

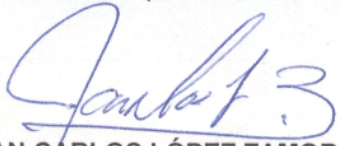
Ciudad Obregón, Sonora, a 28 de Febrero de 2018.

Instituto Tecnológico de Sonora
P r e s e n t e.

El que suscribe Juan Carlos López Zamora, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada: **“Determinación del presupuesto más económico, para la construcción de una red de agua potable, mediante la comparación de tres software de diseño”**, en lo sucesivo “LA OBRA”, misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Maestro en Ingeniería en Administración de la Construcción** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante “EL INSTITUTO”, para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.


JUAN CARLOS LÓPEZ ZAMORA
(Nombre y firma del autor)



"DETERMINACIÓN DEL PRESUPUESTO MÁS ECONÓMICO, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA RED DE AGUA POTABLE, MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE TRES SOFTWARE DE DISEÑO"

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN INGENIERÍA
EN ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCION**

PRESENTA

JUAN CARLOS LÓPEZ ZAMORA

**CIUDAD OBREGÓN, SONORA
MARZO DE 2018**

Índice

Introducción.....	5
Antecedentes.....	5
Planteamiento del problema.....	9
Objetivo.....	10
Hipótesis.....	10
Justificación.....	10
Delimitaciones.....	12
Marco Teórico.....	13
2.1. Introducción.....	13
2.1.1 ¿Qué es el agua?.....	13
2.1.1.1 Importancia del agua.....	13
2.1.2. Distribución y disponibilidad.....	14
2.1.2.1 Distribución del agua en el mundo.....	14
2.1.2.2 Distribución del agua en México.....	16
2.1.3 Usos del agua.....	16
2.1.3.1 Usos del agua en México.....	17
2.2. Desarrollo económico y social del municipio de Cajeme.....	18
2.2.1 Ubicación.....	18
2.2.1.1 Colindancias.....	18
2.2.2 Desarrollo de Ciudad Obregón.....	19
2.2.3 Usos del suelo.....	20
2.2.3.1 Uso habitacional.....	21
2.2.3.2 Tipos de fraccionamientos.....	21

2.3. Infraestructura urbana.....	22
2.3.1 Sistema de agua potable.....	22
2.3.2 Componentes de un sistema de agua potable.....	22
2.3.2.1 Fuente de abastecimiento.....	22
2.3.2.2 Línea de conducción.....	23
2.3.2.3 Obra de regulación.....	23
2.3.3 Red de distribución.....	24
2.3.3.1 Esquemas básicos.....	25
2.3.3.2 Componentes de una red.....	26
2.3.3.3 División de una red de distribución.....	29
2.3.3.4 Formas de distribución.....	34
2.4. Normatividad para el diseño de una red de agua potable.....	37
2.4.1 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-013-CNA-2000, REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE - ESPECIFICACIONES DE HERMETICIDAD Y MÉTODOS DE PRUEBA.....	37
2.4.2 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-CONAGUA-2011, SISTEMAS DE AGUA POTABLE, TOMA DOMICILIARIA Y ALCANTARILLADO SANITARIO HERMETICIDAD - ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA.....	38
2.5. Diseño de una red de distribución.....	39
2.5.1 Antecedentes.....	39
2.5.2 Ventajas y desventajas entre los tres métodos de diseño.....	40
2.6. Presupuestación.....	41
2.6.1 Qué es un presupuesto.....	41
2.6.2 Funciones de los presupuestos.....	41
2.6.3 Características de los presupuestos.....	42
Método.....	44
3.1 Objeto de estudio.....	44

3.2 Materiales	44
3.3 Procedimiento.....	45
Análisis de resultados	48
4.1 Esquema de las cinco redes dibujados.	48
4.2 Propiedades de los objetos que configuran los sistemas editados.....	50
4.3 Modo de operación del sistema descrito.	51
4.4 Opciones de cálculo seleccionadas.	51
4.5 Análisis hidráulico realizado.....	52
4.6 Revisión de los resultados del análisis con los criterios de aceptación de la CONAGUA.	53
4.7. Los resultados obtenidos, para cada una de las redes, se presupuestaron con el programa Opus 2010 y los precios unitarios de la base de datos del OOMAPASC.	64
4.8. Con los montos obtenidos para cada esquema, se determinó cuál de los tres software es el más recomendable para el diseño de redes de agua potable.	75
Conclusiones.....	77
Recomendaciones.	78
Bibliografía.	80

