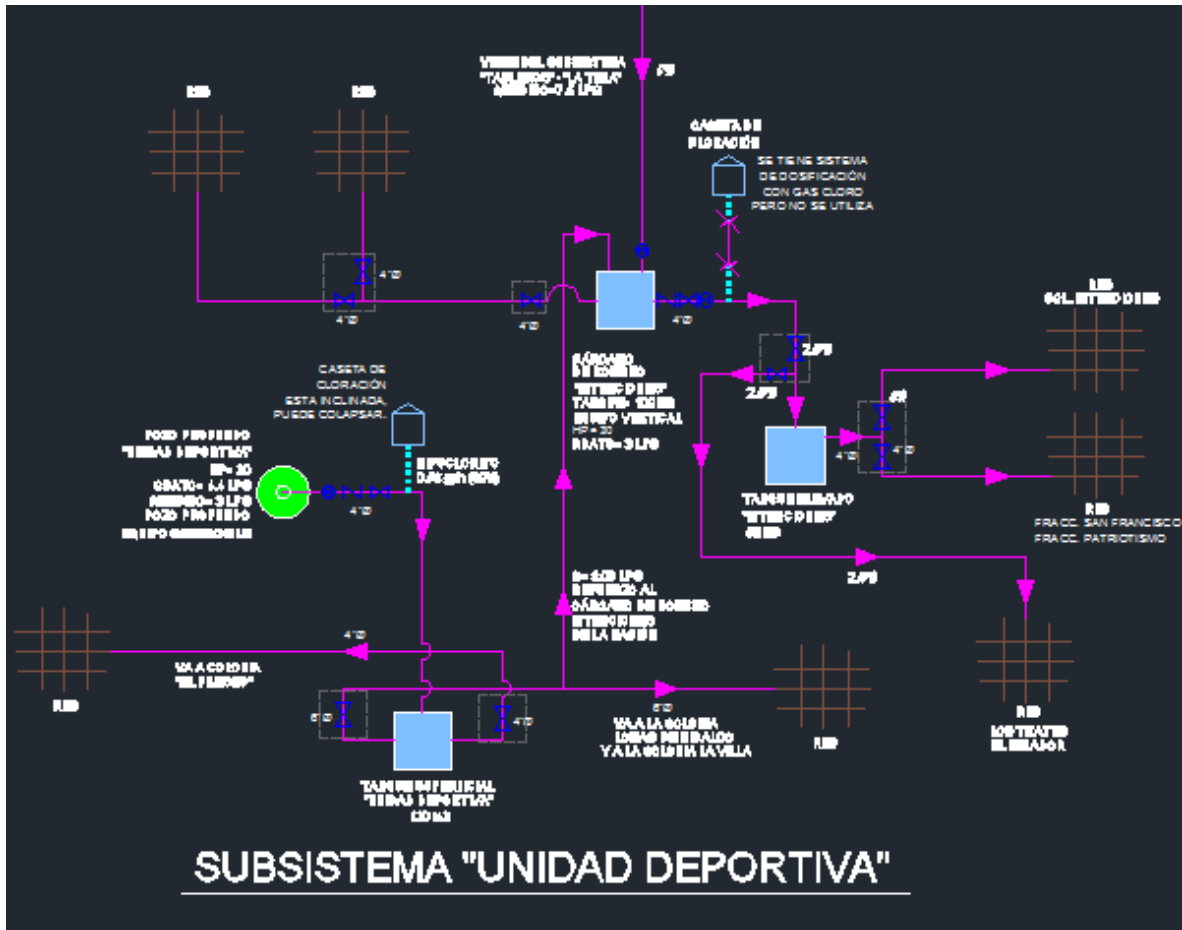


Figura. 19 Subsistema unidad deportiva, datos de campo.

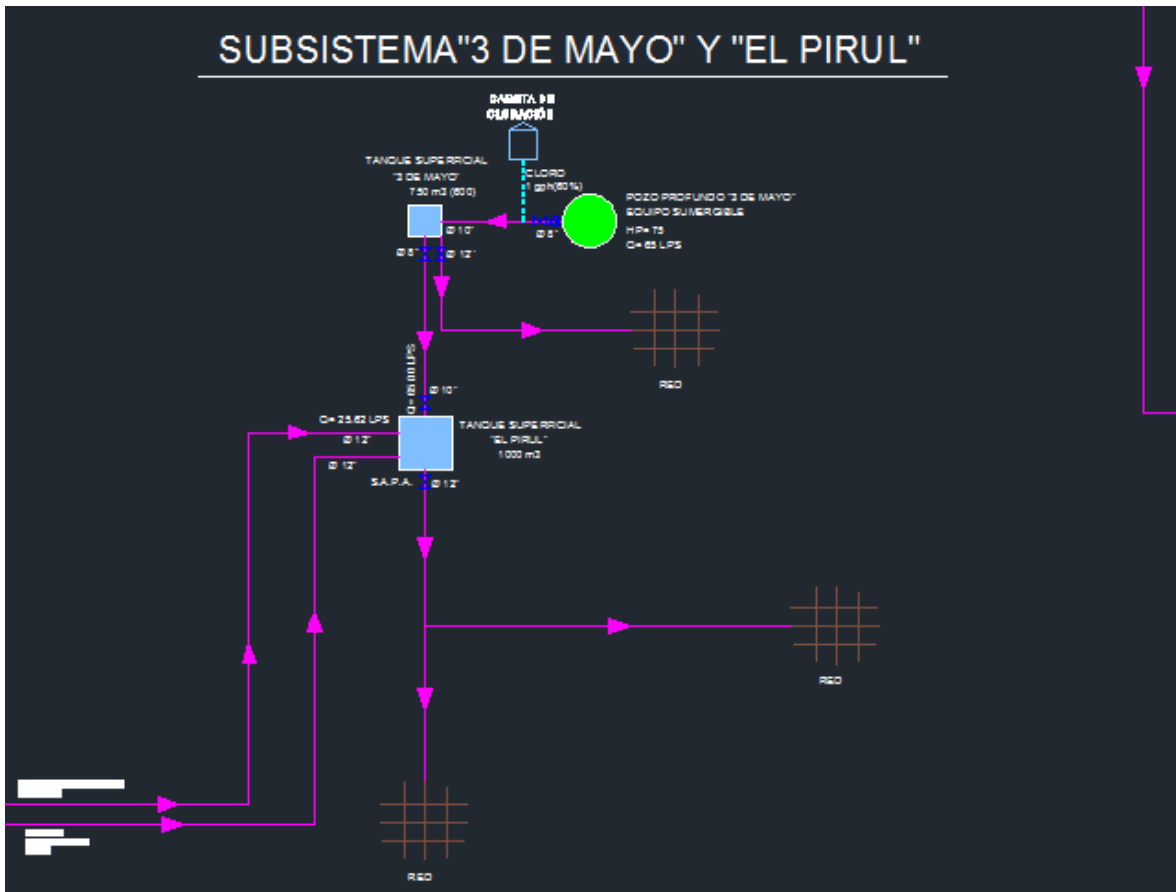
El subsistema “Unidad Deportiva” cuenta con un pozo profundo con equipo sumergible, de potencia 30 HP y un gasto medio de 9 L.P.S., el cual por medio de tubería de 4 pulgadas pasa por una caseta de cloración que en seguida llega a la colonia “El Fresno”. Después llega a un tanque superficial “Unidad Deportiva” con una capacidad de $120m^3$, del cual sale una tubería de 6 pulgadas que va hacia las colonias “Lomas de Hidalgo” y “La Villa”, y se dirige hacia un refuerzo al cárcamo de bombeo “Intenciones de la Nación” con un gasto de 9 L.P.S. Llegando al cárcamo de bombeo “Intenciones” de equipo vertical de potencia 30HP, gasto de 9LPS y con capacidad de $100m^3$, del cual también llegan los conductos de dos redes de 4 pulgadas y





del subsistema “Tableros”-“La Teja” con un gasto medio de 7.5 L.P.S. en conductos de 4 pulgadas.

De este cárcamo de bombeo sale una tubería de 4 pulgadas que primeramente pasa por una caseta de cloración, después se dirige hacia un tanque elevado “Intenciones” con una capacidad de $50m^3$ y hacia una red “Los Tizates El Mirador”. Del tanque se dirige hacia la red “Col. Intenciones”, a la red “Fraccionamiento San Francisco” y “Fraccionamiento Patriotismo”.



Este subsistema se conforma de un tanque superficial “el pirul” con capacidad de $1000 m^3$, al cual llegan tres líneas principales una de 12”





con un gasto 25.62 L.P.S., la otra de 10 pulgadas con un gasto de 65 L.P.S. esta viene del tanque superficial 3 de mayo con capacidad de 750 m³, del cual viene un tubería que conecta al pozo profundo "3 de mayo" que cuenta con una bomba sumergible de 75 hp y un gasto de 65 L.P.S. estos conectan a tres redes de distribución.

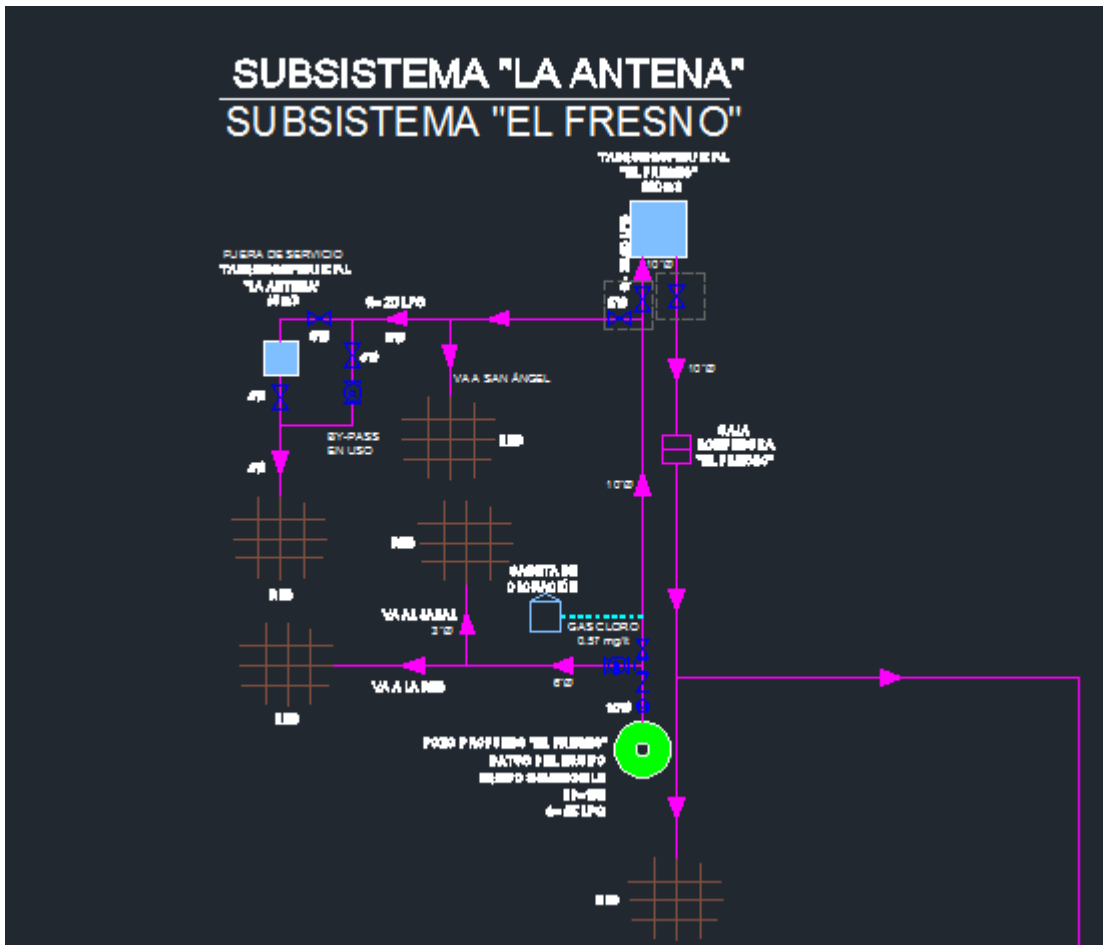


Figura. 20 Subsistema la antena, datos de campo.

Este sistema cuenta con un pozo profundo "EL FRESNO" tiene una bomba de 150 HP, con un caudal de 55 L.P.S. El diámetro de la línea de conducción es de 10 pulgadas, que para regular el flujo se ocupa una llave de paso, y una llave reguladora, se divide en dos ramales, un





ramal distribuye a dos redes, “JARAL” cuenta con un sistema de cloración el cual es de 0.57 mg/lt, la conducción llega a dos tanques superficiales, “EL FRESNO” con una capacidad de 600 m³ con caudal de 35 L.P.S., el segundo tanque se encuentra fuera de servicio con (BY-PASS) y es el tanque “LA ANTENA” con una capacidad de 45 m³, los cuales abastecen a las dos redes respectivamente, una red abastecida y mencionada es “SAN ANGEL”.

Del tanque superficial “EL FRESNO” de 600 m³ sale una línea de conducción de 10 pulgadas, en esta línea se encuentra una caja rompedora de presión, el cual abastece a una red, el caudal restante conduce al subsistema “EL FRESNO”.



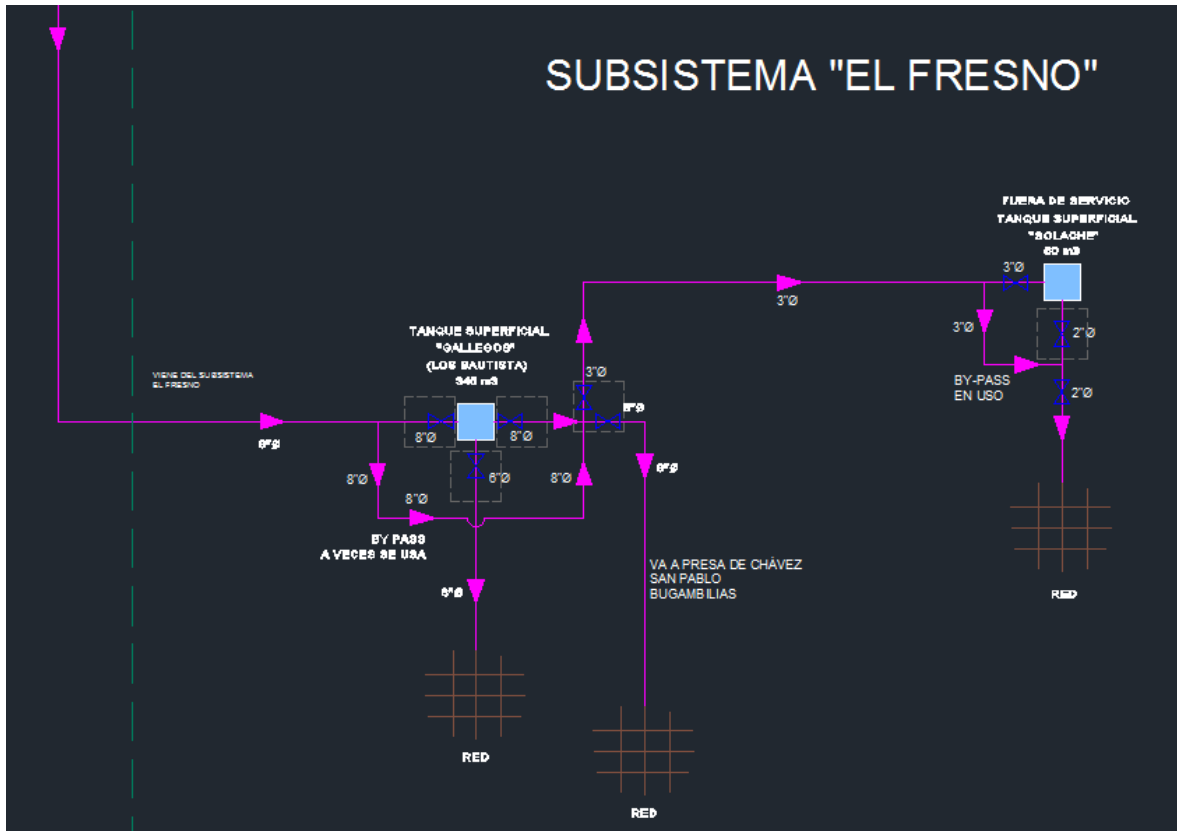


Figura. 21 Subsistema el fresno, datos de campo.

Este subsistema cuenta con un tanque superficial “gallegos” (los bautista) con capacidad de 345 m³ salen las siguientes líneas de conducción: la primera es de 8 pulgadas que va a presa de Chávez san Pablo buganvilias y conecta a una red de distribución. La segunda tubería de 6 pulgadas que conecta a la red de distribución, la tercer tubería es de 8 pulgadas y llega al tanque superficial “Solache” (fuera de servicio, con by-pass) con una tubería de 3 pulgadas con capacidad de 60 m³, del cual distribuye con una tubería de 2 pulgadas a la red de distribución.



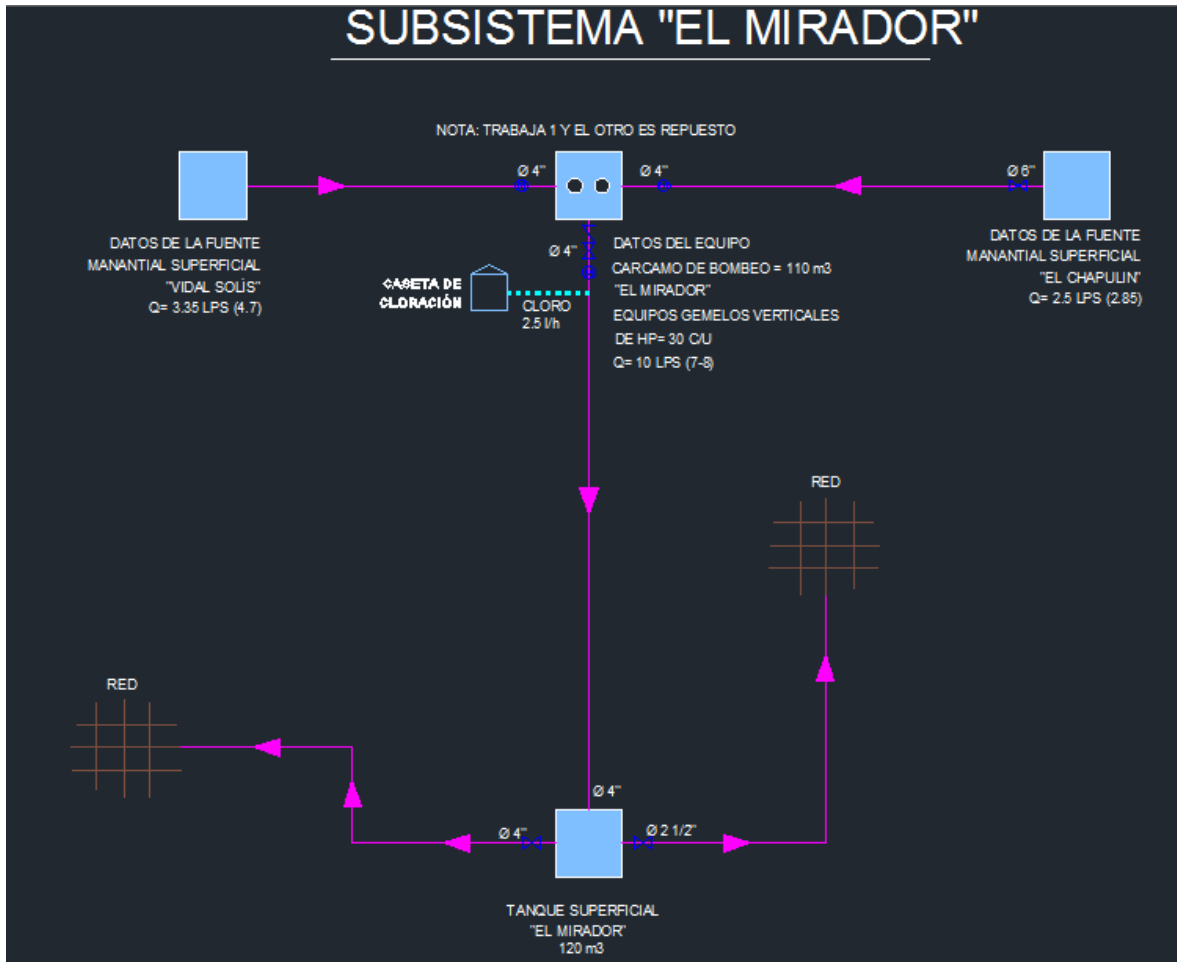


Figura. 22 Subsistema el mirador, datos de campo.

Este subsistema cuenta con un cárcamo de bombeo “El Mirador” de capacidad de 110m³, con equipos gemelos (del cual uno trabaja y el otro es de repuesto), con una potencia de 30 HP cada uno y un gasto de 10 L.P.S. (7.8). El cual se abastece de dos manantiales superficiales “Vida Solís” de gasto 3.35LPS (4.7) y “El Chapulín” de gasto 2.5 L.P.S. (2.85) mediante tubería de 4 pulgadas. Del cárcamo sale una, que pasa por una caseta de cloración y que se dirige hacia un tanque superficial “El Mirador” con capacidad de 120m³ el cual se dirige hacia dos redes por medio de conductos de 4 y 2½ pulgadas.