Capítulo I

Introducción

En el presente estudio se determina cual método de diseño es el más óptimo económicamente de entre tres paquetes computacionales: Epanet 2.0, CivilCAD y WaterCAD. Para ello se utilizarán cinco redes hidráulicas ya existentes, que son: la Primera Etapa del fraccionamiento Las Misiones, el cual se encuentra al Sur de Ciudad Obregón, otra red sería el sector comprendido entre las calles Lago Managua y Bordo Prieto entre calle Veracruz y calle 5 de Febrero, que corresponde al Norte de Ciudad Obregón, la siguiente red sería el fraccionamiento Villa Satélite que se encuentra al Oriente de Ciudad Obregón, la red del fraccionamiento Alameda del Cedro II que se encuentra al Poniente de Ciudad Obregón, también el sector comprendido entre calle Nainari y calle Cananea entre calle Quintana Roo y calle Sufragio Efectivo que corresponde al Centro-Norte de Ciudad Obregón, esto con el fin de cumplir con las diferentes variables que pueden afectar al diseño de una red de agua potable. Dichas redes se calcularán en los tres software antes mencionados, y con los resultados que estos arrojen se hará un presupuesto para cada opción, con lo que se determinará cual de las tres redes de distribución, para cada uno de los seis escenarios, es la más económica de construir y por ende, cual es el software más recomendable.

Antecedentes.

Las redes de agua potable son obras de servicio que permiten abastecer y distribuir el agua a la población de una ciudad por medio de componentes fundamentales como son la fuente de abastecimiento o planta potabilizadora, la línea o red de conducción, los tanques de regulación, y la red de distribución. Cada una de estas partes cumple una función específica, sin embargo,

influyen de manera directa en el funcionamiento hidráulico de las demás, por lo que es necesario hacer un análisis conjunto de las mismas para lograr un diseño adecuado que garantice un buen funcionamiento de la red. (Comisión Nacional del Agua, 2007).

Una red de agua potable con todos sus componentes no puede dimensionarse empleando únicamente métodos de análisis hidráulico, ya sea de revisión o de diseño óptimo, se requiere además de un procedimiento de diseño que contemple la interacción inherente de todas sus partes para obtener la geometría de cada una de ellas. (CONAGUA, 2007).

En el diseño hidráulico de una red de agua potable deben tomarse en cuenta varias condiciones posibles de operación empleadas por el organismo operador de la red, así como las leyes de demanda de agua, para conocer mediante un modelo de simulación hidráulica, las velocidades y gastos en los tubos, las presiones, los gradientes hidráulicos y los gastos que entran y salen en cada uno de los tanques.

En México, los servicios de agua potable están a cargo de los municipios, que crean organismos operadores (O. O.) para atender las necesidades de abasto, alcantarillado, saneamiento y disposición sin riesgo de las aguas residuales. (GUÍA PARA ORGANISMOS OPERADORES, 2000).

A los O. O también se les llama Comisión de Agua, Junta de Agua, Sistema Descentralizado de Agua, Comité del Agua, Empresa de Agua, etc.

Algunos O. O. pertenecen directamente al gobierno municipal y otros son concesiones parciales otorgadas por el municipio a empresas privadas con fines de lucro.

El O. O. deberá estar constituido formalmente mediante algún decreto de creación firmado por el ayuntamiento municipal y teniendo de testigos a las autoridades estatales.

Existen diversos aspectos legales, normativos y de usos y costumbres que rigen la labor del O. O. Además, se recomienda que éste cuente con suficientes instrumentos técnicos para medir su desempeño y resolver cualquier problema o anomalía de inmediato y a escala local.

Anteriormente, en el municipio de Cajeme existía la Dirección Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Cajeme (DIMAPAC), la cual dependía directamente del H. Ayuntamiento de Cajeme y llevaba a cabo las actividades propias de este tipo de dependencia, como, asegurar el suministro de agua de calidad, disposición adecuada de las aguas negras, cobro a los usuarios por este servicio, etc. Años después, a partir del año 1999, cuando se reformó el art. 115 de la constitución, se estableció la responsabilidad plena de los municipios de prestar los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales dentro de su jurisdicción.

El municipio podrá operar dichos servicios mediante órganos descentralizados. Sus tareas son:

- Prestar los servicios de agua potable, drenaje y tratamiento en su respectiva jurisdicción.
- Participar, en coordinación con los gobiernos federal y estatal, en la prestación del servicio, de acuerdo a sus atribuciones y responsabilidades.
- Planear y programar la prestación de los servicios.
- Realizar, por sí mismos o a través de terceros, las obras de infraestructura hidráulica, su operación y mantenimiento.
- Adoptar las medidas necesarias para alcanzar su autosuficiencia financiera.

A partir de entonces, el municipio acordó mediante cabildo, la creación del Organismo Operador Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cajeme (OOMAPASC), el cual, es un organismo descentralizado que cumple con las tareas descritas en el párrafo anterior.

En cuanto a los fraccionamientos, las presiones o cargas disponibles de operación, que se han de obtener en el diseño de la red para la red primaria, deberán ser suficientes para suministrar una cantidad de agua razonable en los pisos ms altos de las casas, fábricas y edificios comerciales de no más de 6 pisos. Deberán estar comprendidas entre 1.5 a 4.0 kg/cm² (15 a 40 metros de columna de agua). (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, Redes de Distribución. 2007).

Para localidades urbanas pequeñas se admite una presión mínima de 1.0 kg/cm² (10 m. c. a.).

La presión máxima (carga estática) admisible no deberá ser mayor a 5.0 kg/cm² (50 m. c. a.).