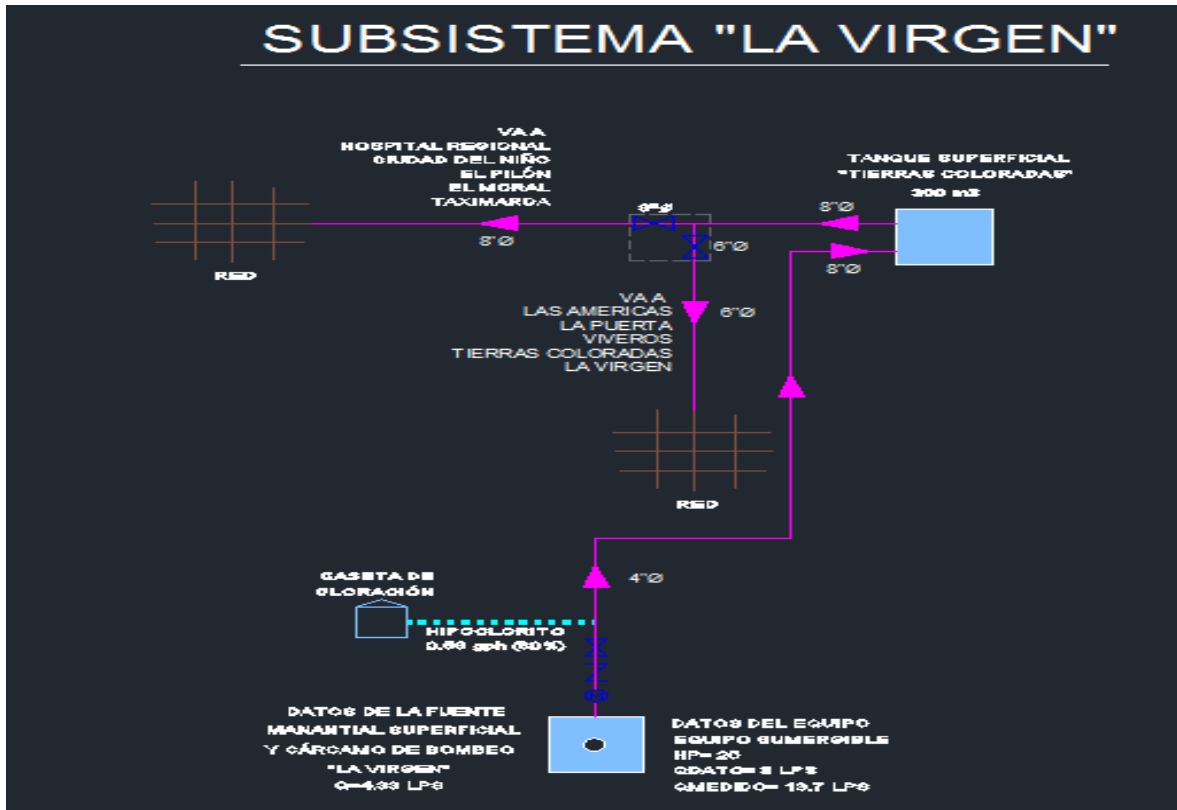


Figura. 23 Subsistema la virgen, datos de campo.

Este subsistema cuenta con un manantial superficial y cárcamo de bombeo "LA VIRGEN" con un caudal de 4.33 L.P.S., la bomba tiene una potencia de 20 HP con un caudal dato de 8 L.P.S., y un caudal medido de 13.7 L.P.S. Este sistema al igual que todos los demás es regulado por llaves de paso y llaves de retención.

Cuenta con una caseta de cloración de hipoclorito de 0.58 gph (60%), donde sale y abastece a un tanque superficial "TIERRAS COLORADAS" de 300 m³, donde se distribuye con diámetros de 8 pulgadas a diferentes redes como lo es "LAS AMERICAS" "LA PUERTA" "VIVEROS" "TIERRAS COLORADAS" "LA VIRGEN".

De igual forma distribuye a las redes "HOSPITAL REGIONAL" "CIUDAD DEL NIÑO" "EL PILÓN" "EL MORAL" y "TAXIMAROA"



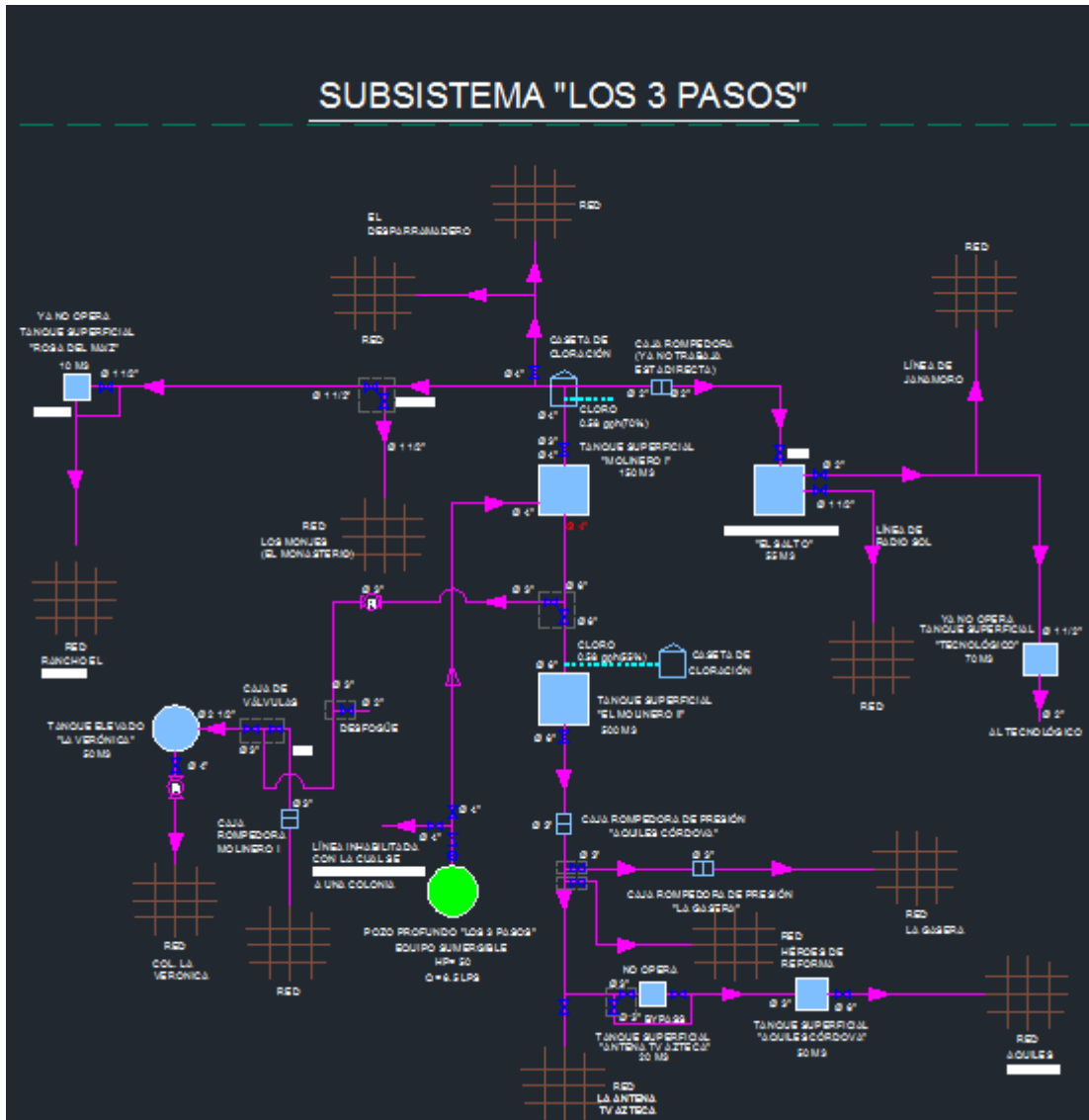


Figura. 24 Subsistema los 3 pasos, datos de campo.

El subsistema los 3 pasos, cuenta con un pozo profundo, lo cual se requiere de una bomba, donde la potencia de la bomba es de 50 HP, con caudal de 6.5 L.P.S., las líneas de conducción son reguladas por válvulas de retención y válvulas de paso, las líneas de conducción son de 4 pulgadas para algunos tramos, otros tramos contienen diámetros de 2 pulgadas y 3 pulgadas dependiendo del almacenamiento o de





válvulas para estabilizar el agua. La línea de conducción es dirigida a un tanque superficial “molinero I” con capacidad de 150 m³.

De este tanque se derivan dos líneas de conducción con diámetros de 4 pulgadas, una línea de conducción es dirigida a una serie de válvulas de paso donde regularan el flujo, además abastecerá a un tanque superficial “el molinero” con capacidad de 500 m³, donde el flujo saldrá por un diámetro de 6 pulgadas a una caja rompedora de presiones “Aquiles córdoba”. De aquí se dirige a una red “LA ANTENA TV AZTECA”. De igual forma se divide en tres ramales dos ramales que abastecen a dos redes, RED LA GASERA Y RED HEROES DE REFORMA. En el tercer ramal se encuentra una caja de válvulas para regular el flujo de diámetro 3 pulgadas, además de un tanque superficial de 200 m³, “ANTENA TV AZTECA”, conectada a otro tanque superficial, “AQUILES CORDOBA” de 50 m³, donde se distribuye a la red “AQUILES CORDOVA”. De esta línea de conducción se bifurca otra línea con un diámetro de 3 pulgadas conduce un flujo a través de reguladores y llaves de paso, para distribuirla a diferentes redes, pero para ello llega a un tanque elevado de 50 m³, “LA VERONICA” donde se distribuye a las dos redes de la colonia “LA VERONICA”.

De la otra línea de conducción del tanque superficial “molinero I” de 150 m³, el flujo llega a una caseta de cloración de 0.58 gph (70%), donde de ahí se subdividen dos ramales, un ramal llega al tanque superficial “EL SALTO” de 55 m³, donde alimenta a dos redes, por LINEA DE RADIO SOL Y LINEA DE JANAMORO, el agua restante se





dirige AL TECNOLÓGICO con diámetro de línea de conducción de 2 pulgadas.

El otro ramal da abastecimiento a 4 redes “EL DESPARRAMADERO”, “LOS MONJES (EL MONASTERIO)” “RANCHO EL CAPULIN”.

Modelación de la red existente con el software Epanet

Para poder lograr hacer la modelación de la red de agua potable, fue necesario realizar una serie de pasos previos a la simulación debido a la falta de información que se tenía como lo es las elevaciones de cada cruce, sus coordenada correctas “x, y” para poder llevar a cabo el trazo de la red en Epanet. Los pasos a seguir fueron los siguientes:

- Revisión en el plano general de la red del SAPA en AutoCAD, ubicación y colocación de las estructuras que no están pero que conforman y operan en la red.
- Obtención de las curvas de nivel en Global Mapper.
- Extracción de las elevaciones de cada nodo en ArcGIS.
- Trazo en AutoCAD de la red del SAPA
- Conversión del plano de AutoCAD a Epanet con ayuda de EpaCAD
- Análisis y simulación de Epanet.





Revisión en el plano general de la red del SAPA en AutoCAD, y estructuras que la conforman.

Fue necesario realizar un análisis detenidamente al plano proporcionando por el SAPA debido a que mucha de la información no tiene correlación a lo que se presenta en los diagramas que el mismo SASA proporciono por lo que la revisión fue en cuanto a los diámetros de las tuberías, estructura que no se tenía plasmada en el plano, por lo que la validación de información en comparación y apoyo a los diagramas del SAPA fue de vital importancia para poder empezar a trabajar con dicha información.



Figura. 25 Plano general de la red del SAPA, datos de campo.

Con la información obtenida en campo se ubicaron la totalidad de estructuras hidráulicas como son: pozos profundos, norias, manantiales superficiales, cárcamos de bombeo y re-bombeo, casetas de cloración, tanques de regulación superficiales, tanques elevados





cajas de rompedoras de presión, misma que se presentan a continuación.

No.	Nombre	Clave	Longitud "X"	Latitud "Y"	H (m.s.n.m.)
1	T. TECNOLOGICO	D-1	340767.169	2189156.159	2153.27
2	CR. LA GASERA	D-2	337947.895	2181249.133	2245.51
3	CV. LA GASERA	D-3	337667.382	2181194.053	2295.57
4	T, ROSA DEL MAIZ	D-4	335122.003	2182668.824	2391.41
5	T. EL SALTO	D-5	337754.467	2182759.671	2336.93
6	CV. SALTO	D-6	336752.133	2183036.546	2409.62
7	CV. ROSA DEL MAIZ	D-7	336652.19	2182992.988	2387.46
8	CAS. CLO. POZOS	D-8	336680.825	2183043.032	2405.02
9	T. MOLINERO 1	D-9	336825.331	2182569.122	2455.71
10	C. REP. MOLINERO 2	D-10	336802.653	2182495.732	2427.33
11	T. ,OLINEROS 2	D-11	336768.476	2182073.748	2393.55
12	CR. AQUILES	D-12	337598.5	2181128.405	2307.31
13	C. ANT TVAZTECA	D-13	337877.084	2180476.401	2210.75
14	T. AQUILES	D-14	338593.202	2180346.304	2151.32
15	CR. MOLINERO1	D-15	334628.213	2181996.795	2306.93
16	CV. MOL-VERO2	D-16	334584.81	2182090.276	2323.35
17	CV. MOL-VERO	D-17	334578.372	2182075.943	2327.37
18	T.ELE. LA VERO	D-18	334347.794	2182118.253	2335.36
19	P. 3 PASOS	D-19	335027.737	2182289.979	2254.89
20	T. TIERROS COLORADAS	D-20	339157.678	2177737.051	2072.99
21	M. LA VIRGEN	D-21	338797.104	2176820.36	2009.84
22	CV. MIRADOR 50	D-22	336950.71	2176190.044	2074.8
23	MIRARDOR 50	D-23	336908.313	2176196.348	2083.11
24	T. EL MIRADOR	D-24	336897.527	2175866.12	2128.32
25	M. VIDAL SOLIS	D-25	337277.846	2177486.843	2030.63
26	M. EL CHAPULIN	D-26	337875.555	2177411.116	2023.87





27	CAR. EL MIRADOR	D-27	337841.33	2177306.673	2032.78
28	PZ.UNI. DEPORTIVA	D-28	335541.906	2176439.144	2099.2
29	T. UNI, DEPORTIVA	D-29	335584.719	2176333.231	2103.5
30	T.ELE. INTENCIONES	D-30	335969.89	2176602.11	2079.62
31	CAR. INTENCIONES	D-31	335913.034	2176972.643	2062.87
32	NORIA TABLEROS	D-32	330347.413	2179214.358	2081.39
33	T. EL MUERTO	D-33	332155.875	2179939.434	2131.73
34	M. LA TEJA	D-34	332498.545	2179257.035	2075.58
35	CARC. LA TEJA	D-35	332487.65	2179236.914	2069.49
36	T. LA TEJA	D-36	332495.736	2179235.968	2073.65
37	M. CARINDAPAZ4	D-37	334664.972	2178607.996	2057.42
38	M. CARINDAPAZ	D-38	334392.303	2178667.095	2064.8
39	T. CARINDAPAZ	D-39	334447.657	2178646.584	2069.09
40	M.CAJONES	D-40	334350.891	2178639.091	2043.63
41	M.MARRANERAS	D-41	334197.168	2178678.144	2072.98
42	MAN. SAN FRANCISCO	D-42	335601.161	2178243.161	2053.91
43	CAR. SAN FRANCISCO	D-43	335574.269	2178209.406	2059.65
44	P. LINDA	D-44	335638.772	2178754.334	2123.95
45	P. ALACRANES	D-45	335435.646	2179873.92	2178.63
46	T. 3 DE MAYO	D-46	336750.661	2179159.171	2085.45
47	P. 3 DE MAYO	D-47	336757.444	2179153.92	2079.07
48	PIRUL MARRANERAS	D-48	336931.189	2178311.596	2056.01
49	PIRUL 3 MAYO	D-49	336937.584	2178303.616	2053.03
50	PIRUL PAVOS	D-50	336938.216	2178298.853	2062.31
51	R5	D-51	333329.154	2178967.52	2069.56
52	R4	D-52	333352.131	2178981.033	2068.22
53	T. PAVOS	D-53	333350.632	2178968.996	2065.56
54	PAVOS LA NORIA	D-54	333311.608	2179006.916	2059.26
55	CARC. PAVOS	D-55	333310.538	2178994.833	2074.34
56	T. SOLACHE	D-56	340907.116	2178764.178	2089.2
57	BN. INEGI	D-57	339885.387	2178961.328	2086.66





58	T. GALLEGOS	D-58	339937.775	2178534.998	2104.97
59	T. ANTENA	D-59	337362.763	2179838.753	2157.19
60	CAJA ROMPEDORA	D-60	337977.187	2179676.191	2147.64
61	T. FRESNO	D-61	337983.873	2180066.37	2166.39
62	POZO FERSNO	D-62	338012.546	2179144.484	2046.48

Tabla 5 Estructuras que conforman hidráulicas de la red del SAPA, datos de campo.

Como se puede observar es un gran número de estructuras que SAPA no tiene representados en los planos y que son de suma importancia para poder conocer a fondo como es que operan la red.

Obtención de las curvas de nivel en Global Mapper.

Como el plano general de la red del SAPA no contaba con esta información de elevación solo con las coordenadas "x, y" se requirió obtener el dato "z" que representa la elevación de la red a terreno natural en "m.s.n.m.", previo a obtener "z" de cada punto de interés se tiene que tener como base las curvas de nivel para poder obtener la elevación, por lo que se obtuvieron las curvas de nivel con ayuda del software Global Mapper, del municipio de Ciudad Hidalgo Mich.

La generación de curvas de nivel en Global Mapper es primero con ayuda del software Google Earth Pro, ubicado la zona de estudio posteriormente se realiza un polígono sobre la zona de interés, se guarda la ubicación y se abre con Global Mapper, generando las curvas de nivel.



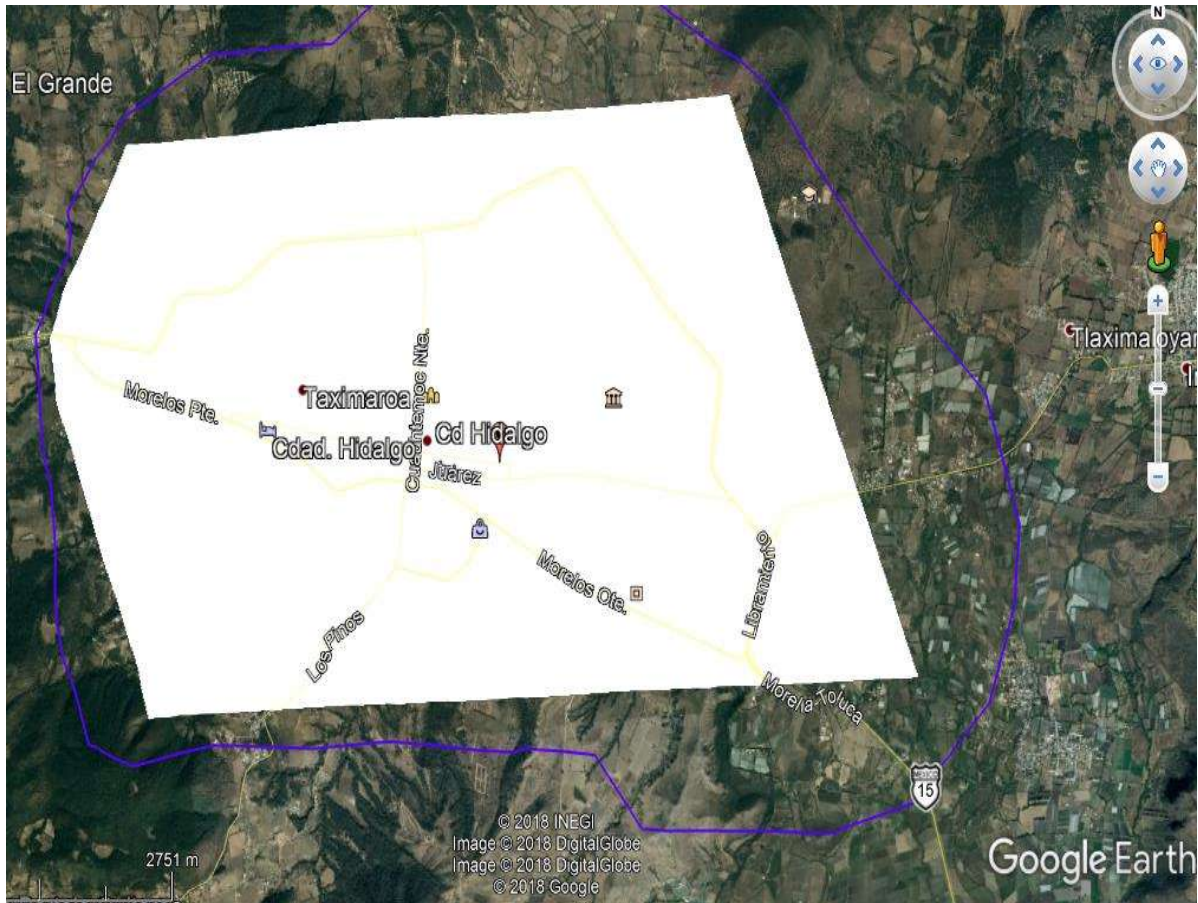


Figura. 26 Imagen del área de trabajo, Google Earth.

Se realiza la obtención de las curvas de nivel con Global Mapper, debido a que es más rápido y fácil obtenerlas ya que este software se geo referencia automáticamente al indicarle en que zona se ubica el área de estudio, en nuestro caso estamos en la zona 14.

Se puede obtener también las curvas de nivel en INEGI, pero es más laborioso y tardado y si no se tiene el cuidado necesario se llega a cometer errores, mas sin embargo si se realiza la obtención de las cuervas de las dos formas la aproximación y exactitud es muy buena.