Actualmente, el ahorro más significativo que se tiene en la región, en cuanto a la construcción de redes de agua potable, es una nueva especificación de materiales en los cruceros, que propuso el OOMAPASC, la cual reduce costos, al prescindir de piezas especiales innecesarias. La nueva especificación consiste en usar adaptadores bridados y coples universales de hierro dúctil, los cuales por su forma, ocupan un menor espacio que las piezas convencionales como las extremidades bridadas y las juntas gibault, y por su rango amplio una sola medida se ajusta a los diámetros exteriores de las tuberías normalmente utilizadas, ya sea PVC, Acero y Asbesto.

Además como se mencionó con anterioridad, el acomodo de las piezas ocupa menos espacio, por lo que, la construcción de cajas de válvulas también se economiza, ya que estas serian de menor tamaño y por ende, más económicas. Estas especificaciones se encuentran en el Manual de

Diseño de Redes de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Organismo Operador Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cajeme.

En el Organismo Operador es muy usual el uso del software Epanet 2.0, para el diseño y revisión de redes de distribución de agua potable, pero existen otros métodos y programas que cumplen con lo mismo y que probablemente sean más óptimos desde el punto de vista económico. Es por ello que decidí hacer este trabajo, donde para diferentes escenarios, compararé los resultados de tres programas de diseño, Epanet 2.0, CivilCAD y WaterCAD. Para ello tomaré los diámetros de tubería que propone cada método y los presupuestaré por separado para saber cuál de los tres es más económico de llevar a cabo.

Planteamiento del problema.

Actualmente es muy común utilizar un paquete computacional que nos ayude a optimizar el diseño de una red hidráulica en diferentes escenarios, pero esto sólo se hace con el fin de determinar cual opción es la que mejor cumple con las especificaciones del manual de diseño de redes de agua potable de la Comisión Nacional del Agua, en cuanto a presión, demanda, velocidad, pérdida unitaria, etc; pero se deja de lado el aspecto económico, lo que puede ocasionar que se gasten recursos innecesariamente, en la construcción de dicha red. Si se continúa con ésta práctica, los desarrolladores de vivienda o los organismos públicos, ya sea el H. Ayuntamiento de Cajeme o el Organismo Operador, seguirán construyendo redes de distribución que probablemente sean más costosas de lo necesario, al introducir tuberías de un diámetro innecesariamente mayor. Por lo que se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál es el diseño de una red de agua potable para un fraccionamiento, que sea más económico de construir?

Objetivo.

Determinar el presupuesto más económico de una red de agua potable para diferentes fraccionamientos de Ciudad Obregón, a través de comparar tres métodos de diseño de redes, haciendo uso de software comercial, que permita reducir los costos de construcción de dicha red, al utilizar especificaciones de la Comisión Nacional del Agua y precios unitarios del Organismo Operador Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cajeme.

Hipótesis.

“El diseño realizado con Epanet 2.0 será 10% (porciento) más económico que los resultados de los programas WaterCAD y CivilCAD, con un más/menos 10% (porciento)”.

Justificación.

Es muy común utilizar un software de diseño que nos ayude a simular una red de agua potable ya sea existente o de proyecto. Esto se hace con el fin de determinar su comportamiento al cambiar diferentes elementos que la componen, ya sea diámetros, rugosidades, cotas, dotación, etc., al hacer esto se pueden comprobar diferentes escenarios y determinar cuál es el más favorable hidráulicamente, pero en ningún momento el software proporciona el dato de cual escenario es el más económico.

Es por ello que, con este trabajo se pretende determinar a través de la comparación de tres software de diseño; Epanet 2.0, CivilCAD y WaterCAD, cuál de los resultados es el más económico de construir.

Con el fin de determinar lo descrito en el párrafo anterior, se escogieron diferentes redes ya existentes, como, la Primera Etapa del fraccionamiento Las Misiones, el sector comprendido entre las calles Lago Managua y Bordo Prieto entre calle Veracruz y calle 5 de Febrero, que

corresponde al Norte de Ciudad Obregón, el fraccionamiento Villa Satélite que se encuentra al Oriente de Ciudad Obregón, la red del fraccionamiento Alameda del Cedro II que se encuentra al Poniente de Ciudad Obregón, también el sector comprendido entre calle Nainari y calle Cananea entre calle Quintana Roo y calle Sufragio Efectivo que corresponde al Centro-Norte de Ciudad Obregón. Se decidió utilizar fraccionamientos ya existentes para dar cumplimiento a la Ley de Desarrollo Urbano para el Estado de Sonora, especificado en el Art. 102 cap.III De los fraccionamientos, la cual evidentemente cumplen los fraccionamientos antes mencionados. Si no se hace de esta manera, y se proponen fraccionamientos imaginarios, se corre el riesgo de incumplir lineamientos que marcan las leyes estatales.

El aporte principal de esta investigación será la certeza de que al usar determinado paquete computacional, será más económica la construcción de la red de agua potable que se diseñe, la cual deberá cumplir con los requerimientos mínimos en cuanto a presión, demanda, velocidad, pérdida unitaria, etc., plasmados en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua (2007).