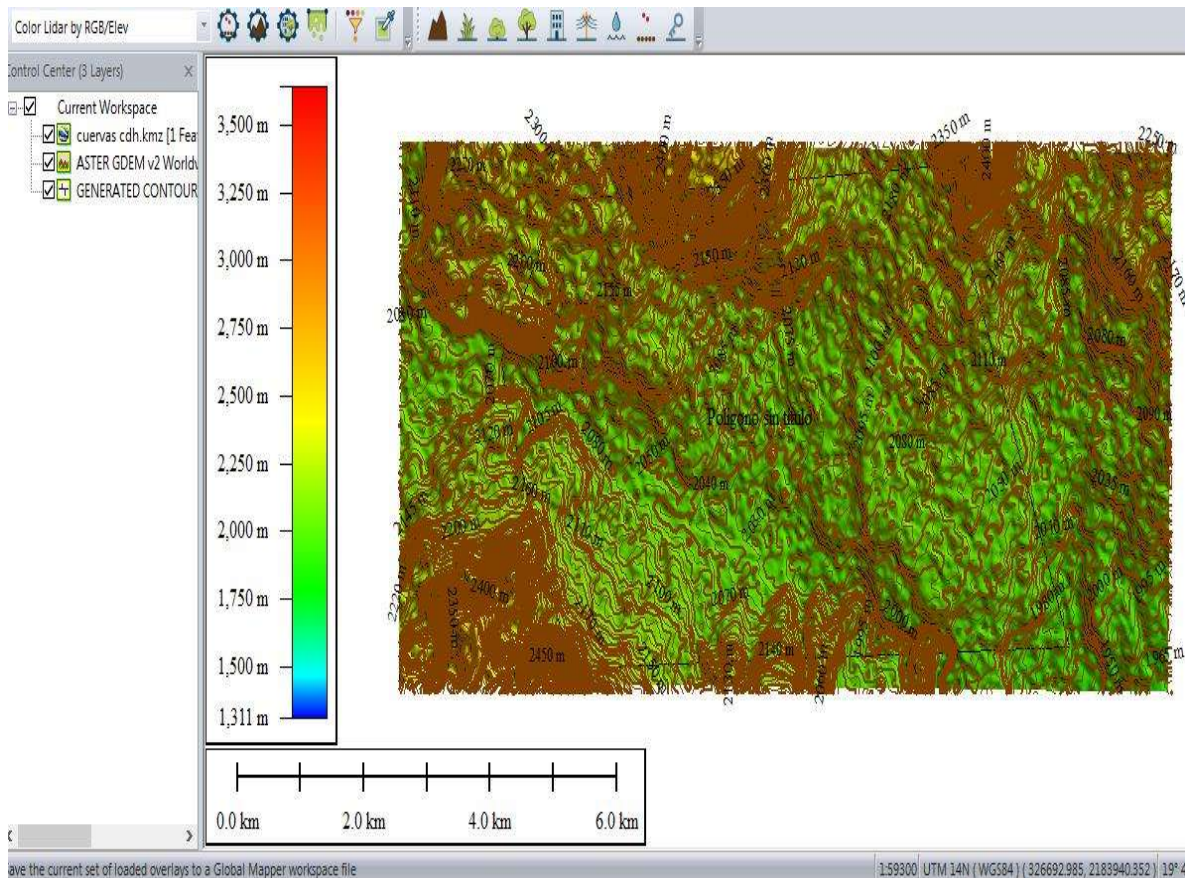


Figura. 27 Curvas de nivel, Global Mapper.

Extracción de las elevaciones para cada nodo de la red en ArcGIS.

Es de suma importancia tener las elevaciones de cada nodo para hacer la simulación menos compleja y ahorrar tiempo en cuanto a la colocación de cada uno de los datos que requiere el software de Epanet para poder general su análisis.

Con las cuervas de nivel en ArcGIS se realiza la extracción de elevaciones para cada punto o cruce que representa la red esto se hizo por que las cuervas de nivel no dan información a cada uno de los puntos de interés, como lo realiza ArcGIS.



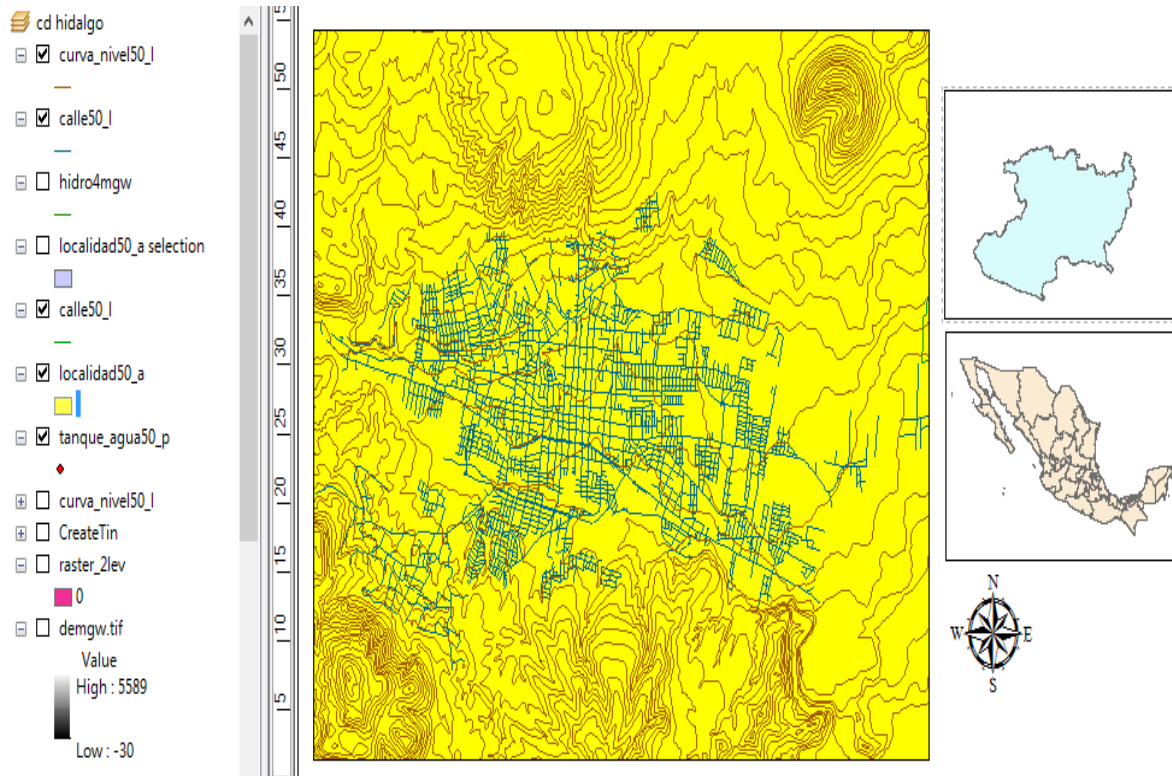


Figura. 28 Elevaciones de cada uno de los cruces de la red, ArcGIS.

Trazo de la red del SAPA en AutoCAD

Después que se obtuvieron las elevaciones en ArcGIS, se volvió a regresar el plano a AutoCAD con los 3 datos que cada punto contiene “x, y, z”, se vuelve a dibujar el plano de AutoCAD uniendo cada uno de los nodos o cruces que se representa en el plano de la red general del SAPA, obtenido el siguiente plano, plano que es el que se cargara en el Epanet para llevar a cabo todo su análisis.



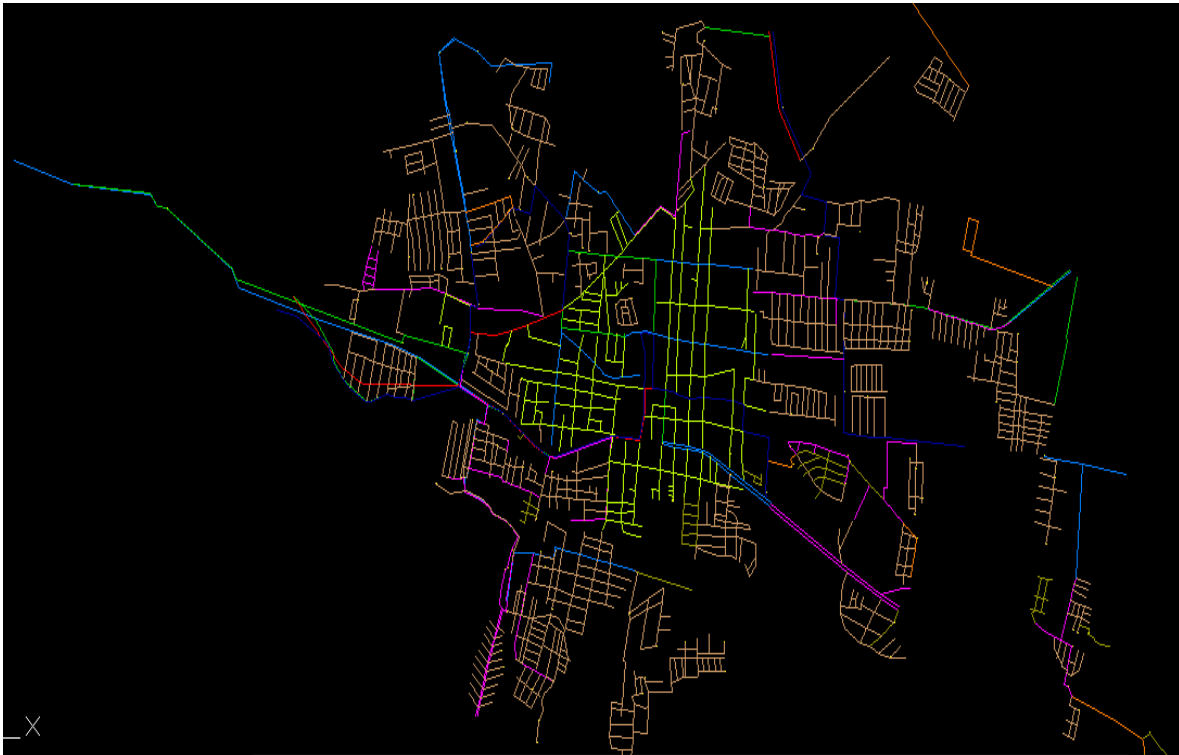


Figura. 29 Trazo de la red en base a los cruces y puntos ya con elevaciones, plano en AutoCAD.

Conversión del plano de AutoCAD a Epanet con ayuda de EpaCAD

En el software de Epanet hay dos formas de crear planos para su simulación, uno es empezar a trazar y dibujar en el área de trabajo con ayuda de la herramienta que se contiene en la interfaz del software mediante la colocación de nodos, líneas (tuberías), bombas embalses, etc. La segunda forma es mediante la exportación de planos ya trazados en AutoCAD, como se realizó en este trabajo, pero para poder pasar de un plano de AutoCAD (.dwg) a un Epanet (.net), es necesario y es la única forma de hacerlo, mediante el software de EpaCAD que nos sirve de traductor o liga para poder abrir los trabajos de AutoCAD en Epanet como fue la necesidad a realizarlo en esta ocasión.



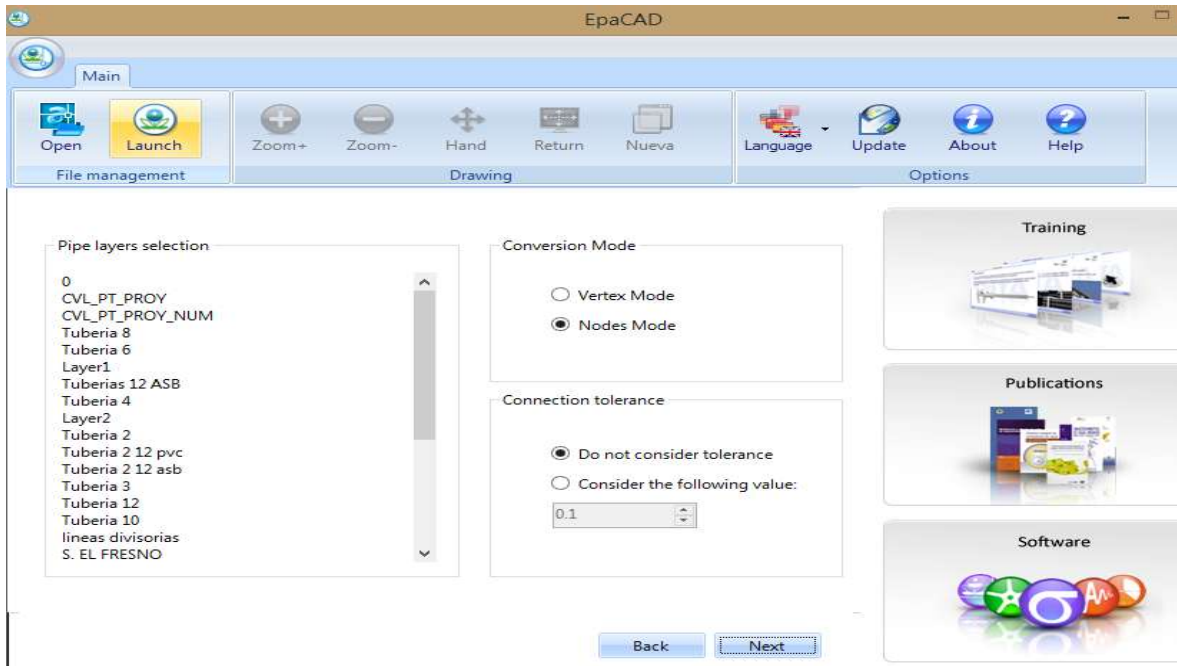


Figura. 30 Conversión de un plano AutoCAD a Epanet, EpaCAD.

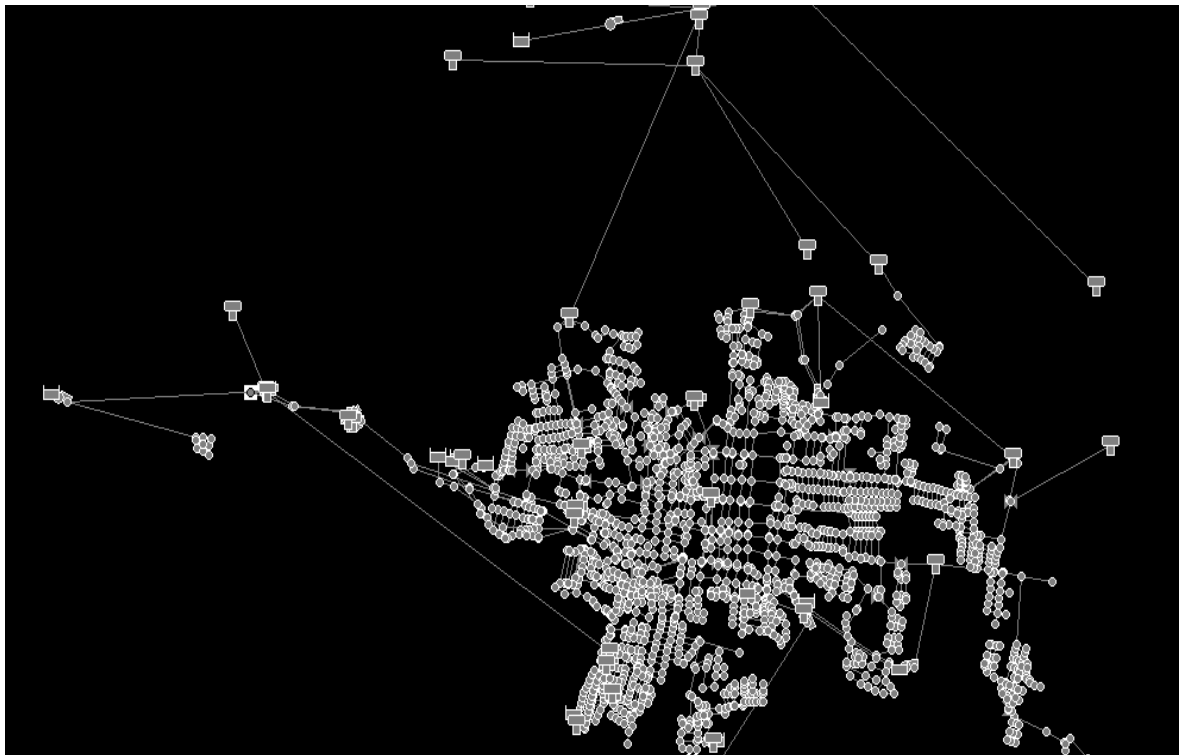


Figura. 31 Trazo de la red a simular, Epanet.





Con este plano ya cargado en Epanet es con el cual se empezara a trabajar de aquí en adelante.

Análisis y simulación de Epanet.

Para realizar la modelación de la red de agua potable del SAPA, en el software de Epanet fue necesario realizar todos y cada uno de los pasos anteriores, para poder cargar el plano trazado, mas sin embargo es necesario colocar ciertos datos a cada uno de los nodo, tuberías, bombas y embalses, por lo que se prosigue al cálculo de la demanda base e iniciando con el cálculo de la población:

Calculo de la población

El cálculo de la población es el punto de partida para un proyecto de abastecimiento de agua potable. Existen diversos métodos para estimar la población futura, entre ellos se puede mencionar el aritmético y geométrico.

El método a utilizar dependerá de los datos de la población de años anteriores.

Con datos de INEGI de 2015 y de CONAPO 2018 proyecciones y con datos de Tomas del SAPA CD. Hidalgo, CONAPO en sus proyecciones de población, señala para Cd. Hidalgo en 2018, 125 066 habitantes en 2018

Si se tienen datos de la población para varios años, se puede revisar con el método geométrico, si el crecimiento de la población se ajusta a este método, se calculan los valores de “r” para los intervalos de tiempo, si la variación no se ajusta a este método se debe de hacer con otro método.





Si la variación es pequeña se puede obtener un promedio de ellos.

NOTA: La variación se considerará pequeña o irrelevante cuando entre la R_{min} y R_{max} exista una diferencia menos o igual a 0.02 (2%).

Analizando dichos datos de la población se determinó usar el método geométrico, ya que se tiene un crecimiento de manera exponencial.

POBLACION PROYECTO 2030

Con datos de INEGI de 2015 y de CONAPO 2018 proyecciones y con datos de Tomas del SAPA CD. HIDALGO.

INEGI 2015 señala para la cabecera municipal Cd. Hidalgo 122 619 habitantes. CONAPO en sus proyecciones de población, señala para Cd. Hidalgo en 2018, 125 066 habitantes y en el 2030, 133850 habitantes.

CALCULO DE GASTOS POR TRAMOS

Datos

Nivel socioeconómico:		Popular
Clima:	Semicalido	
Fugas (%):	25%	
Población:	125066	Habitantes
Dotación:	130	lt/Hab/Dia
CVD=	1.4	
CVH=	1.55	





Longitud de tubería= 230110.11 m

$$Q_{ma} = \frac{(Pob)(Dot)}{86400}$$

$$Q_{ma} = 188.1780093 \text{ lt/s}$$

$$Fugas = (\%Fugas) \left(\frac{\sum_{i=1}^n Q_{ma}}{1 - \%fugas} \right)$$

$$Fugas = 62.72600309 \text{ lt/s}$$

$$(Q_{ma})_t = \sum_{i=1}^n Q_{ma} + Fugas$$

$$(Q_{ma})_t = 250.9040123 \text{ lt/s}$$

$$Q_{md} = CVD * Q_{ma}$$

$$Q_{md} = 263.449213 \text{ lt/s}$$

$$Fugas = (\%Fugas) \left(\frac{\sum_{i=1}^n Q_{md}}{1 - \%fugas} \right)$$

$$Fugas = 87.81640432$$





$$(Q_{md})_t = \sum_{i=1}^n Q_{md} + Fugas$$

$$351.2656173$$

$$Q_{mh} = CVH * Q_{md}$$

$$Q_{mh} = 408.3462801 \text{ lt/s}$$

$$(Q_{mh})_t = \sum_{i=1}^n (Q_{mh}) + Fugas$$

$$(Q_{ma})_t = 496.1626844 \text{ lt/s}$$

$$q = \frac{(Q_{mh})_t}{L}$$

$$q = 0.002156197$$

Una vez que ya se obtuvieron estos datos se ingresaron la demanda base a cada uno de los nodos de la red como se muestra a continuación.



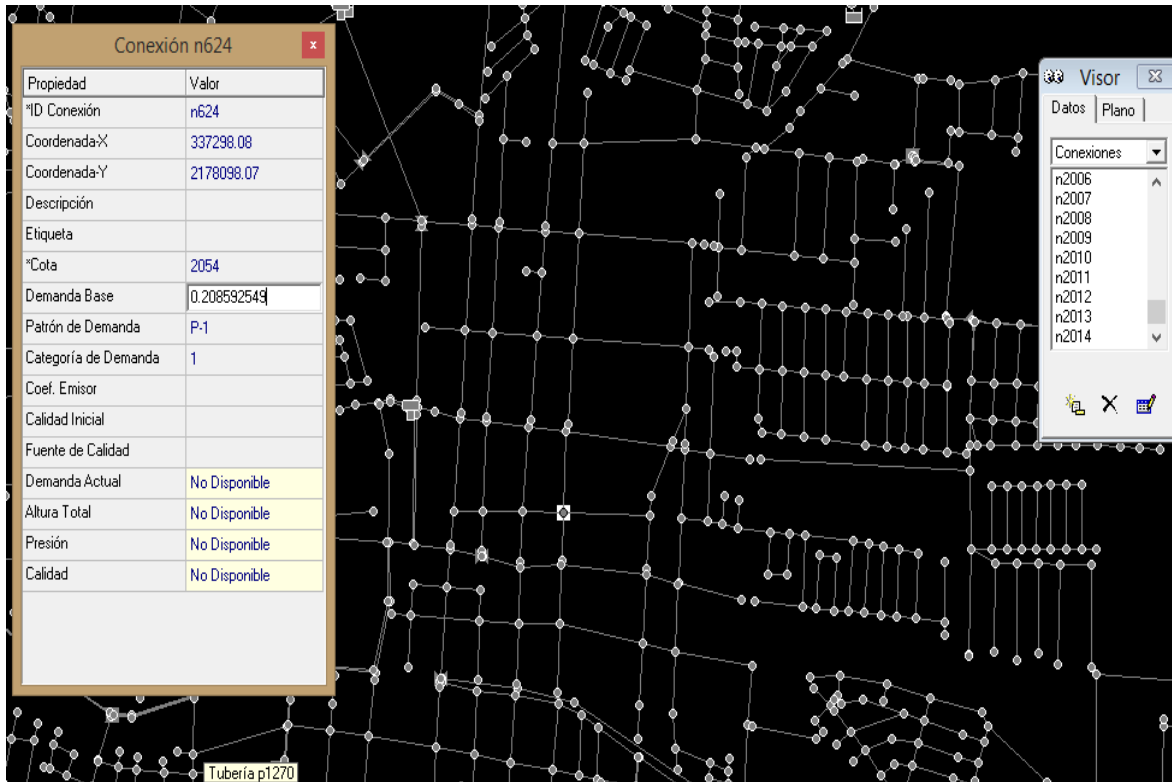


Figura. 32 Colocación de datos a los nodos, Epanet.