Los beneficiados con este análisis serán, en primer lugar, el organismo operador, ya que se podrán optimizar recursos, ya sean propios o de la federación, además se podrá hacer extensiva la información a los desarrolladores de la localidad para que usen en sus diseños, el software que resulte más económico. Esta información estará disponible para cualquier constructor que tenga el interés de economizar sus recursos.

De no llevarse a cabo esta investigación se seguiría usando el software que probablemente no sea el que arroja los resultados más económicos, por el contrario, con los resultados de este proyecto

se tendrá la certeza de que por lo menos de los tres software que se indican, uno será el óptimo y el más recomendable de usar.

Delimitaciones.

El alcance de este proyecto solo comprende las redes de, la Primera Etapa del fraccionamiento Las Misiones, el sector comprendido entre las calles Lago Managua y Bordo Prieto entre calle Veracruz y calle 5 de Febrero, que corresponde al Norte de Ciudad Obregón, el fraccionamiento Villa Satélite que se encuentra al Oriente de Ciudad Obregón, la red del fraccionamiento Alameda del Cedro II que se encuentra al Poniente de Ciudad Obregón, también el sector comprendido entre calle Nainari y calle Cananea entre calle Quintana Roo y calle Sufragio Efectivo que corresponde al Centro-Norte de Ciudad Obregón y el uso del software Epanet 2.0, CivilCAD y WaterCAD. El software para la generación del presupuesto será Opus 2010 y se utilizará la base de datos de precios unitarios de materiales, mano de obra y costos indirectos que posee el organismo operador para el año 2017. La red de agua potable se calculara en base al Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua del año 2007. En la modelación no se incluirán piezas especiales, como válvulas u obras de regulación, tanques de almacenamiento, hidrantes ni tomas domiciliarias. En este estudio el esquema de las redes será el de configuración cerrada. El presupuesto no incluirá el costo por corte y reposición de pavimento. Las simulaciones para los tres software, serán estáticas.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Introducción.

2.1.1 ¿Qué es el agua?

Ni sabe, ni huele, ni tiene color son quizás algunas de las características más conocidas del agua. Debe recordarse que las cualidades de inodora, insípida e incolora corresponden al agua químicamente pura (que en la naturaleza no se encuentra como tal, pues siempre tiene sales minerales y otros compuestos en distintas proporciones). Para la mayoría también es conocida el agua por su fórmula química: H₂O, la cual representa una molécula formada por dos elementos: hidrógeno y oxígeno, que contiene dos átomos del primero y uno del segundo, unidos por medio de enlaces. (FEA, 2006).

2.1.1.1 Importancia del agua.

El agua es indispensable; no tiene sustituto y no se conoce forma de vida que prescindiera de ella. Bosques, ciudades, polos, zonas industriales, pastizales, plantíos, bebés, bacterias, ballenas, aviones y cohetes, todos, de una manera u otra, necesitan el agua. El cuerpo de un bebé tiene 83% de agua; un hombre adulto, 60%; una mujer, 45%, y una medusa, 95%. Somos agua en gran medida. El agua dio origen a la vida y la mantiene, es un factor que regula el clima del planeta, esculpe y permite la existencia de los ecosistemas y de la humanidad. No debemos olvidar que somos naturaleza y que el agua viene de la naturaleza. (FEA, 2006).

En términos prácticos, no hay proceso de producción que directa o indirectamente no tenga relación con el agua. Todos los productos y benefactores humanos están en relación directa con el agua... Tratemos de imaginar uno que no la necesite... Parece (y es) demasiado fácil decir que el agua tiene que ver con todo, pero es algo real, por eso las grandes preocupaciones y temas de discusión en todo el mundo se relacionan con su escasez, su contaminación, que se terminen sus fuentes, tratarla como mercancía, así como con las guerras que genera y puede generar. Recordemos algo importante: nadie está exento de todo lo relacionado con el agua. (FEA, 2006).

2.1.2. Distribución y disponibilidad.

La cantidad de agua que tenemos en el planeta no varía. Sin embargo, el lugar, la forma y la calidad en que se encuentra sí presentan variaciones. A nivel local no disponemos de una cantidad fija. Hay promedios históricos, pero desgraciadamente cada vez es menos el agua disponible tanto en cantidad como en calidad, debido a la sobreexplotación, el cambio climático, la contaminación y la deforestación que hemos provocado. (FEA, 2006).

2.1.2.1 Distribución del agua en el mundo.

En la actualidad, más de 80 países –que albergan a 40% de la población mundial– sufren una escasez grave de agua. Las condiciones pueden llegar a empeorar en los próximos 50 años, en la medida que aumente la población y que el cambio climático global perturbe los regímenes de precipitaciones. (FEA, 2006). En la tabla 1. Recursos de agua dulce, se muestran los metros cúbicos de agua dulce de que dispone cada persona anualmente, en cada región del planeta.

Tabla 1. Recursos de agua dulce.

Fuente: United Nations Environment Programme 2002.