De la misma forma se hace el llenado de datos de cada una de las líneas de conducción o tuberías que integran la red, colocando su diámetro y la rugosidad del material que está fabricada, de los cuales la red fue construida con tubería de pvc y asbesto.



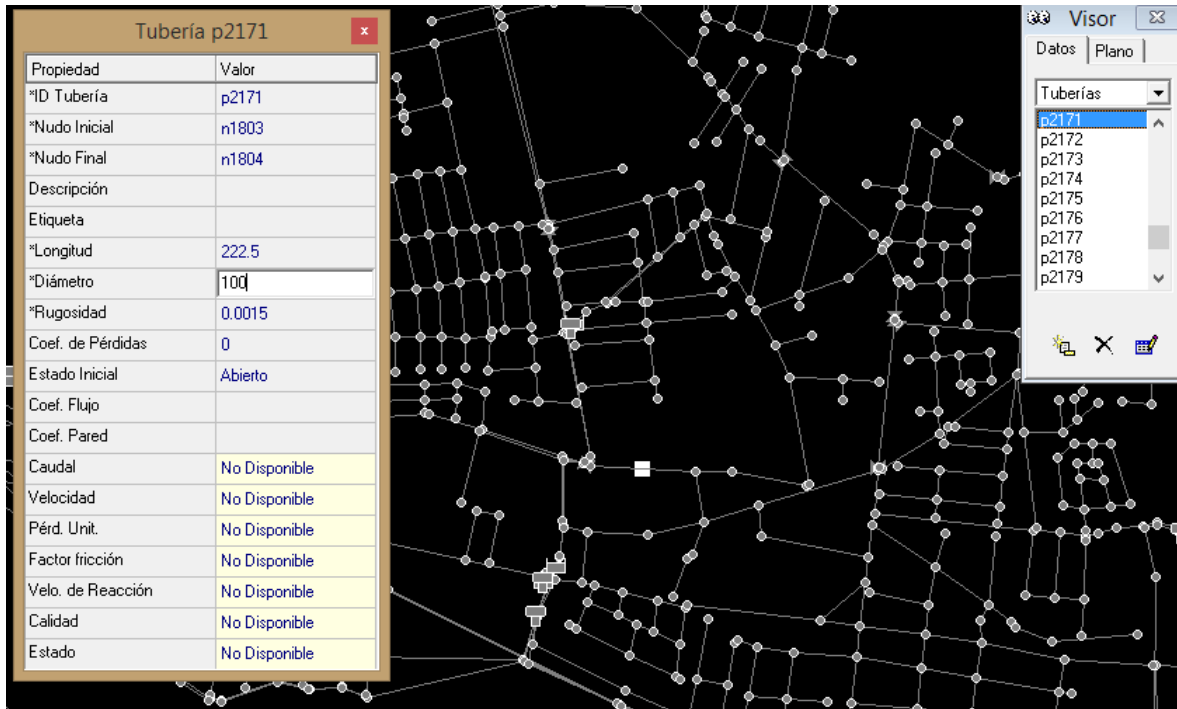


Figura. 33 Colocación de datos a las tuberías, Epanet.

Material	Rugosidad absoluta ϵ (mm)
Concreto centrifugado nuevo**	0.16
Concreto centrifugado con protección bituminosa**	0.0015 a 0.125
Concreto de acabado liso**	0.025
Concreto alisado interiormente con cemento**	0.25
Concreto con acabado rugoso**	10.00
Acero bridado	0.91 a 9.10
Tubería de acero soldada	0.046
Acero comercial o hierro dulce	0.046
Hierro fundido asfaltado	0.120
Hierro fundido	0.260
Hierro fundido oxidado**	1.0 a 1.5
Hierro galvanizado	0.15
Madera cepillada	0.18 a 0.90
Arcilla vitrificada*	0.15
Asbesto cemento nuevo**	0.025
Asbesto cemento con protección interior de asfalto**	0.0015
Vidrio, cobre, latón, madera bien cepillada, acero nuevo soldado y con una mano interior de pintura, tubos de acero de precisión sin costura, serpentines industriales, plástico, hule. **	0.0015

* Tomado de Saldarriaga J., 1998.

** Tomado de Sotelo A., G., 1982.

Tabla 6 Coeficientes de rugosidades para tuberías, Sotelo Avila.1982 y Saldarriaga.1998.





Ya para finalizar esta labor se resolvieron una infinidad de errores que arrojaba el software antes de la simulación, por lo que después de calibrando el modelo se realizó el análisis y se corrió en el software obtenido en estado actual el funcionamiento de la red de agua potable del SAPA.

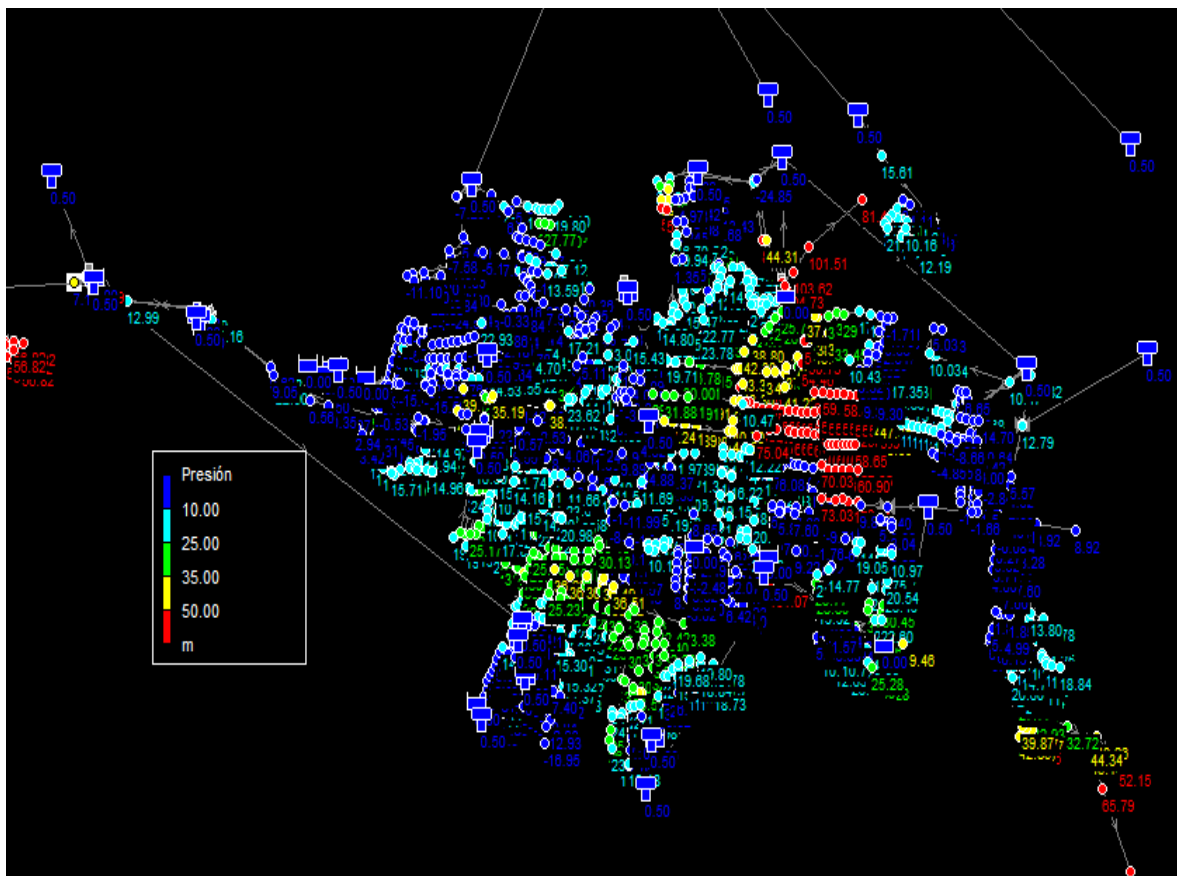


Figura. 34 Modelación de la red en régimen permanente (presión), Epanet.

Se puede observar que en la mayor parte de la red se presentan presiones bajas, lo cual es un gran problema, esta modelación se realizó en su estado actual de la red con la finalidad de observar el funcionamiento hidráulico de todo el sistema que opera el SAPA.



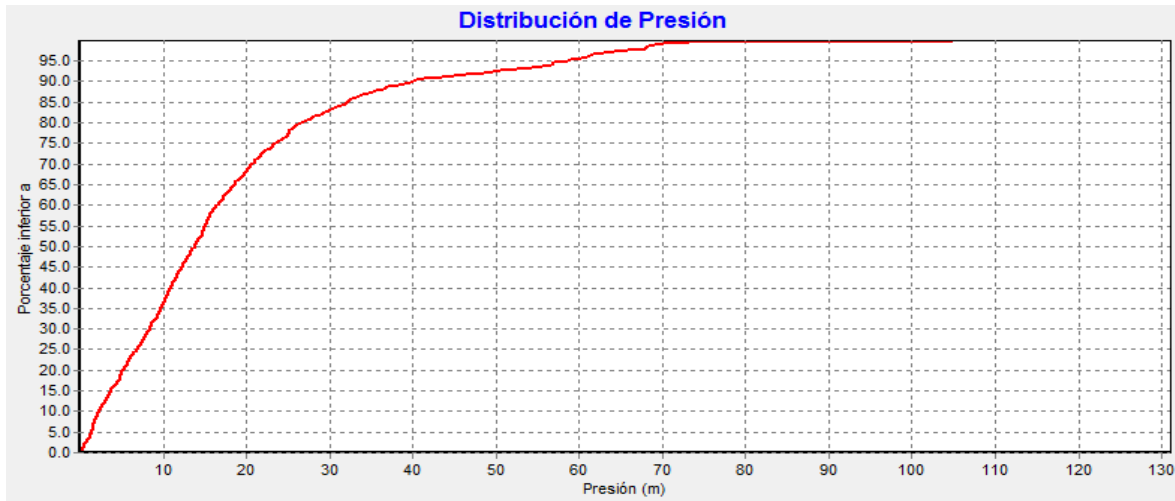


Figura. 35 Grafica de presiones en la red general, Epanet.

En la presente grafica se muestra que un 35% de la toda la red de ciudad hidalgo tiene presiones menores a 10 m.c.a. y un 8 % de la red rebasa la presión máxima de 50 m.c.a, lo que en su totalidad un 43 % de la red no está dentro del rango de presiones aceptables según MAPAS, con lo que se puede observar que solo el 57% de la red es aceptable, con estos análisis se ve la necesidad de mejorar el funcionamiento hidráulico de la red.



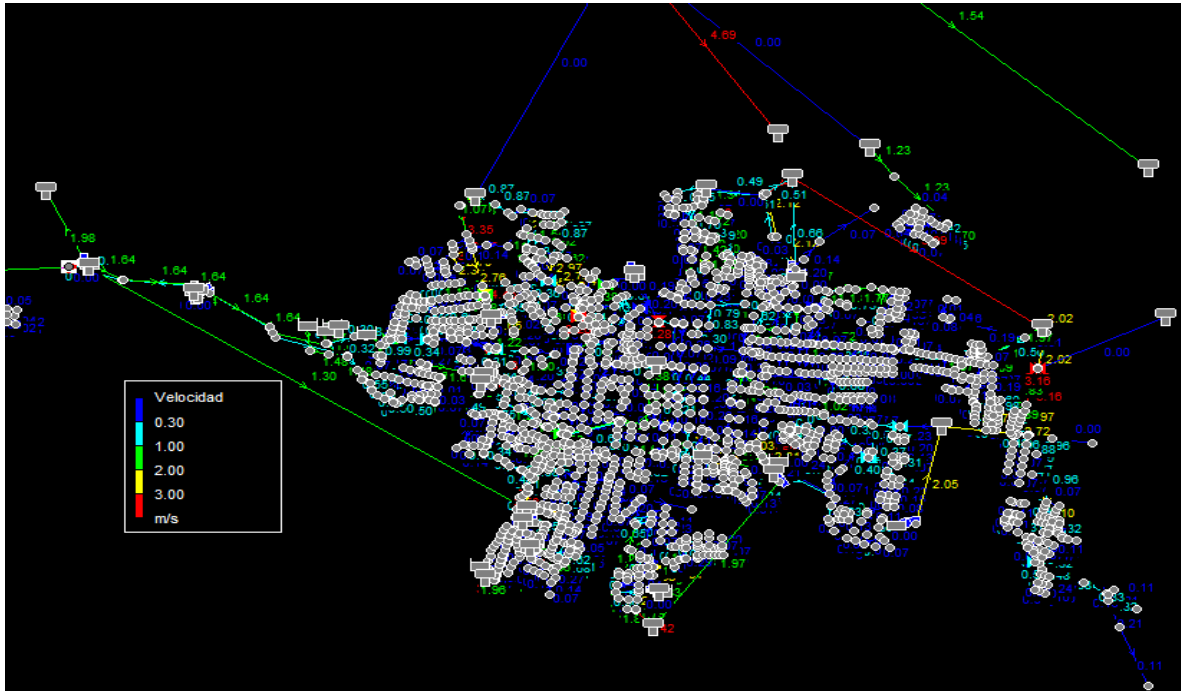


Figura. 36 Modelación de la red en régimen permanente (velocidades), Epanet.

Propuesta de sectorización

¿Qué es la sectorización?

La sectorización de las Redes de Abastecimiento de Agua Potable puede ser considerada como el procedimiento encaminado a establecer dentro de las mismas, sub-áreas con una alimentación controlada, (que puede ser exclusiva del sector o compartida por varios sectores al mismo tiempo). En otras palabras, es la división o partición de la red en distintas pequeñas redes, con el fin de facilitar su operación. Tal procedimiento puede perseguir objetivos que van desde 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. En cualquier caso, el contar con una red sectorizada, permite detectar con





mayor facilidad cualquier anomalía que ocurra en un punto de la red, debido a la reducción dimensional implícita en la sectorización misma.

El trazo de los sectores se realiza siguiendo unas pequeñas recomendaciones a considerar:

1. Zonas de presión existentes
2. Zonas con diferentes niveles de consumo
3. Cotas topográficas avenidas importantes
4. Zonas con tuberías muy viejas. Cada sector debe estar alimentado por una sola línea.
5. De preferencia se debe colocar una estación hidrométrica al comienzo de cada sector.
6. Sectorización y distritos hidrométricos en régimen permanente
- 7.

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 (CONAGUA 2006). Las etapas que deben seguirse durante la sectorización son:

- 1) Catastro del sistema de distribución de agua potable.
- 2) Anteproyecto del sistema, definiendo puntos de alimentación y posibles interconexiones controladas para protección de eventualidades.





- 3) 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, ya sea que ésta sea supuesta o inferida por algunas mediciones.
- 4) Calibración de un modelo de simulación hidráulica sobre la base de las mediciones citadas en el punto anterior.
- 5) Ajustar el proyecto piloto a partir de la modelación, controlando las presiones, midiendo los gastos, y evaluando la relación entre presión y fugas.
- 6) Ampliación de la experiencia piloto a dos o tres sectores más.
- 7) 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.

Con base en su funcionalidad, los sectores han sido clasificados de dos maneras: DMA (Distrito Métrico) y PMA (área de gestión de presión). En los DMA, el objetivo principal es la estimación de demanda. En estos se contabiliza tanto el caudal de entrada como el de salida (consumo); sin embargo, no se efectúa ninguna acción directa encaminada a gestionar la presión. Por otro lado, en los PMA también se gestiona la presión además de los caudales.





Principales problemas en la definición de sectores:

- a) Selección adecuada de las fronteras de los sectores (tamaño del sector)
- b) Aparición de presiones bajas, en algunos puntos, lo que produce que no llegue el agua.
- c) La sectorización puede provocar que en algunos tramos, los de entrada del sector, la velocidad supere lo máximo recomendado.
- d) Presiones demasiado elevadas en horas de la noche.

TIPOS DE SECTORIZACIÓN:

- Sectorización con distritos hidrométricos

Cada una de las pequeñas redes se define como distritos hidrométricos o sector, el cual debe estar perfectamente delimitado por medio de válvulas de seccionamiento y/o tapones, estación de aforo para conocer el caudal de entrada, identificación de puntos viables para monitorear la presión de operación del sistema.

Un distrito hidrométrico es una zona aislada hidráulicamente de la red de distribución con movimientos de válvulas y que se emplean para diagnosticar y detectar pérdidas de agua en un sistema de distribución. Todo esto para garantizar la misma calidad de servicio al total de los usuarios contenidos en los distintos distritos hidrométricos.

El método de distritos hidrométricos puede ser utilizado como una extensión del balance del agua o, como un método de detección de fugas.





Su propósito es evaluar si un sector del sistema tiene grandes cantidades de fugas.

Los beneficios de implantación de distritos hidrométricos son:

- Ahorro de agua al reducir considerablemente las fugas físicas en la red.
 - Los bombeos son estables dando como consecuencia un aumento considerable de la vida útil de los equipos.
 - Control de seccionamientos de presiones en la rd y la reducción de fugas y recuperación de volúmenes.
 - Actualización del control del padrón de usuarios y así la eliminación de tomas clandestinas.
-
- Sectorización y distritos hidrométricos en régimen permanente

La red en flujo permanente es aquella en la cual la demanda de agua no cambia a lo largo del día, ésta se mantiene constante y no se toma en consideración la ley de demandas.

- Sectorización y distritos hidrométricos en régimen no permanente

Una red de agua potable está en régimen no permanente cuando existen variaciones en las demandas a lo largo del día. Los coeficientes de variación que se ocupan dependen del tamaño de la población, de esto depende la cantidad de agua que se consume.





Para este caso que se estudia en la presente tesis solo que hacen las modelaciones en régimen permanente por lo que se considera un solo gasto que es el gasto de demanda que no cambiaría en todo el día de operación.

Sectorización de la red

La sectorización de la red del Municipio de Ciudad Hidalgo, se realizó como propuesta para mejorar la eficiencia y el ahorro de recursos tanto económicos como humanos y naturales como es el agua, para dicha sectorización se realizó la propuesta en base a los subsistemas, que se tienen de la red, teniendo en cuenta que la red opera en conjunta y que solo los subsistemas que la conforma son representativos por lo que no trabajan por separado como sectores, con esta información se empieza a realizar la propuesta de sectorización de los subsistemas que pueden operar en conjunto con los tanques de regulación que abastecen a las zonas y que conformaran el sector.

Teniendo en cuenta esta idealización se prosiguió a la sectorización en el plano que representa la red general de distribución agua potable del SAPA, cabe mencionar que esta propuesta es la que nos predetermino el SAPA para sectorización la cual se muestra a continuación con su propuesta a sectorizar.



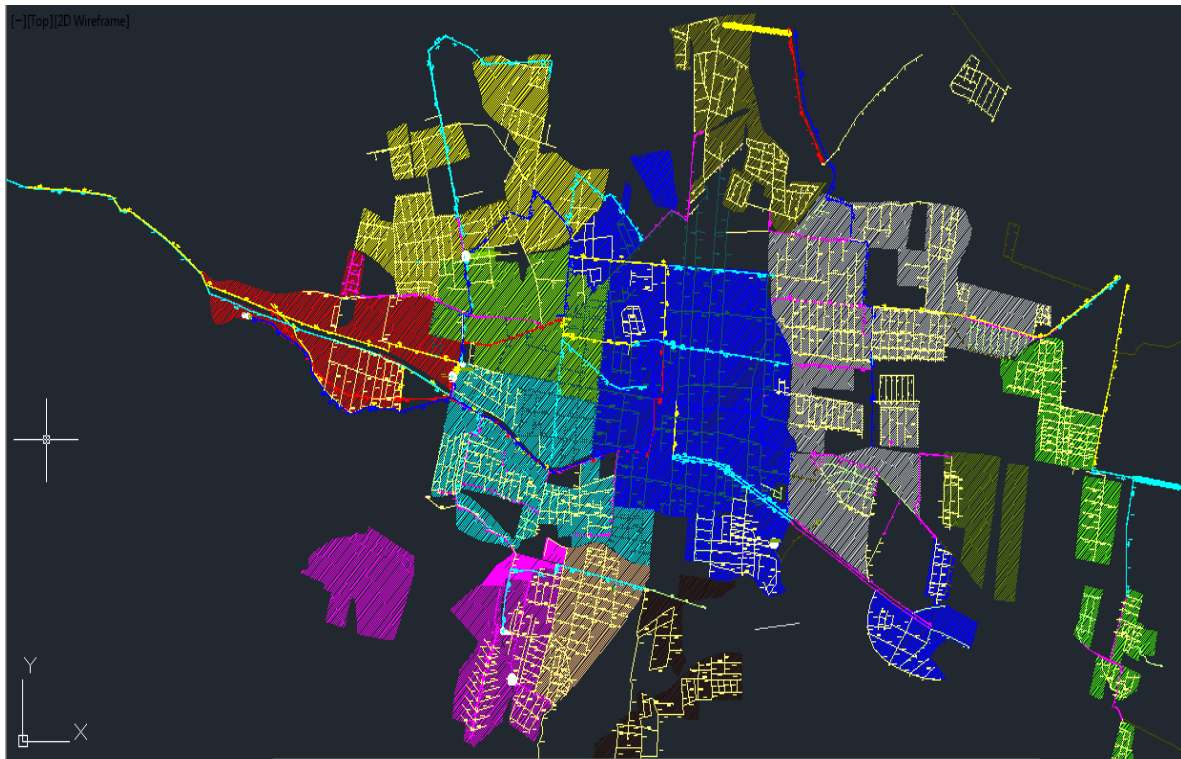


Figura. 37 Plano de propuesta a sectorizar del SAPA.

En seguida se muestra la propuesta para sectorizar la red, misma que se utilizó para elaborar dicha trabajo de tesis, con la cual se prosigue a sectorizar y realizar la modelación en el software de Epanet, con cada uno de los sectores indicados en el siguiente plano, quedando un total de 11 sectores, de los cuales hay para algunos distintas propuestas como lo es el sector gallegos que se modelo trabajando en conjunto con el sector tierras coloras como se muestra y localiza en la parte derecha inferior del plano.



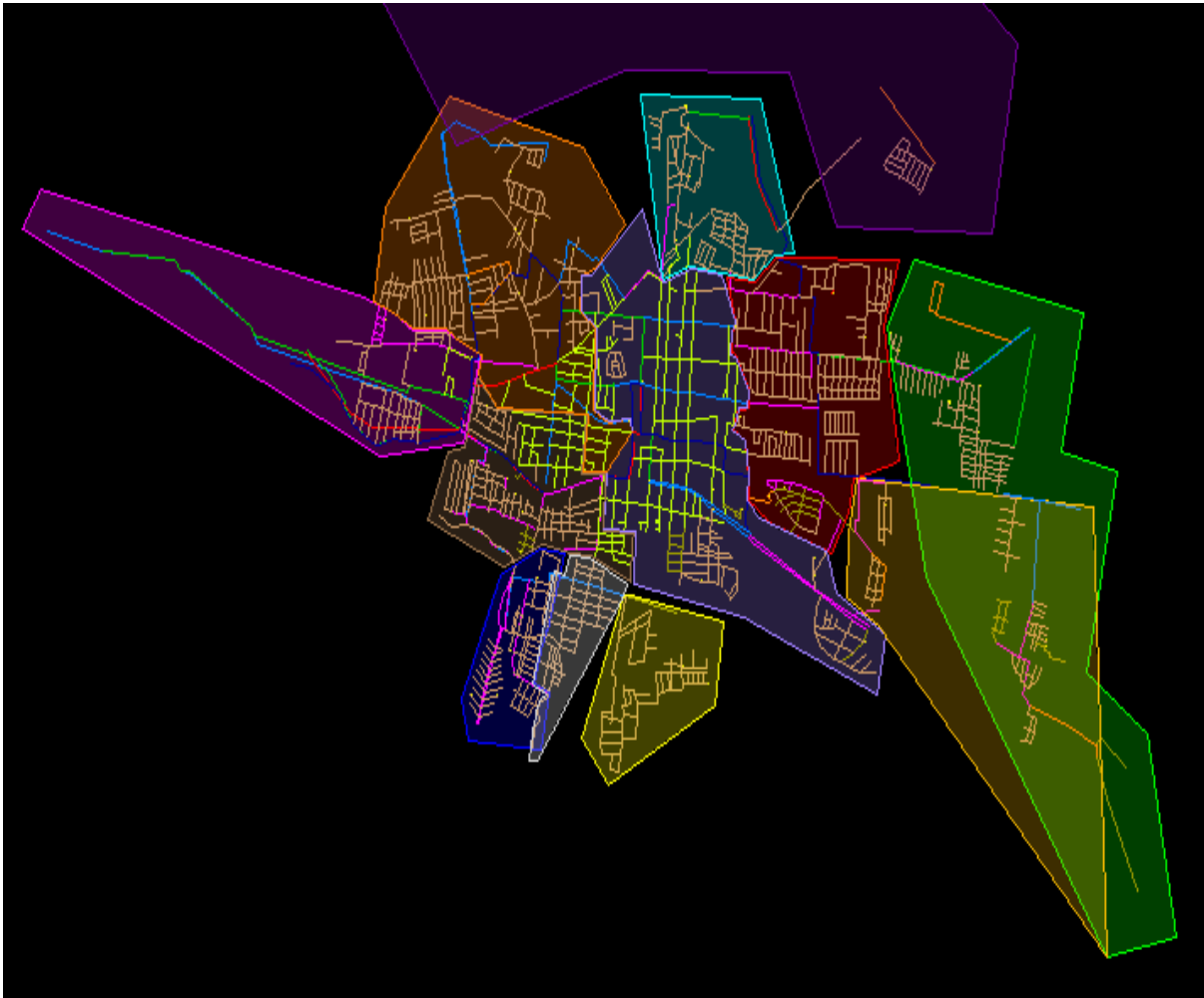


Figura. 38 Plano de sectores a modelar.

Como se puede observar en comparación del plano del SAPA, en este se muestra las coberturas bien definidas de cada uno de los sectores, como también el número de sectores en que se dividirá la red, con estos sectores se podrán identificar las zonas más problemáticas que exista en la red con una mayor facilidad.





RESULTADOS

De acuerdo a la propuesta de la sectorización se obtuvieron 11 sectores los cuales se presentan y describen a continuación.

1.- sector el fresno
2.- sector el mirador
3.- sector el pirul
4.- sector gallegos
5.- sector la antena
6.- sector la unidad deportiva
7.- sector los alacranes
8.- sector los pavos
9.- sector los tizates
10.- sector san francisco.
11.- sector tierras coloradas.

Tabla 7 relación de los sectores.





Modelación de los sectores con el software Epanet

1.- SECTOR EL FRESNO

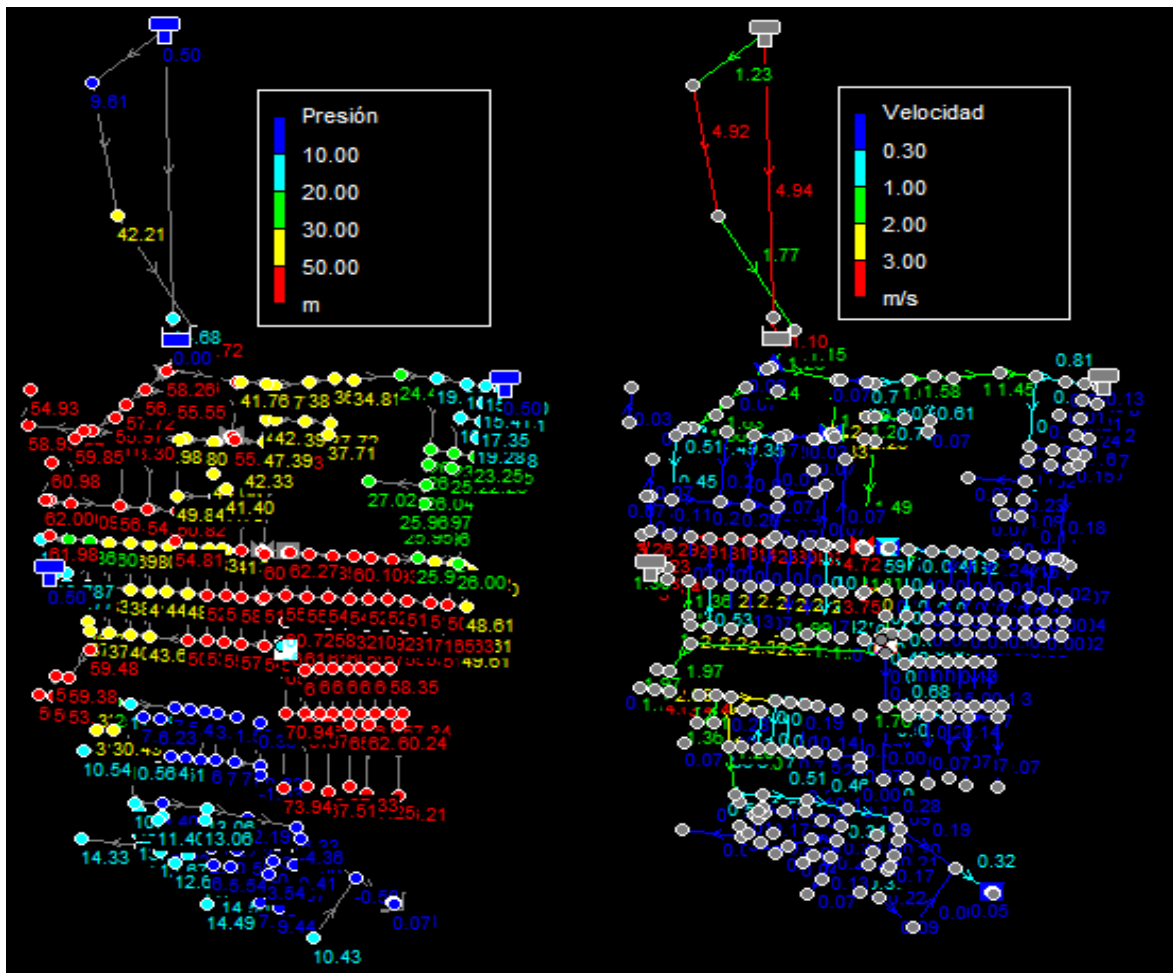


Figura. 39 Presiones del S. el fresno.

Figura. 40 Velocidades del S. el fresno

Este sector es uno de los más complejos debido a que tiene muchas variaciones en sus presiones como también sus caudales, se tiene la mayor parte del sector con presiones altas no muy elevas dichas presiones van en el rango de 50 a 73 m.c.a. se tienen dos zonas con presiones altas, la primer zona está delimitada por perímetro que conforman las calles: camelinas, tiro blanco, Agustín Iturbide, cerro de coporo, Av. Juárez y lic. Luis Poncido Coloso.

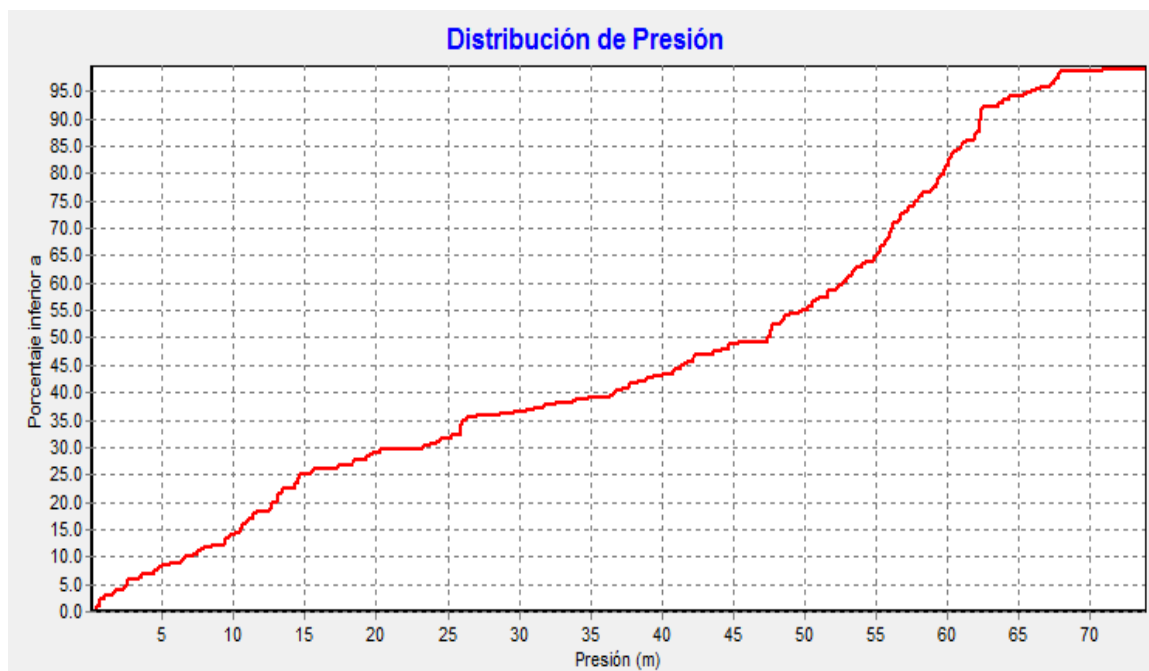




La segunda zona está delimitada con las calles: francisco villa, juan Beltrán, Álvaro Obregón y león A vicario.

Al igual que las presiones altas se tiene presiones bajas de 10 a 0 m.c.a en dos zonas la primer zona la delimitan las calles; Guillermo Prieto, Margarita Masa, Av. Melchor Ocampo y la calle Jiquilpan.

La segunda zona la delimitan las callea; Cerro azul, Alfonzo Vega y Av. Santa Rosa. Que dando el resto de las calles en el rango aceptable de las presiones que establece MAPAS.



Grafica 1 presiones del sector el fresno.

Se muestra en la gráfica que un 15% de la red presenta presiones bajas y un 45% de la red está con presiones altas que van de 50 a 75 m.c.a., por lo que tan solo un 40% de la red trabaja bien en cuanto a presiones, por lo que es indispensable proponer soluciones para mejorar el funcionamiento hidráulico de este sector.





2.- SECTOR EL MIRADOR

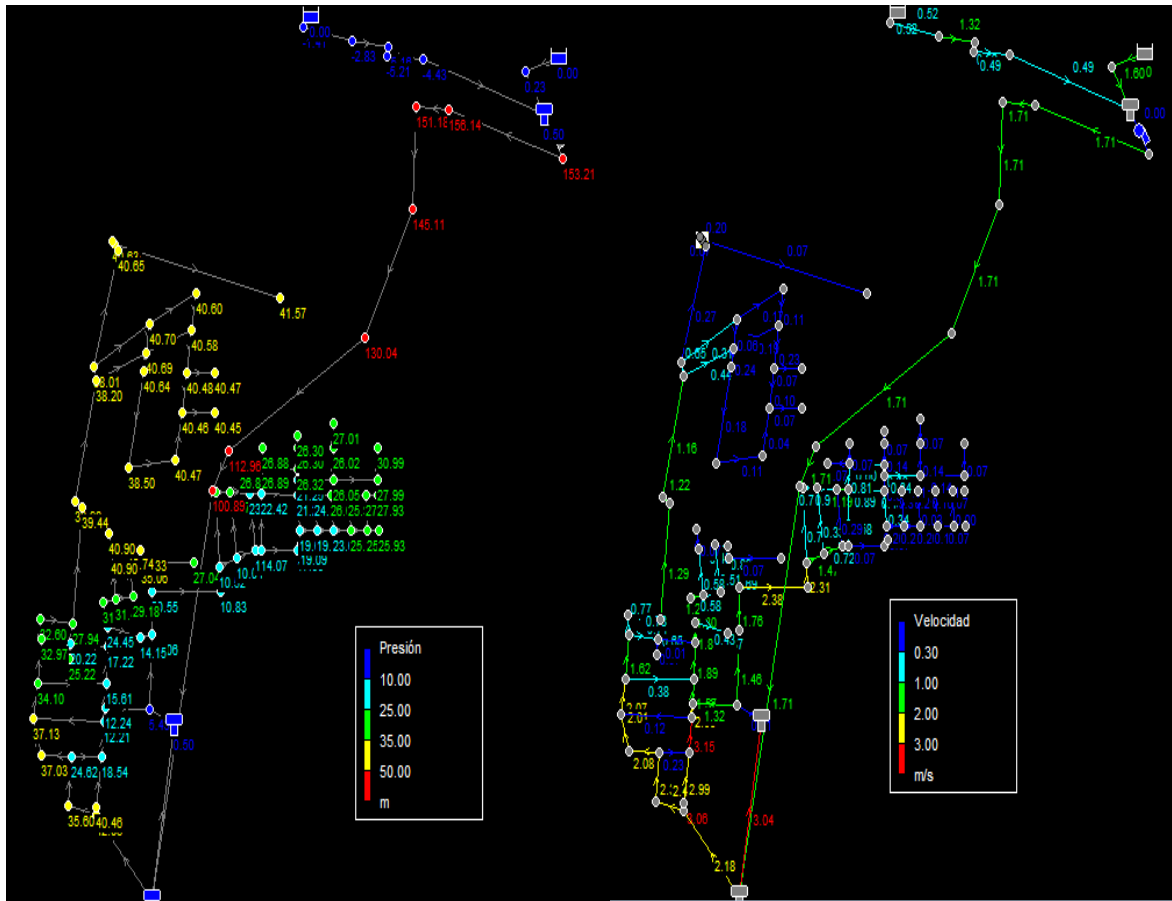


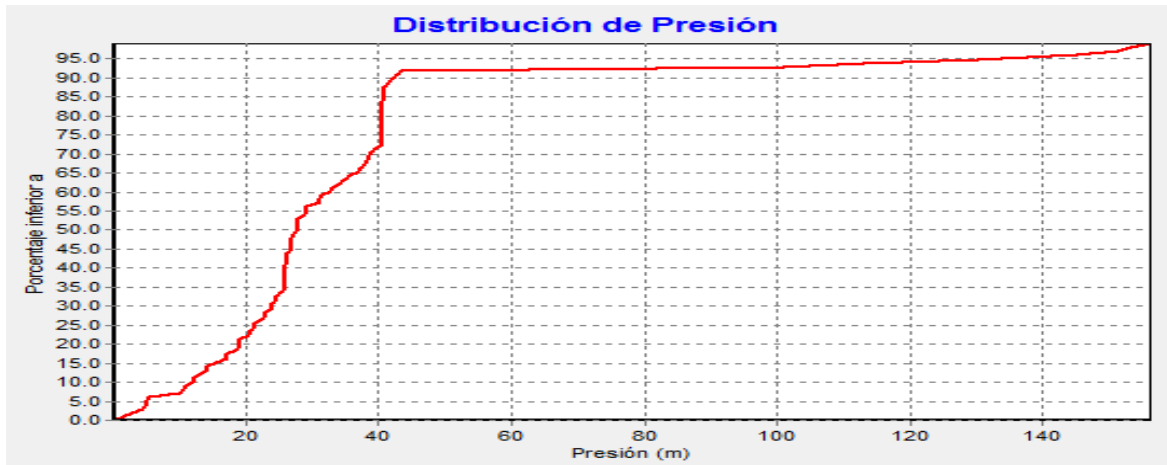
Figura. 41 Presiones S. el mirador.

Figura. 42 Velocidades S. el mirador.

En este sector solo la línea principal de abastecimiento del subsistema “el mirador” presenta altas presiones mayores a 50 m.c.a.

En la calle “peñuelas” se presentan presiones bajas, que van de 0 a 5 m.c.a por lo que el sector tendrá un funcionamiento hidráulico adecuado.





Grafica 2 Presiones del sector el mirador.

Se considera que este sector está dentro del rango de presiones adecuadas debido a que un 94% de la red cumple.

3.- SECTOR EL PIRUL

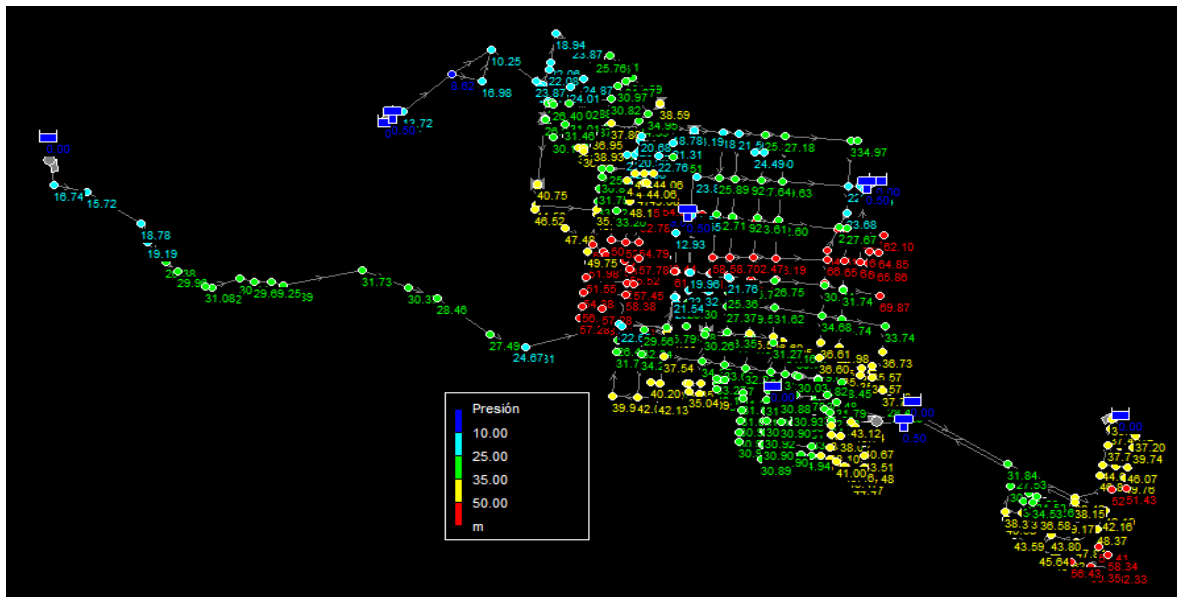


Figura. 43 Presiones Sector el Pirul.

Para este sector se tienen las presiones altas en un rango de 50 a 70 m.c.a. que se ubican al centro del sector y se encuentran dentro de un rectángulo formado de la calle Morelos Poniente a la calle Privada de





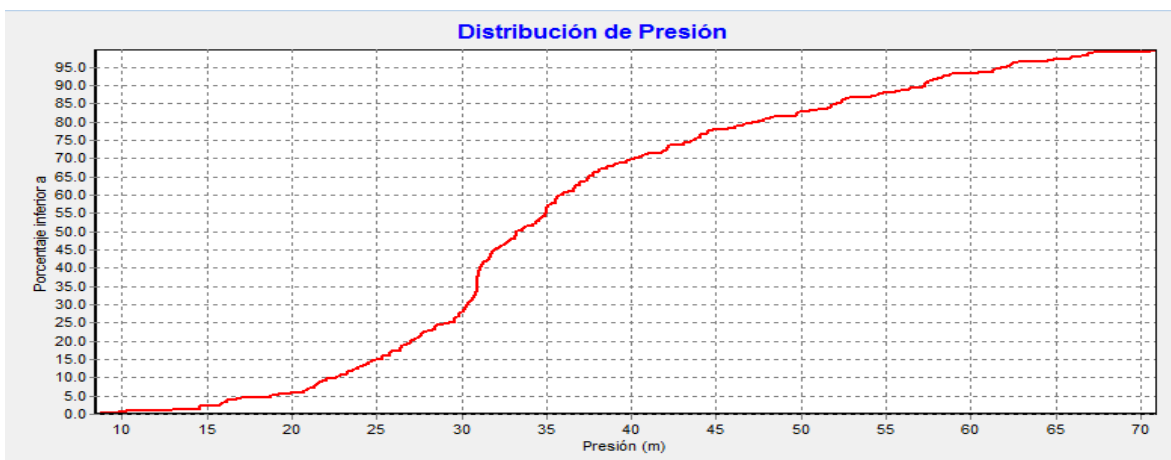
20 de noviembre y de la calle Francisco I Madero a la calle Leona Vicario.