RECURSOS DE AGUA DULCE	
REGIÓN	METROS CÚBICOS ANUALES (PROMEDIO PER CÁPITA)
Oceanía	53 711
Sudamérica	36 988
África Central	20 889
América del Norte	16 801
Europa del Este	14 818
Europa Occidental	1 771
Asia Central y del Sur	1 465
África del Sur	1 289
África del Norte	495

2.1.2.2 Distribución del agua en México.

En todo el país llueve aproximadamente 1 511 km³ de agua cada año, lo que equivale a una alberca de un kilómetro de profundidad del tamaño del Distrito Federal. Alrededor de 72% (1 084 km³) de esa agua de lluvia regresa a la atmósfera por evapotranspiración. (FEA, 2006).

En su mayor parte, México es un país árido o semiárido (56%), es decir, los estados norteros abarcan 50% de la superficie y ahí llueve sólo 25% del total. En la parte angosta del país, que ocupa 27.5% del territorio, cae la mayoría del agua de lluvia (49.6%), en los estados del sureste: Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco. (FEA, 2006).

Entre los estados más secos está Baja California, donde sólo llueve un promedio de 199 mm por año. En contraste, Tabasco recibe 2 588 mm de agua por año. En México llueve cada vez menos; de 1994 a la fecha ha llovido menos del promedio histórico. (FEA, 2006).

Alrededor de 67% de las lluvias en México caen entre junio y septiembre. Si promediamos toda la lluvia, el país recibe cerca de 711 mm por año, lo cual no es mucho comparado con otros países (1 mm de lluvia = 1 litro por m²). En la clasificación mundial, México está considerado como un país con disponibilidad baja de agua. Los países más ricos en disponibilidad de agua son Canadá y Brasil. (FEA, 2006).

2.1.3 Usos del agua.

Diariamente utilizamos grandes cantidades de agua, para propósitos diferentes: Para beber, para lavar los platos, para tomar una ducha, para tirar de la cisterna en el servicio, para cocinar y para muchos otros propósitos. (CAPA, 2007).

Pero el agua se utiliza no solamente para los propósitos domésticos, los seres humanos también utilizan el agua por ejemplo, en las industrias, en la agricultura y en muchas otras actividades. (CAPA, 2007).

Los usos que se pueden dar al agua son variados y se clasifican en:

- Consumo humano (bebida, cocina y procesamiento de alimentos).
- Limpieza personal.
- Cultivo de peces, mariscos o cualquier tipo de vida acuática.
- Agricultura.
- Industria.
- Municipales (riego de jardines, lavado de coches, fuentes de ornato, lavado de calles e instalaciones públicas).
- Recreativos.
- Transporte de desechos.

2.1.3.1 Usos del agua en México.

En México, 77% del agua se utiliza en la agricultura; 14%, en el abastecimiento público; 5%, en las termoeléctricas y 4%, en la industria. A continuación se muestra la figura 1. Usos del agua en México, donde se muestran los principales usos que se le dan al agua en el país y sus porcentajes.

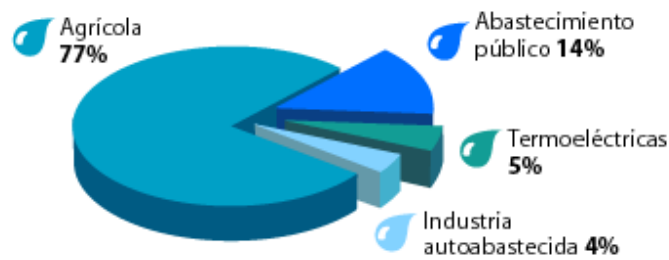


Fig. 1. Usos del agua en México.

Fuente: SEMARNAT. Estadísticas del agua en México 2011.

2.2. Desarrollo económico y social del municipio de Cajeme.

2.2.1 Ubicación.

El municipio se encuentra ubicado al sur del Estado de Sonora y se localiza entre los paralelos 27°06'57'' y 28°22'47'' de latitud norte y los meridianos 104°35'54'' de longitud oeste. La cabecera municipal es Ciudad Obregón, lugar donde se encuentra la mayor parte de la población y la mayor actividad económica; además de contar con cinco comisarias ubicadas en Esperanza, Cócorit, Providencia, Pueblo Yaqui y Marte R. Gómez.

El municipio de Cajeme representa el 1.7% de la superficie del Estado y un 0.17% del territorio nacional.

2.2.1.1 Colindancias.

Al norte colinda con el municipio de Suaqui Grande, al noreste con Ónavas, al este con Rosario y Quiriego, al sureste con Navojoa, Etchojoa y Benito Juárez, al oeste y suroeste con Bácum, al noroeste con Guaymas y al sur con el Mar de Cortés (Golfo de California).

2.2.2 Desarrollo de Ciudad Obregón.

El crecimiento económico y poblacional fue impulsado, durante los primeros años de este siglo, por el inicio de operaciones de grandes compañías colonizadoras, como la Richardson Construction Company, que habilitaran amplias extensiones de terreno para cultivo. Un segundo impulso para el crecimiento de Ciudad Obregón lo constituyó la construcción de la presa Alvaro Obregón (Oviachic), a mediados de la década de los cuarenta, que daría origen al actual distrito de riego del Río Yaqui.