También se presentan presiones altas en la calle Río Cupatitzio.

En éste sector literalmente no se encuentran presiones bajas.



Figura. 44 Velocidades del sector el pirul.



Grafica 3 Presiones del sector el pirul.





Se considera uno de los sectores más grandes, mas sin embargo un 84 % de su red trabaja hidráulicamente bien dentro del rango de las presiones adecuadas, por lo que solo una zona tiene presiones altas pero que no exceden de 70 m.c.a. con lo que se determina un sector estable.

4.- SECTOR GALLEGOS

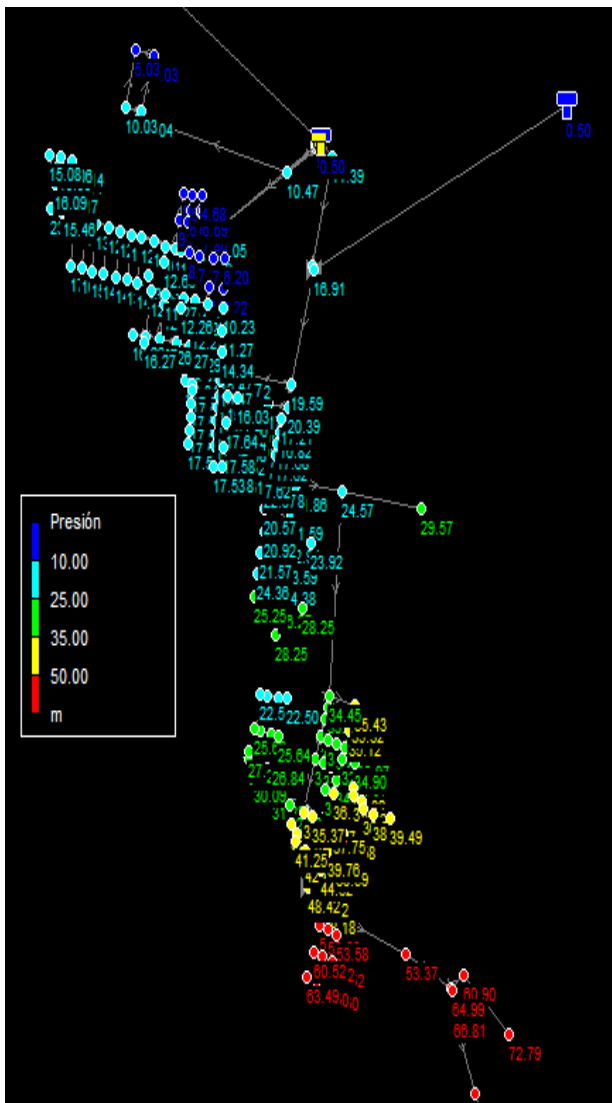


Figura. 45 Presiones del S. Gallegos.

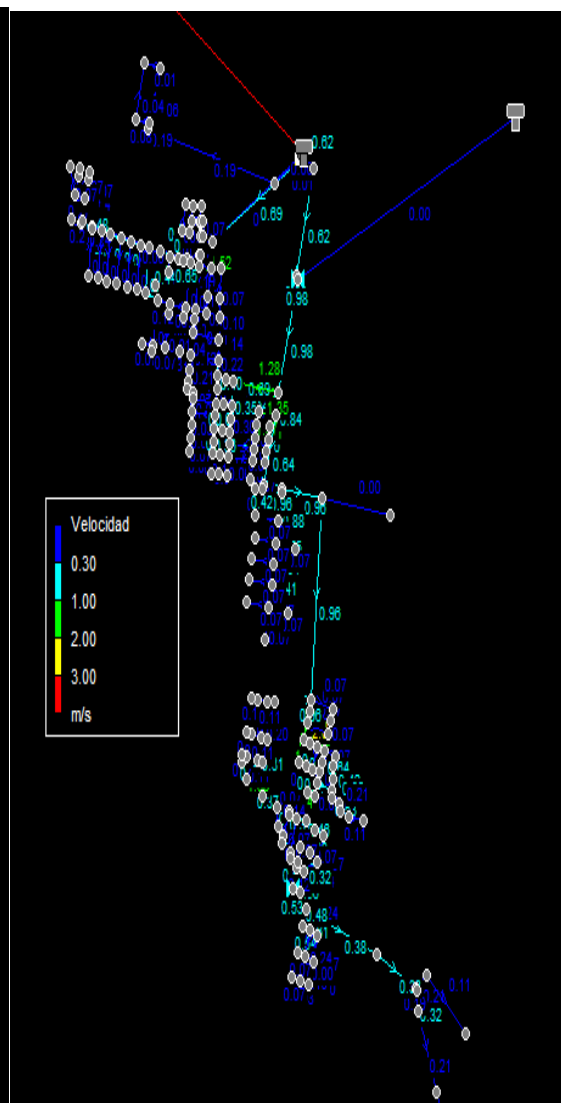


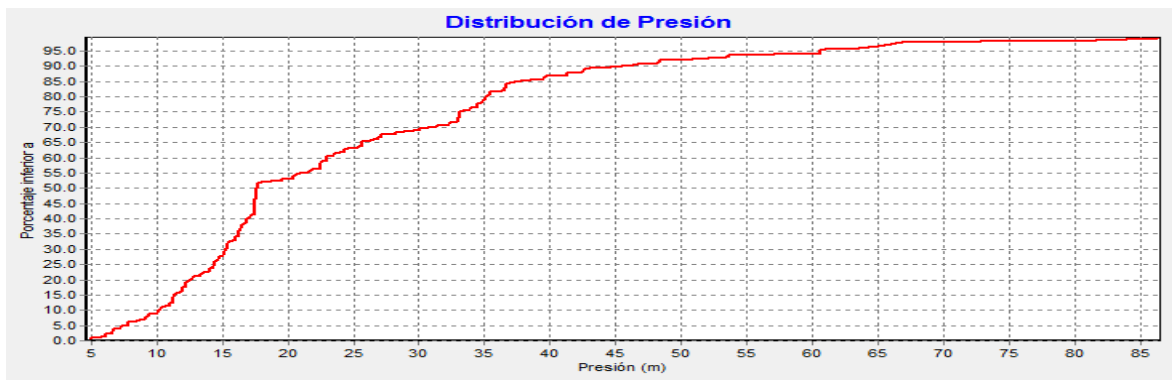
Figura. 46 Velocidades del S. Gallegos.





En este sector se encuentran presiones altas en la Col. Santa Rosa hasta el libramiento Toluca-Morelia con presiones de 50 a 83.44 m.c.a.

Como también se encuentran presiones bajas entre la calle Vaticano y Álvaro Obregón y en la Col. Francisco Villa 3RA ETAPA entre sus calles Felipe Ángeles y Francisco Leyva con presiones desde 4.68 a 9.23 m.c.a.



Gráfica 4 Presiones del sector Gallegos.

La distribución de presiones que tiene este sector son muy aceptables, debido que solo un 8% de la red tiene presiones bajas y un 7% son presiones altas no mayores a los 80 m.c.a., cabe mencionar que una parte de la red es abastecida del tanque regulador tierras coloradas abasteciendo la zona del hospital regional y la comunidad de santa rosa.





5.- SECTOR LA ANTENA

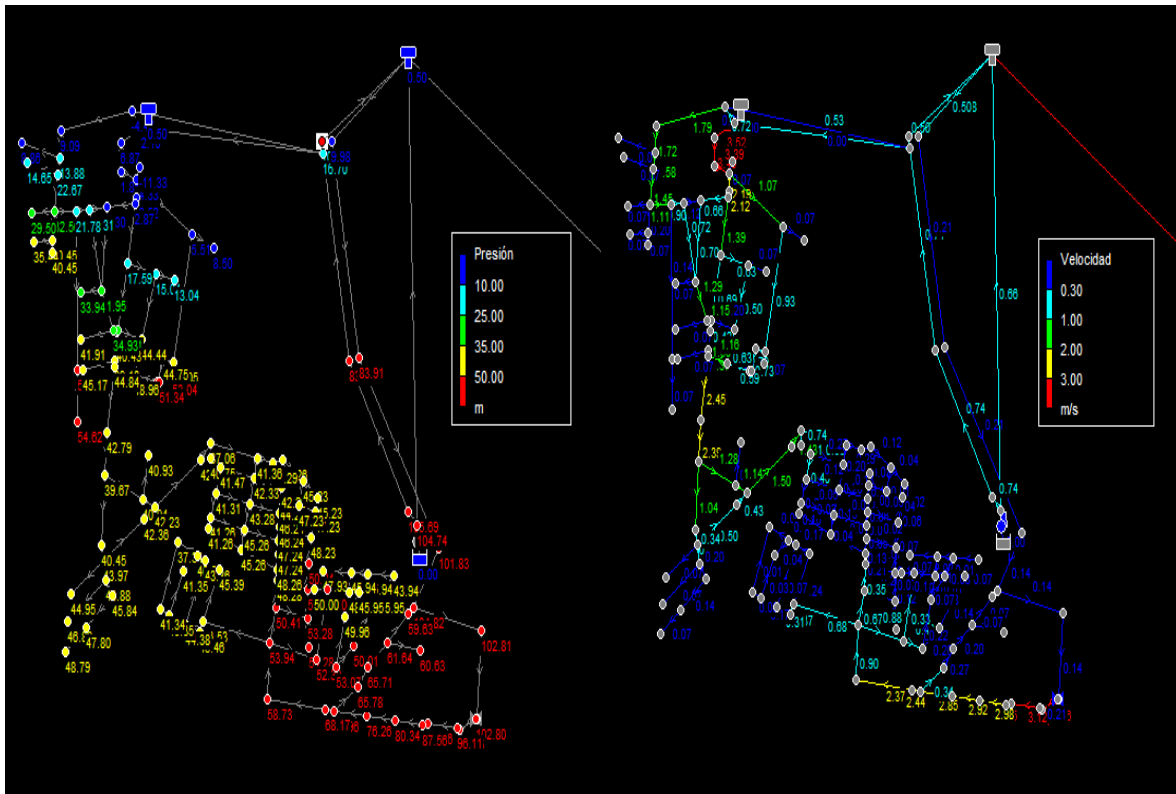
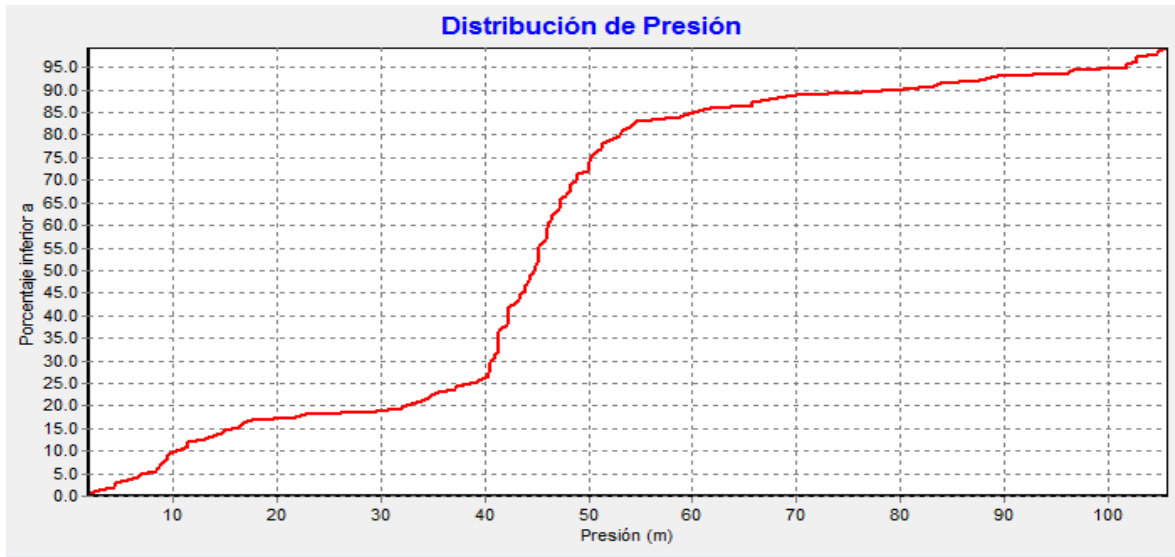


Figura. 47 Presiones del S. la antena.

Figura. 48 Velocidades del S. la antena.

El sector la antena cuenta con diferentes presiones las cual las que más nos interesa localizar son las presiones altas que se localizan en las calles “escuadrón 201” “Juan Beltrán” “teresa busto” cerca del pozo profundo “el fresno” donde se tiene una bomba de 150hp, y que son presiones altas mayores al 50 m.c.a.





Grafica 5 Presiones del sector la antena.

Las presiones bajas que tiene este sector andan en un 10% del total de la red, y un 25% de la red que tiene presiones altas que van de 50 a 100 m.c.a., es muy interesante y complicado dicho sector, esto por la accidentada topografía que tiene el terreno en estas colonias abastecidas por el sector, por consiguiente es importante analizar este sector para poder mantener presiones estables.





6.- SECTOR LA UNIDAD DEPORTIVA

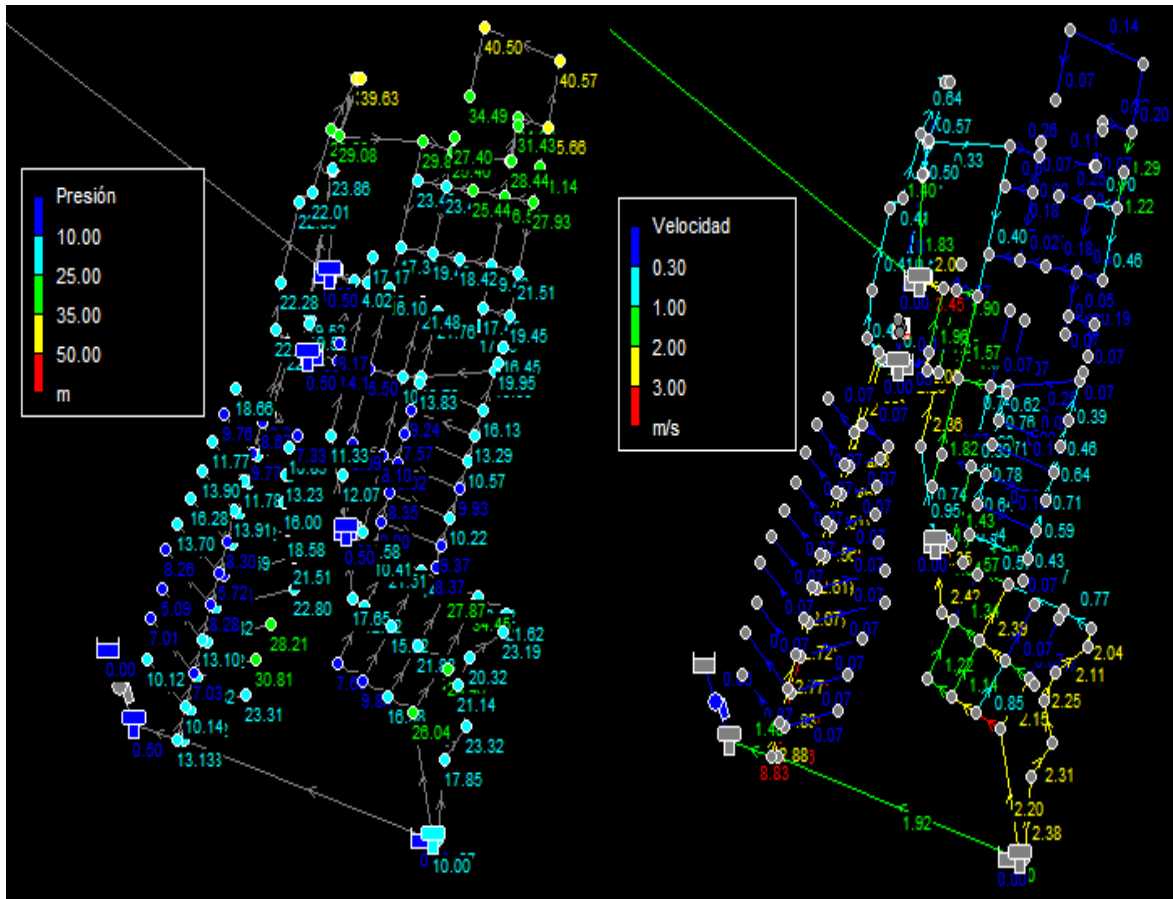


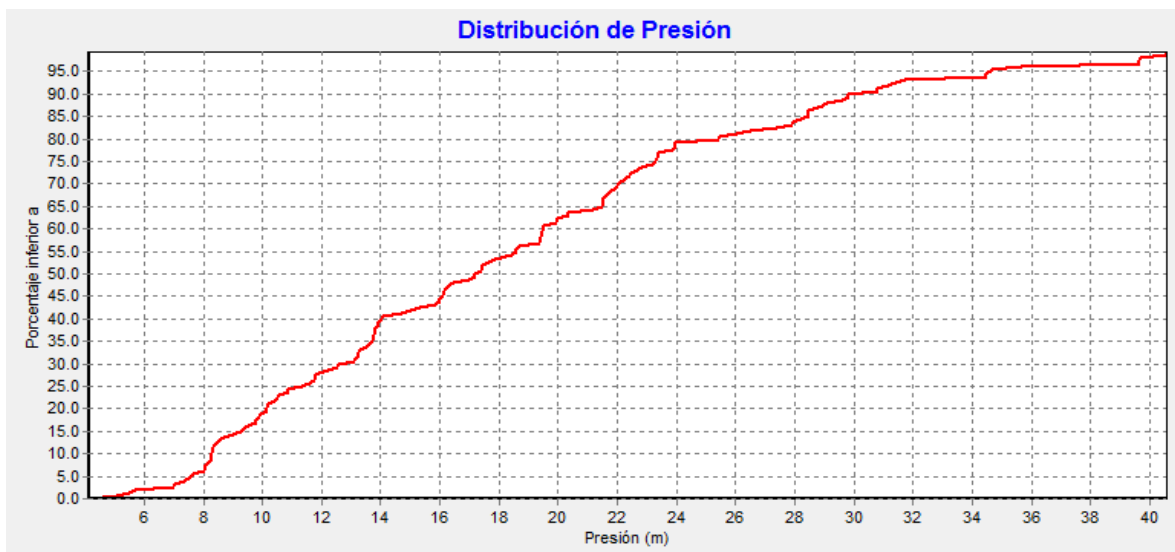
Figura. 49 Presiones del S. U. deportiva. Figura. 50 Velocidades del S.U. deportiva.

En este sector no se encontraron presiones altas, más bien hay presiones bajas se presentan en la Col. San Francisco específicamente en las calles clavel, hasta la Calle Orquídea. Y Por toda la Calle José Rentería Luviano con presiones de 4.14 a 9.93 m.c.a., como también hay presiones bajas entre las calles de las flores Y Linda vista en la Colonia Mirador de Dolores.





De la misma forma en Las calles Campaña Tratado de Córdoba hasta Tratado de Oaxaca y en la Calle Suprema Junta Nacional hay presiones relativamente bajas.



Grafica 6 Presiones del sector la unidad deportiva.

Es uno de los sectores que hidráulicamente tienen un adecuado funcionamiento, no excede de 45 m.c.a. lo que indica que son adecuadas las presiones y que tan solo 17% del total de la red tiene presiones bajas no menores a 4 m.c.a.





7.- SECTOR LOS ALACRANES

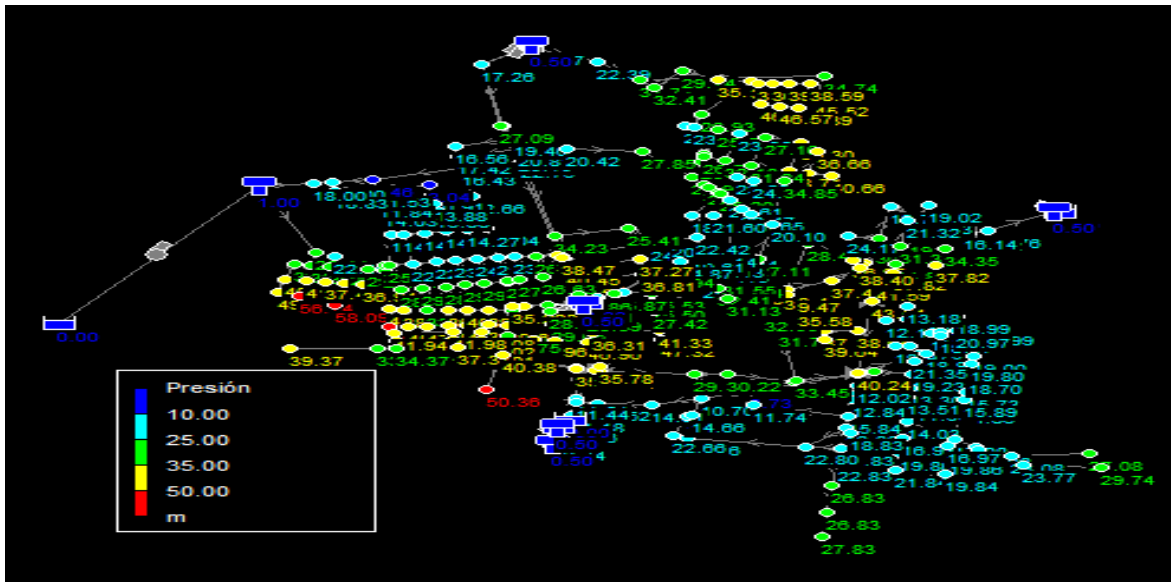


Figura. 51 Presiones del sector los alacranes.