El crecimiento histórico del área urbana había mantenido hasta hace pocos años una tendencia de concentración hacia el sur, a partir de la calle 300, calle 400, calle 450 y finalmente hasta la calle 500. El desarrollo urbano que se produjo hacia esa parte de la ciudad se dio en forma poco ordenada, quedando grandes predios baldíos intra urbanos, entre el área urbana y los nuevos desarrollos.

En los últimos años, esta tendencia de crecimiento al sur se ha visto frenada, al mismo tiempo que la ciudad ha experimentado un fuerte crecimiento hacia la parte oriente, norte y noreste; la ocupación de los grandes baldíos en el sur, se ha seguido presentando, en forma paulatina. La ciudad también ha crecido hacia el poniente aunque en menores proporciones que hacia los puntos antes mencionados.

Sobre la carretera que comunica con la ciudad de Navojoa, el crecimiento ha adquirido el uso de actividades productivas secundarias conformadas por el tradicional Parque Industrial de Ciudad Obregón y el corredor que se extiende sobre las laterales de la carretera.

La ocupación del suelo hacia el norte y sureste de la misma se ha dado sobre terrenos de uso agrícola e históricamente en algunos puntos el desarrollo urbano estuvo limitado por el régimen de propiedad ejidal, la cual circunda en su mayoría el área urbana de Ciudad Obregón. Los límites del área urbana colinda al norte con el Ejido Tepeyac, al sur por los ejidos Alvaro Obregón y Cajeme, al oriente por el Ejido Cajeme y al poniente por los ejidos Cócorit, Providencia y Tepeyac.

2.2.3 Usos del suelo.

Ciudad Obregón tiene una superficie de 4,376 Has. De acuerdo con los usos de suelo, este se distribuye de la siguiente manera:

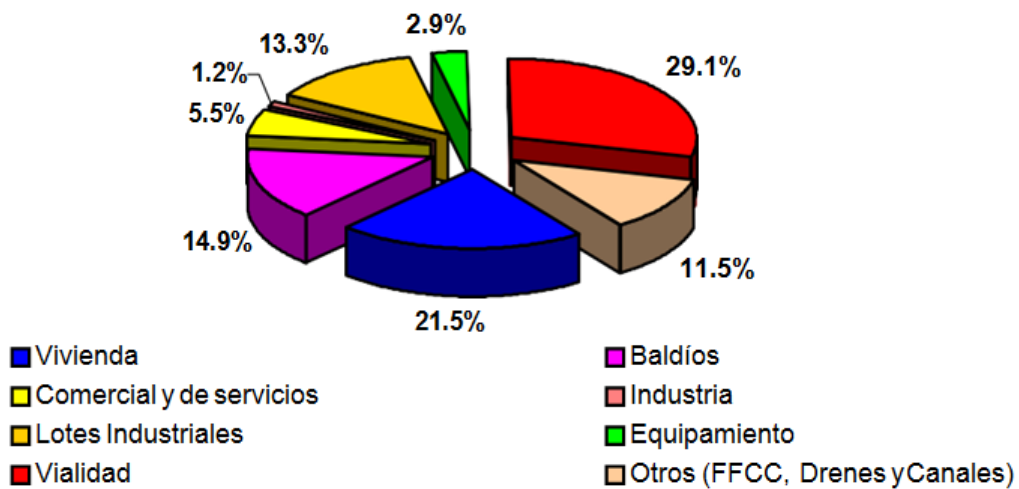


Fig. 2 Usos del suelo.

Fuente: Programa de desarrollo del área urbana de Ciudad. Obregón, Esperanza, Cocorit y Providencia. H. Ayuntamiento de Cajeme. 2000.

2.2.3.1 Uso habitacional.

Este uso es el predominante en el centro de población ya que abarca en conjunto 943 hectáreas, lo que representa el 21.5 % del total. La vivienda de tipo residencial o alta se encuentra ubicada mayoritariamente al norte de la ciudad; en el área central se localiza la zona habitacional de tipo medio y en el sur se observa una mezcla de vivienda baja y precaria, así como áreas subutilizadas, actualmente destinadas al cultivo, pero que se encuentran en el interior del área urbana actual.

2.2.3.2 Tipos de fraccionamientos.

Fraccionamientos habitacionales de baja densidad.

Son fraccionamientos de un nivel socio-económico alto. Por lo regular, y de forma paralela al Reglamento de Construcción, cuentan con un reglamento interno que rige ciertos aspectos de seguridad, tránsito e incluso construcción.

Fraccionamientos habitacionales de densidad media baja y media alta.

Por las dimensiones de los lotes, estos fraccionamientos cuentan con viviendas que tienen espacios más amplios que los mínimos requeridos por la Ley.

Fraccionamientos habitacionales de alta densidad.

Quizá sea el tipo de fraccionamiento más común y con mayor crecimiento en la actualidad, ya que aunque maneja espacios de medidas mínimas, la dimensión de los terrenos les permite contar con más espacios y condiciones de vivienda para la clase media; es muy común entre los trabajadores que tienen acceso a un crédito INFONAVIT O FOVISSTE.