Es un sector grande en el cual se tienen distintos tanques de regulación más sin embargo se presenta operando adecuadamente en cuanto a las presiones.

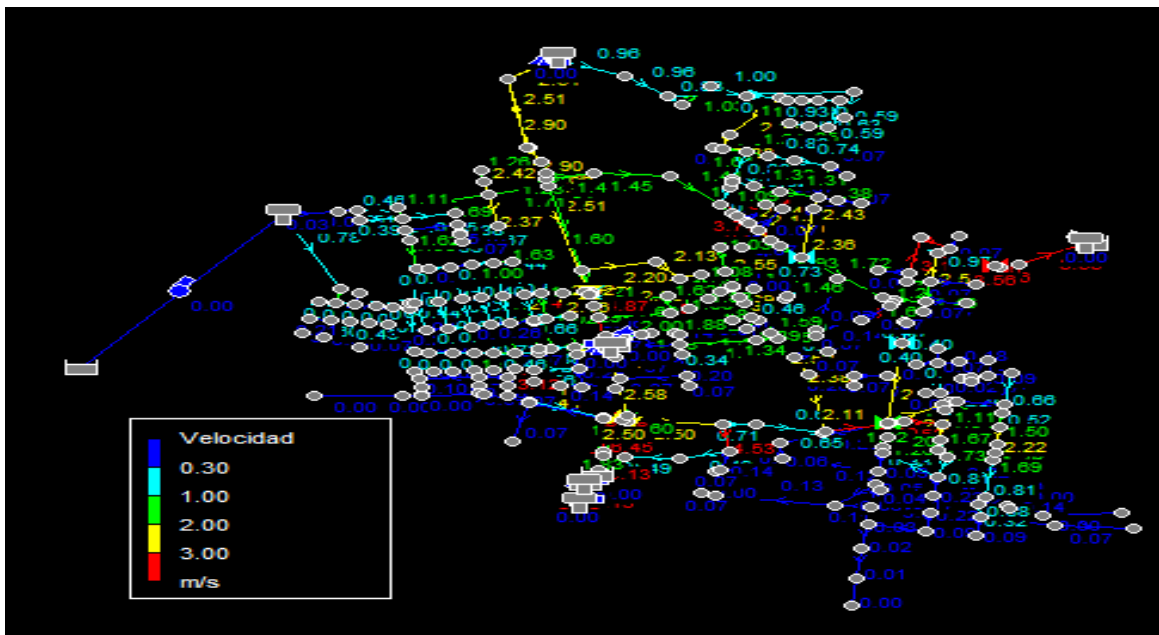
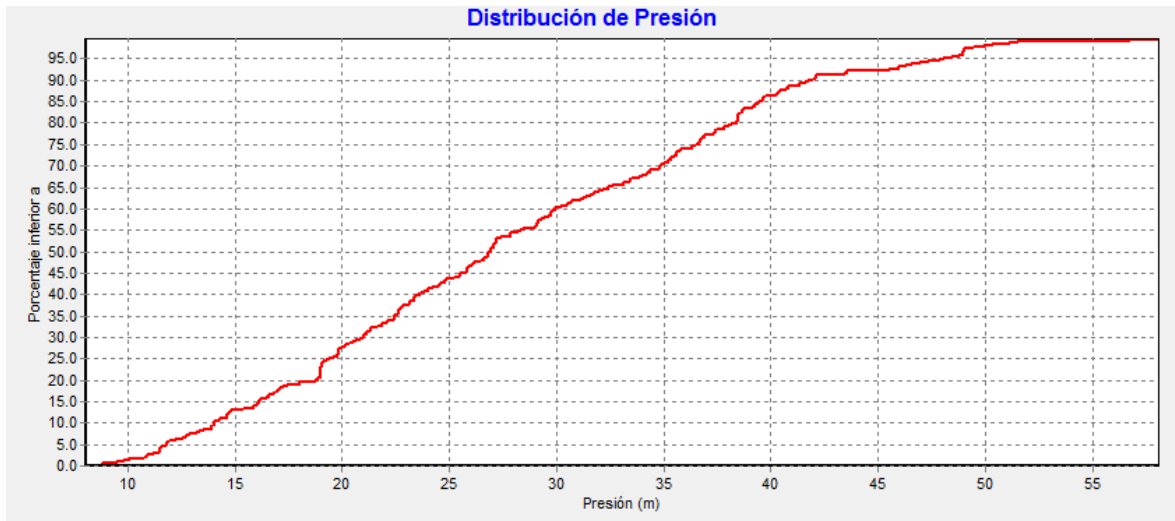


Figura. 52 Velocidades del sector los alacranes





Grafica 7 Presiones del sector los alacranes.

La variación de presiones es uniforme en la red de este sector lo cual lo está dentro del rango de presiones y son aceptables.

8.- SECTOR LOS PAVOS

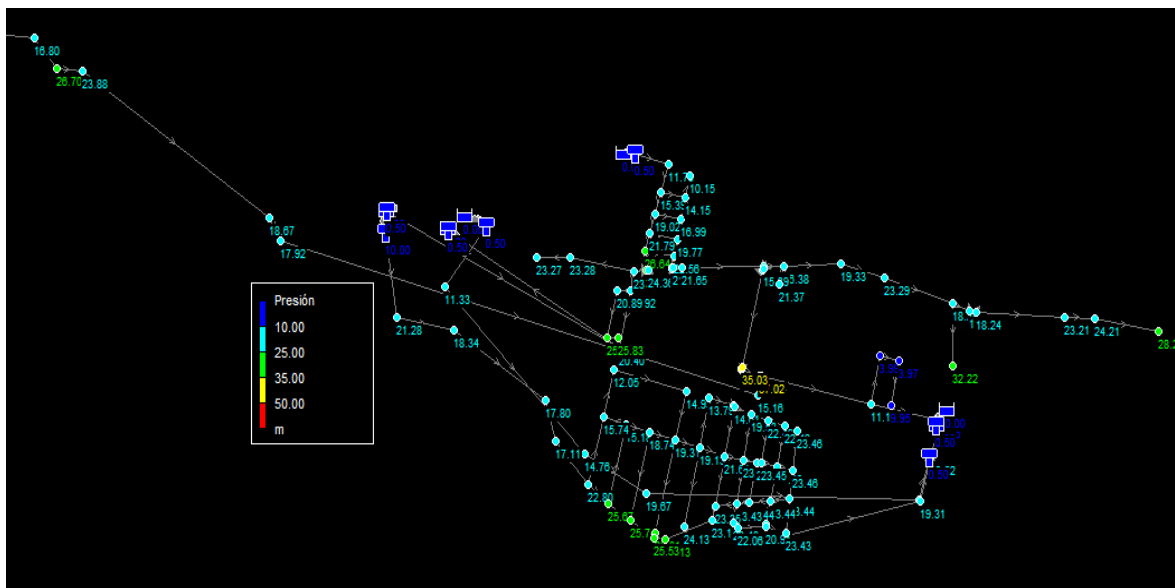


Figura. 53 Presiones del sector los pavos.





Es un sector muy importante debido a la cantidad de fuentes de abastecimiento que se encuentran dentro del sector y que aportan a distinto tanques de regulación, es un sector con presiones buenas, es estable y no presenta problema alguno.

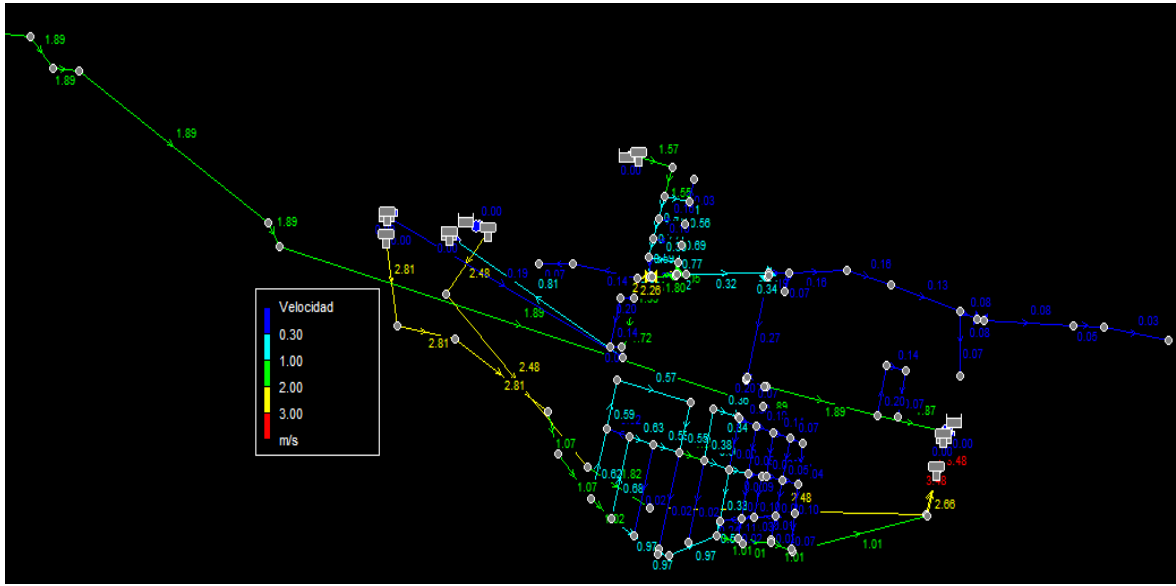
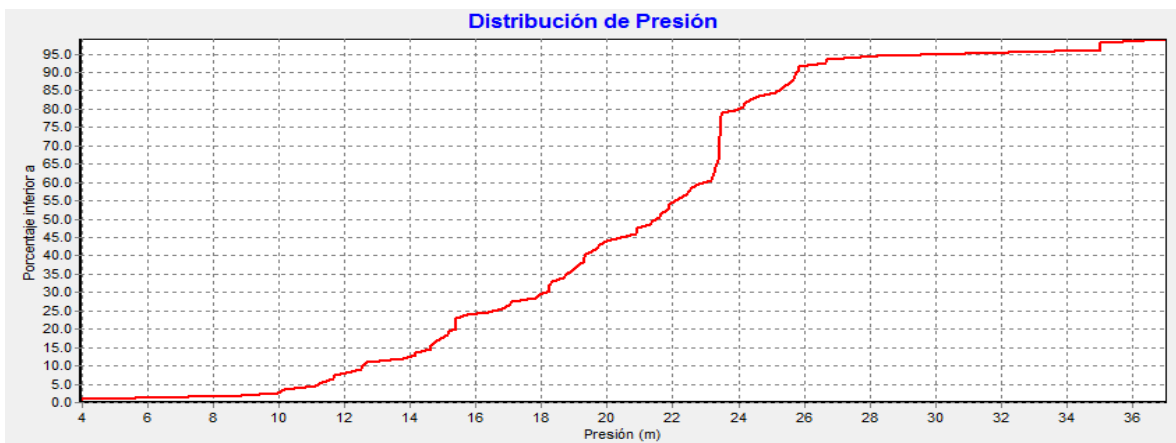


Figura. 54 Velocidades del sector los pavos.



Grafica 8 Presiones del sector los pavos.

La distribución de presiones para este sector es adecuada, un 97% del total de la red que lo conforma está dentro del rango de operación y





tan solo un 3% presenta presiones bajas, es importante mencionar que estas se ubican en las fuentes de abastecimiento.

9.- SECTOR LOS TIZATES

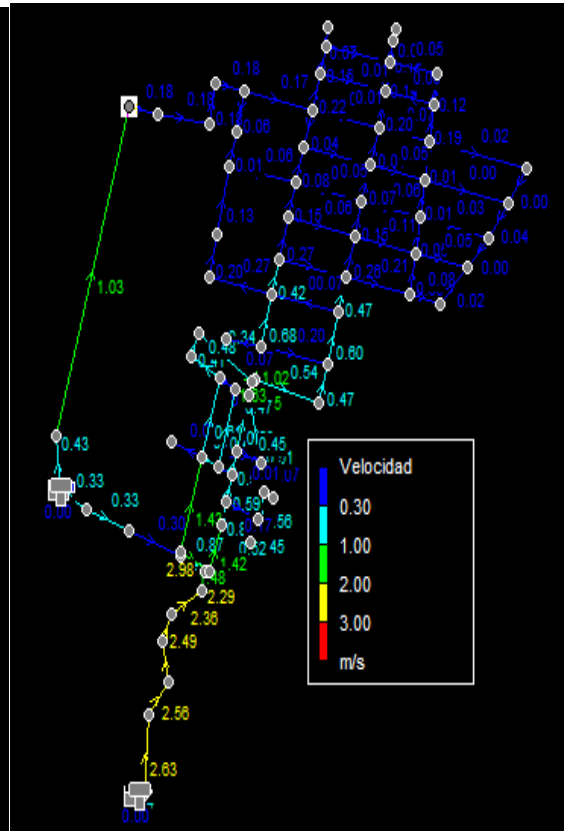
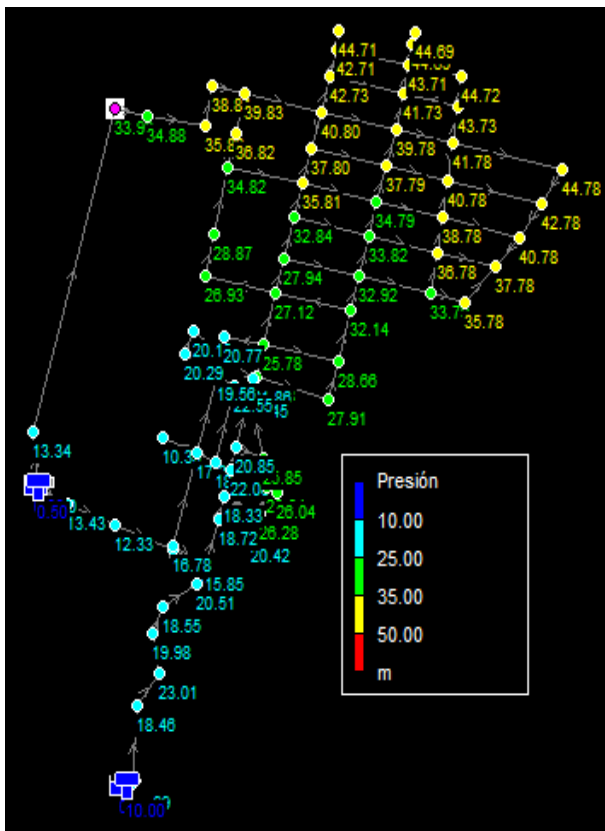
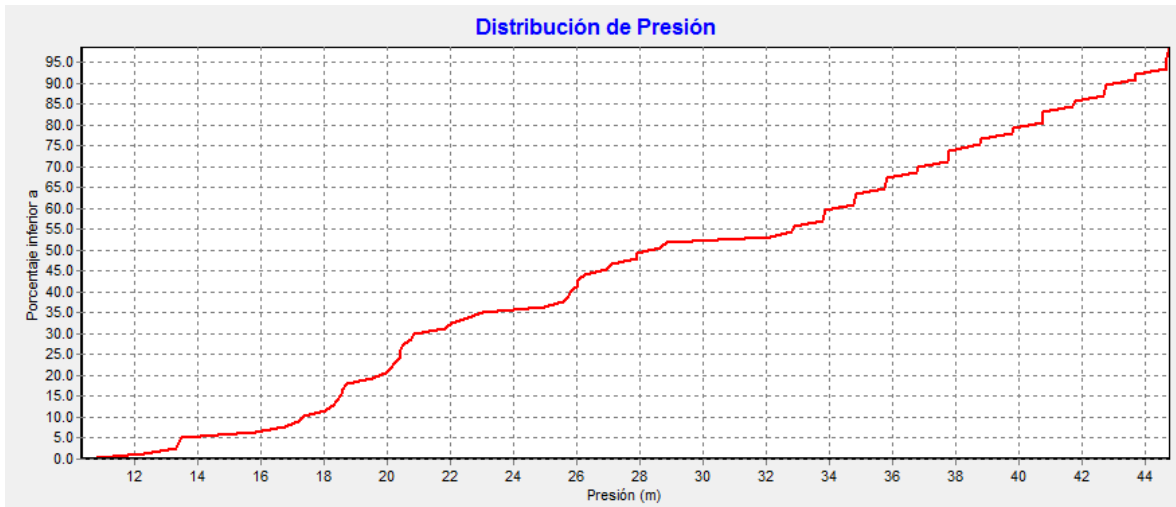


Figura. 55 Presiones del S. los tizates.

Figura. 56 Velocidades del S. los tizates.

En este sector no hay presencia de zonas con presiones altas ni bajas, su funcionamiento hidráulico no tiene problemas.





Grafica 9 Presiones del sector los tizates.

El sector opera correctamente sus presiones son adecuadas como se puede observar en la distribución de presiones no tiene presencia de presiones altas.

10.- SECTOR SAN FRANCISCO

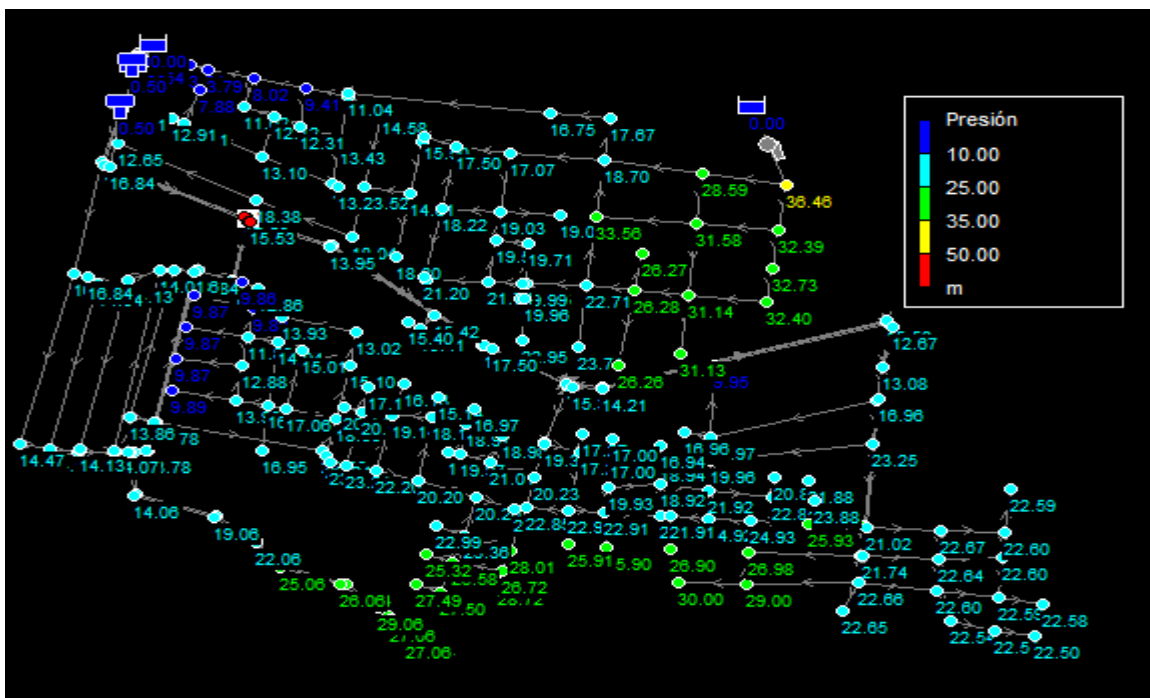


Figura. 57 Presiones del sector San Francisco.





En este sector se puede apreciar que su funcionamiento hidráulico es adecuado no tiene presiones altas, e independientemente que es un sector complejo y de gran cobertura de abastecimiento en la zona céntrica del municipio.

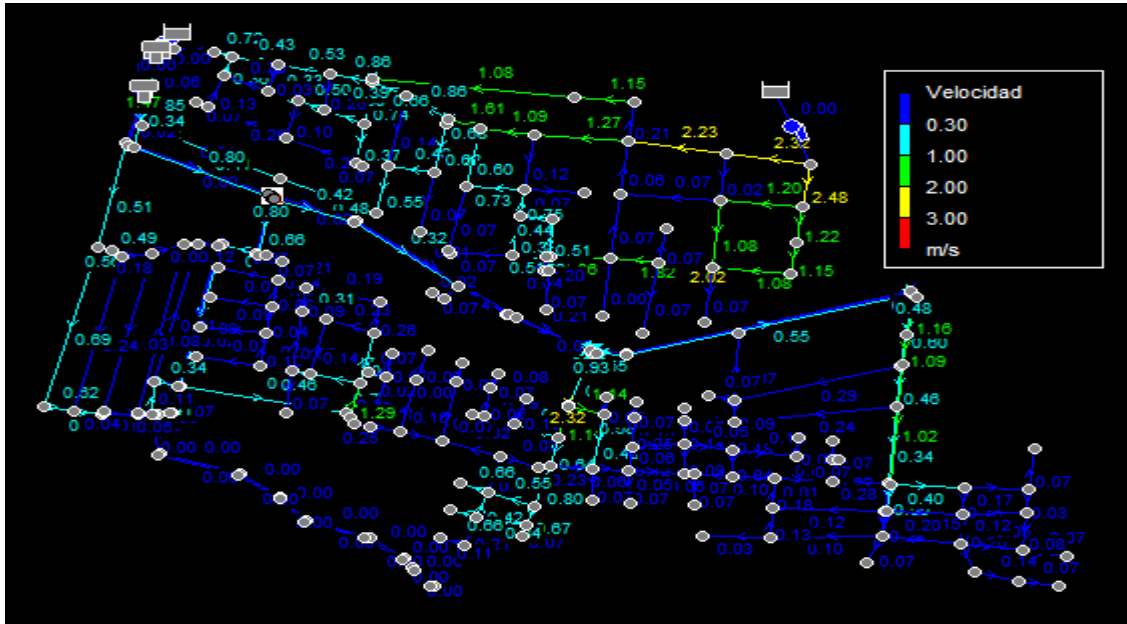
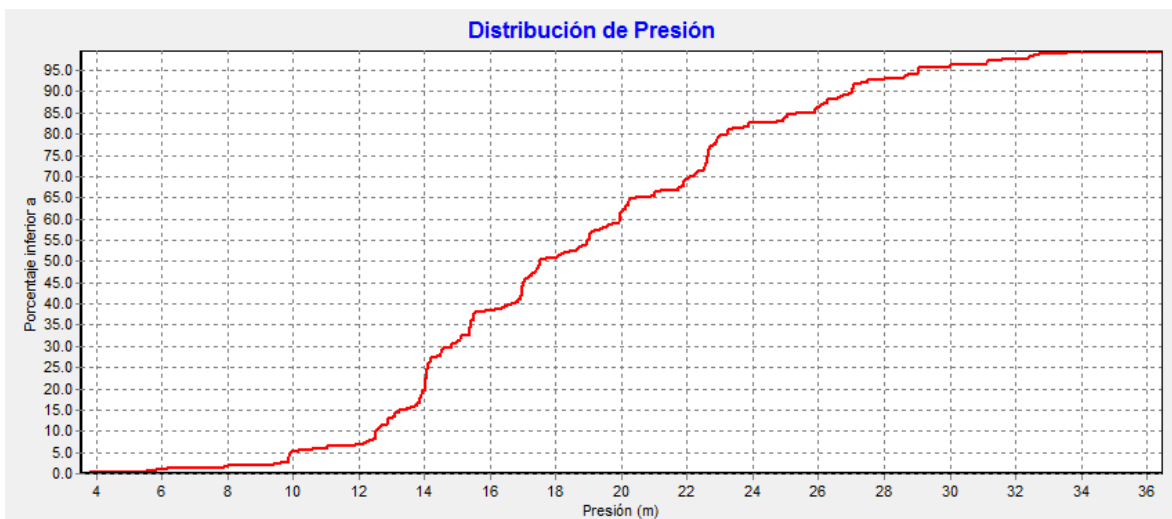


Figura. 58 Velocidades del sector San Francisco.