2.3. Infraestructura urbana.

2.3.1 Sistema de agua potable.

La principal fuente de abastecimiento de agua para Ciudad Obregón es de tipo superficial, mediante la captación de los escurrimientos del río Yaqui en la presa Alvaro Obregón (Oviachic), que tiene una capacidad total de 300 millones de metros cúbicos, conducida hacia la ciudad a través de los canales principales Bajo y Alto. Además, se cuenta con aprovechamiento subterráneo, correspondiente a la aportación de agua proveniente de 6 pozos, localizados dentro de la ciudad y que sólo se utilizan para casos de emergencia, con un gasto de 285 Lps.

Las fuentes de abastecimiento superficiales son integradas por 5 plantas potabilizadoras, de las cuales las No.1, No.2 y Villa Bonita están localizadas en la margen izquierda del Canal Bajo, al norte de la ciudad, dentro del área urbana; y No.3 y No.4, en la margen derecha del Canal Alto, al sureste, en la periferia de la ciudad.

Referente a la regulación, para operar las plantas potabilizadoras se cuenta con 3 tanques de concreto armado cuya capacidad conjunta es de 20,000 m³; los pozos profundos tienen tanques elevados con capacidad total de 1,900 m³.

2.3.2 Componentes de un sistema de agua potable.

2.3.2.1 Fuente de abastecimiento.

La red de abastecimiento de agua potable es un sistema de obras de ingeniera, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural relativamente densa, el agua potable. (Angarita y Meléndez s. f.)

Un sistema de abastecimiento de agua está formado esencialmente por: la fuente de agua y su obra de captación, obras de conducción o transporte, almacenamiento, tratamiento y distribución.

Las fuentes de abastecimiento por lo general deben ser permanentes y suficientes, cuando no son suficientes se busca la combinación de otras fuentes de abastecimiento para suplir la demanda o es necesaria su regulación. En cuanto a su presentación en la naturaleza, pueden ser fuentes superficiales (ríos, lagos, mar) o subterráneas (acuíferos).

La captación de aguas de fuentes superficiales, sean ríos, lagos e incluso el mar deben llevar obras de captación adaptadas a las condiciones y características de la masa de agua a captar.

La regulación de las aguas nos permite disponer de este en casi todo momento, sea la estación que sea y sin importar las variaciones de la demanda. Para lograr la regulación se debe almacenar el agua de diferentes maneras como: tanques compensadores, presas, etc. (Angarita y Meléndez s. f.)

2.3.2.2 Línea de conducción.

Se entiende por línea de conducción al tramo de tubería que transporta agua desde la captación hasta la planta potabilizadora, o bien hasta el tanque de regularización, dependiendo de la configuración del sistema de agua potable. (Universidad de las Américas Puebla, s. f.)

2.3.2.3 Obra de regulación.

Es la estructura del sistema de abastecimiento de agua en la que se realiza un cambio de régimen, pasando de uno constante en la aportación a uno variable en el consumo. Esta función se realiza

de la siguiente manera, el suministro de agua es continuo durante las 24 horas del día, en tanto que el consumo en la población es variable, por lo tanto en esta estructura se almacena agua en las horas de bajo consumo, misma que se utiliza en las horas de alto consumo. (Jiménez J. s. f.).

Los tanques se dividen en superficiales y elevados y también tienen las siguientes funciones, proporcionar presión a la red de distribución, por lo que su localización debe ser generalmente en una parte alta con lo que se garantiza una buena carga hidráulica, a su vez como una función adicional, en él se le inyecta gas cloro o se le adicionan al agua pastillas de hipoclorito para desinfectarla. La capacidad del tanque de regularización, se obtiene por medio del gasto máximo diario multiplicándolo por el coeficiente de regularización, por lo que en las grandes localidades es a veces necesario construir varios tanques con la finalidad de tener el volumen requerido, y a su vez, en sitios de topografía accidentada disminuir presiones en la red. Para localidades pequeñas el volumen del tanque se calculará para el consumo de la población únicamente, en localidades mayores y turísticas se deberá considerar un volumen adicional para proporcionar el servicio a la población flotante, agua para combatir incendios, etc. (Jiménez J. s. f.).

2.3.3 Red de distribución.

El 14% del agua que se utiliza para abastecimiento público, llega a la población a través de una red de distribución. (CONAGUA, 2007).

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.

2.3.3.1 Esquemas básicos.

Los esquemas básicos o configuraciones se refieren a la forma en la que se enlazan o trazan las tuberías de la red de distribución para abastecer de agua a las tomas domiciliarias. Se tienen tres posibles configuraciones de la red: a) cerrada, b) abierta o c) combinada. (CONAGUA, 2007).