Grafica 10 Presiones del sector San Francisco.





Solo hay presencia de un 3% del total de la red con presiones menores a 10 m.c.a. misma que no hacen un problema para operar adecuadamente el sector.

11.- Sector Tierras coloradas

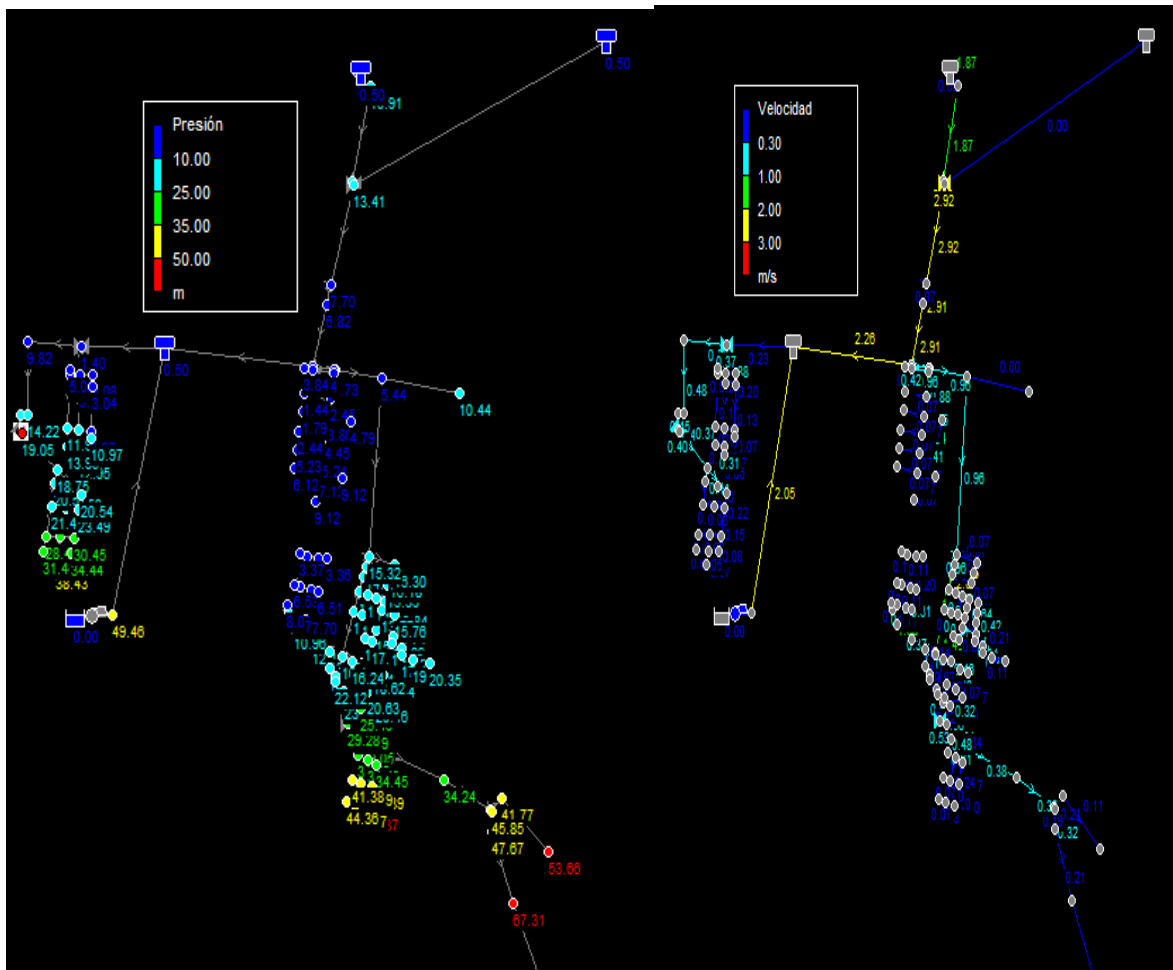


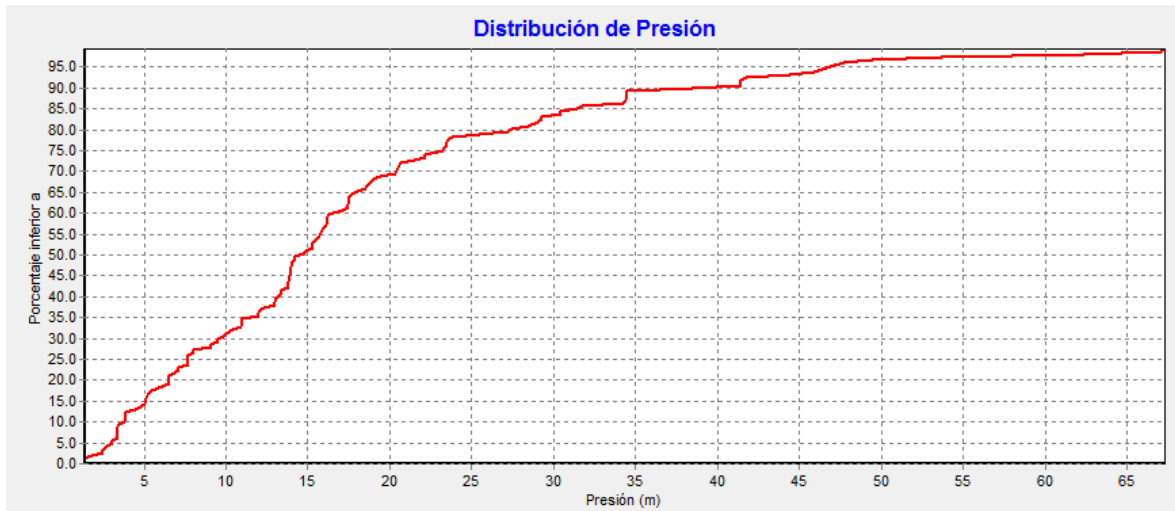
Figura. 59 Presiones del S. Tierras coloradas. Figura. 60 Velocidades del S. Tierras coloradas.

En este sector se tiene que en las calles Florencio Villareal, Av. Juárez, Viveros, Rosal, Santo Domingo y Pico de Orizaba de la colonia Tierras Coloradas las tuberías tienen presiones muy bajas menores de





10 m.c.a. En las calles Camelinas, Magallanes y Pino Suárez tiene Presiones bajas mayores de 10 m.c.a.



Grafica 11 Presiones del sector Tierras coloradas.

Se puede observar que un 30% del total de la red esta con presiones bajas menores a 10 m.c.a., que son presiones no aceptables para su correcto funcionamiento, se localizan en una sola zona en la cual se tiene que revisar para dar la correcta presión.

Con la modelación de toda la red de agua potable, se obtuvo los sectores anteriores, como también el gráfico general de contorno de las presiones que tiene la red.

En el cual se puede observar las zonas con presiones bajas y a altas con esta información podemos partir para realizar sondes en campo, mismos que no se realizarán en este trabajo pero queda como línea de investigación futura.



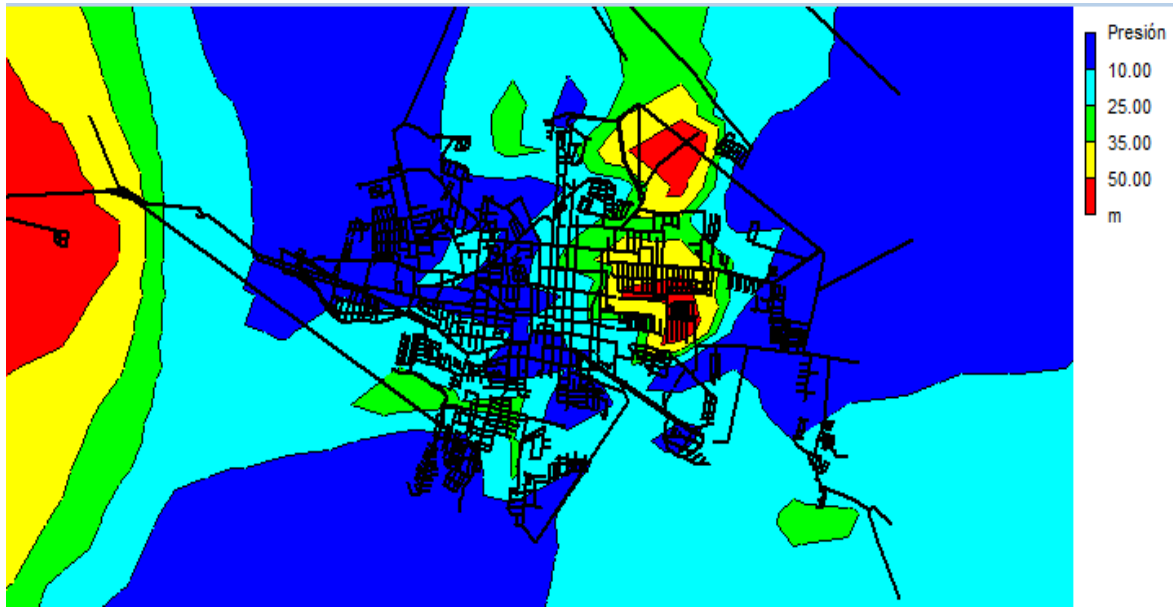


Figura. 61 Grafico de presiones de la red existente.





CONCLUSIONES

Es un tema muy importante el manejo y distribución del agua potable, es por ello que la red de agua potable de ciudad hidalgo ha sido analizada, obteniendo exitosos resultados.

Es un trabajo muy complejo, de mucha dedicación, recursos económicos y humanos, para poder llevar a cabo este trabajo que se presenta, para desarrollarse en campo no será fácil serán años de trabajo en campo para poder llegar a lograr la sectorización de toda la red, como se llegó en trabajo de tesis, más sin embargo para fines de la tesis se lograron los objetivos planteados, se obtuvieron las simulaciones en el software de Epanet tanto de la red como de cada uno de los sectores, mismos que se presentaron uno a uno.

Se obtuvieron 11 sectores como la mejor propuesta de sectorización, se sabe que la mejor red hidráulica no es aquella que se tiene sectorizada, sino la que trabaja en conjunto, debido a la magnitud de la red y a los problemas que la afectan fue necesario y mas viable la sectorización.

Como en todo, la escases de datos es uno de los problemas más graves debido a que nos complica más la elaboración de proyectos, como es el caso para la mejora de la red, y el servicio del agua potable.





RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta que para poder llevar acabo algún estudio se requiere información de lo que se pretende analizar, misma que para nuestro caso fue muy difícil obtener debido a que el SAPA no cuenta con mucha información y es por ella que se recomienda realizar un levantamiento de toda la red existente detalladamente.
- Rehabilitar y poner en funcionamiento los tanques de regulación que no se tienen operando.
- Diseñar y construir nuevos tanques de regulación ya que la población va incrementando y se requieren para mejorar su eficiencia.
- Colocar válvulas reguladoras de presión en puntos críticos.
- Cambiar tuberías que se encuentra en mal estado ya que se tiene gran pérdida de agua.
- Implementar la colocación de micro medidores en cada toma domiciliaria.
- Tener gente preparada técnica y tecnológicamente en el SAPA y llevar un registro de actividades realizadas por cada gente que labora en el mismo.
- Tener un mejor control en la distribución de caudales en la red.





BIBLIOGRAFÍA

- ESTUDIO SIMPLIFICADO 2015 DE LA SITUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE CD. HIDALGO. "ESSA CD. HIDALGO 2015" (Marzo 2015).
- Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS). <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>
- INEGI disponibilidad del agua <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/dispon.aspx?tema=T>
- CONCEJO NACIONAL DE POBLACIÓN (CONAPO). <https://datos.gob.mx/busca/organization/conapo>
- Agresty, A., & Finlay, B. (1986). Statical Methods for Social Sciences. San Francisco: Deller Publishing Company.
- CONAGUA (2007). Sectorización en Redes de Agua Potable. SEMARNAT, México D.F. INEGI. (2013). Catastro. Recuperado el 28 de Agosto de 2013, de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/catastro/>
- IMTA (1993). Estudio de Actualización de Dotaciones en el País. Semarnat, Jiutepec, Morelos
- NOM-001-CONAGUA-2011 (s.f.). Norma Oficial Mexicana "Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario- Hermeticidad - Especificaciones y métodos de prueba".
- Sotelo, G. (2002). Hidráulica General, Fundamentos. México, D.F.: Editorial Limusa. Vol 1.





DEFINICIONES DE AGUA POTABLE

- *Coeficiente de fricción.* Parámetro de diseño hidráulico que permite determinar las pérdidas de energía en una línea de conducción.
- *Consumo de agua.* Volumen de agua utilizado para cubrir las necesidades de los usuarios. Hay diferentes tipos de consumos: doméstico, no doméstico (dividido en comercial e industrial) y público. Este se puede obtener directamente de las mediciones en la toma domiciliaria.
- *Demanda.* Cantidad de agua requerida en las tomas para consumo de una localidad o área de proyecto, considerando los diferentes usuarios (domésticos, comerciales, industriales, turísticos, entre otros) que ahí tienen lugar, más las pérdidas físicas del sistema.
- *Dotación.* Cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda de la población en un día medio anual. (Es el cociente de la demanda entre la población de proyecto). Volumen asignado de agua en fuentes al día por habitante, considerando todos los usuarios.
- *Estación de bombeo.* Sitio en donde se instalan quipos mecánicos para elevar la carga hidráulica por medio de bombas, con el objetivo de conducir el agua desde un sitio hasta otro punto de la red con cierta carga hidráulica y gasto determinado.
- *Fuente de abastecimiento.* Cuerpo de agua, subterráneo o superficial, desde la cual se toma el agua para suministro al sistema de distribución.





- *Fuga*. Pérdida de agua a través de cualquiera de los elementos o uniones de un sistema de agua potable, toma domiciliaria o alcantarillado sanitario.
- *Gasto*. Volumen de agua medido en una unidad de tiempo, generalmente se expresa en litros por segundo.
- *Línea de conducción*. Elemento que sirve para transportar el agua de un lugar a otro de manera continua y puede trabajar a presión en el caso de tuberías o a superficie libre, en caso de canales y tuberías.
- *Organismo operador*. Instancias de las Entidades Federativas o Municipales encargadas de la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- *Pérdida física*. Volumen de agua que se extrae en la fuente de agua y que no es consumido por los usuarios.
- *Planta de bombeo*. Es el conjunto motor eléctrico, bomba, conductos que se instalan para la extracción y manejo de cualquier tipo de aguas.
- *Red de distribución*. Conjunto de tubería, piezas especiales, válvulas y estructuras que conducen el agua desde los tanques de regulación hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos.
- *Toma domiciliaria*. Instalación que se conecta a la tubería de la red de distribución y permite el suministro de agua potable a los usuarios.
- *Usuario*. Quien recibe el servicio de suministro de agua potable para su consumo, a través de una toma domiciliaria.





- **Válvula.** Accesorio que se utiliza en los sistemas de agua para seccionar y controlar el paso del agua.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tomas de agua potable, Ciudad Hidalgo Mich.	49
Tabla 2 Líneas principales del SAPA, según ESSA CD. HIDALGO 2015	51
Tabla 3 Fuentes de abastecimiento y estructuras hidráulicas del SAPA. ESSA CD. HIDALGO 2015 .	52
Tabla 4 Dotaciones del MAPAS	58
Tabla 5 Estructuras que conforman hidráulicas de la red del SAPA, datos de campo.....	78
Tabla 6 Coeficientes de rugosidades para tuberías, Sotelo Avila.1982 y Saldarriaga.1998.....	89
Tabla 7 relación de los sectores.	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Macro y micro-localización.....	37
Figura. 2 Plano general de la red de agua potable del SAPA	39
Figura. 3 Subsistema la antena, SAPA.	40
Figura. 4 Subsistema el Mirador, SAPA.	41
Figura. 5 Subsistema los pavos, SAPA.	41
Figura. 6 Subsistema el fresno, SAPA.	42
Figura. 7 Subsistema 3 de mayo y el pirul, SAPA.	42
Figura. 8 Subsistema carindapaz, SAPA.	43
Figura. 9 Subsistema la virgen, SAPA.	43
Figura. 10 Subsistema Tacario,, SAPA.	44
Figura. 11 Subsistema tableros, la teja, e intenciones, SAPA.	44
Figura. 12 Subsistema los 3 pasos, SAPA.	45
Figura. 13 Subsistema san Francisco y linda vista, SAPA.	45
Figura. 14 Subsistema unidad deportiva, SAPA.	46
Figura. 15 Subsistema tableros, la teja e intenciones, datos de campo.	60
Figura. 16 Subsistema los pavos, datos de campo.....	61
Figura. 17 Subsistema Carindapaz, datos de campo.....	62
Figura. 18 Subsistema san Francisco y linda vista, datos de campo.	63





Figura. 19 Subsistema unidad deportiva, datos de campo. 65

Figura. 20 Subsistema la antena, datos de campo..... 67

Figura. 21 Subsistema el fresno, datos de campo..... 69

Figura. 22 Subsistema el mirador, datos de campo..... 70

Figura. 23 Subsistema la virgen, datos de campo. 71

Figura. 24 Subsistema los 3 pasos, datos de campo. 72

Figura. 25 Plano general de la red del SAPA, datos de campo..... 75

Figura. 26 Imagen del área de trabajo, Google Earth. 79

Figura. 27 Curvas de nivel, Global Mapper. 80

Figura. 28 Elevaciones de cada uno de los cruces de la red, ArcGIS..... 81

Figura. 29 Trazo de la red en base a los cruces y puntos ya con elevaciones, plano en AutoCAD. .. 82

Figura. 30 Conversión de un plano AutoCAD a Epanet, EpaCAD. 83

Figura. 31 Trazo de la red a simular, Epanet. 83

Figura. 32 Colocación de datos a los nodos, Epanet..... 88

Figura. 33 Colocación de datos a las tuberías, Epanet..... 89

Figura. 34 Modelación de la red en régimen permanente (presión), Epanet..... 90

Figura. 35 Grafica de presiones en la red general, Epanet. 91

Figura. 36 Modelación de la red en régimen permanente (velocidades), Epanet..... 92

Figura. 37 Plano de propuesta a sectorizar del SAPA. 98

Figura. 38 Plano de sectores a modelar..... 99

Figura. 39 Presiones del S. el fresno. Figura. 40 Velocidades del S. el fresno..... 101

Figura. 41 Presiones S. el mirador. Figura. 42 Velocidades S. el mirador. 103

Figura. 43 Presiones Sector el Pirul..... 104

Figura. 44 Velocidades del sector el pirul. 105

Figura. 45 Presiones del S. Gallegos. Figura. 46 Velocidades del S. Gallegos. 106

Figura. 47 Presiones del S. la antena. Figura. 48 Velocidades del S. la antena..... 108

Figura. 49 Presiones del S. U. deportiva. Figura. 50 Velocidades del S.U. deportiva..... 110

Figura. 51 Presiones del sector los alacranes..... 112

Figura. 52 Velocidades del sector los alacranes..... 112

Figura. 53 Presiones del sector los pavos..... 113

Figura. 54 Velocidades del sector los pavos..... 114

Figura. 55 Presiones del S. los tizates. Figura. 56 Velocidades del S. los tizates..... 115





Figura. 57 Presiones del sector San Francisco..... 116
Figura. 58 Velocidades del sector San Francisco..... 117
Figura. 59 Presiones del S. Tierras coloradas. Figura. 60 Velocidades del S. Tierras coloradas... 118
Figura. 61 Grafico de presiones de la red existente..... 120

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1 presiones del sector el fresno..... 102
Grafica 2 Presiones del sector el mirador. 104
Grafica 3 Presiones del sector el pirul..... 105
Grafica 4 Presiones del sector Gallegos. 107
Grafica 5 Presiones del sector la antena. 109
Grafica 6 Presiones del sector la unidad deportiva..... 111
Grafica 7 Presiones del sector los alacranes. 113
Grafica 8 Presiones del sector los pavos. 114
Grafica 9 Presiones del sector los tizates..... 116
Grafica 10 Presiones del sector San Francisco. 117
Grafica 11 Presiones del sector Tierras coloradas. 119