Antes de definir las posibles configuraciones de la red es conveniente definir qué es un circuito. Un circuito es un conjunto de tuberías conectadas en forma de polígono, donde el agua que parte de un punto puede volver al mismo después de fluir por las tuberías que lo componen. Cuando una red es cerrada (o tiene forma de malla), sus tuberías forman al menos un circuito (varios en el caso de la figura 3). La ventaja de diseñar redes cerradas es que en caso de falla, el agua puede tomar trayectorias alternas para abastecer una zona de la red. Una desventaja de las mismas es que no es fácil localizar las fugas.

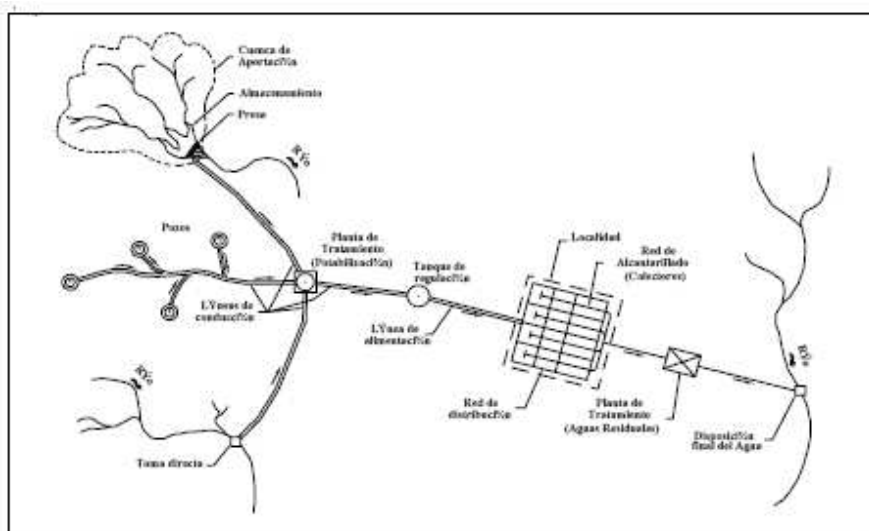


Fig. 3. Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA, 2007.

La red abierta se compone de tuberías que se ramifican sin formar circuitos (forma de árbol). Esta configuración de la red se utiliza cuando la planimetría y la topografía son irregulares dificultando la formación de circuitos o cuando el poblado es pequeño o muy disperso. Este tipo de red tiene desventajas debido a que en los extremos muertos pueden formarse crecimientos bacterianos y sedimentación; además, en caso de reparaciones se interrumpe el servicio más allá del punto de reparación; y en caso de ampliaciones, la presión en los extremos es baja.

En algunos casos es necesario emplear ramificaciones en redes cerradas, es decir, se presentan ambas configuraciones y se le llama red combinada.

Cabe destacar que la configuración de la red se refiere a la red primaria que es la que rige el funcionamiento de la red.

Pueden darse casos de redes abiertas con tuberías secundarias formando circuitos, sin embargo, la red se considera abierta.

2.3.2.2 Componentes de una red.

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

a) Tuberías: Se le llama así al conjunto formado por los tubos (conductos de sección circular) y su sistema de unión o ensamble. Para fines de análisis se denomina tubería al conducto comprendido entre dos secciones transversales del mismo. (CONAGUA, 2007).

La red de distribución está formada por un conjunto de tuberías que se unen en diversos puntos denominados nudos o uniones.

De acuerdo con su función, la red de distribución puede dividirse en: red primaria y red secundaria. A la tubería que conduce el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde inicia su distribución se le conoce como línea de alimentación, y se considera parte de la red primaria.

La división de la red de distribución en red primaria o secundaria dependerá del tamaño de la red y de los diámetros de las tuberías. De esta forma, la red primaria se constituye de los tubos de mayor diámetro y la red secundaria por las tuberías de menor diámetro, las cuales abarcan la mayoría de las calles de la localidad. Así, una red primaria puede ser una sola tubería de alimentación o cierto conjunto de tuberías de mayor diámetro que abarcan a toda la localidad.

b) Piezas especiales: Son todos aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de tuberías de diferente material o diámetro, y terminales de los conductos, entre otros.

A las piezas o conjuntos de accesorios especiales con los que, conectados a la tubería, se forman deflexiones pronunciadas, cambios de diámetro, derivaciones y ramificaciones se les llama cruceros. También permiten el control del flujo cuando se colocan válvulas.

c) Válvulas: Son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en las tuberías. Pueden ser clasificadas de acuerdo a su función en dos categorías:

1) Aislamiento o seccionamiento, las cuales son utilizadas para separar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tuberías, bombas y dispositivos de control con el fin de revisarlos o repararlos; y

2) Control, usadas para regular el gasto o la presión, facilitar la entrada de aire o la salida de sedimentos o aire atrapados en el sistema.

d) Hidrantes: Se le llama de esta manera a una toma o conexión especial instalada en ciertos puntos de la red con el propósito de abastecer de agua a varias familias (hidrante público) o conectar una manguera o una bomba destinados a proveer agua para combatir el fuego (hidrante contra incendio). (CONAGUA, 2007).

e) Tanques de distribución: Un tanque de distribución es un depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente. El almacenamiento permite regular la distribución o simplemente prever fallas en el suministro, aunque algunos tanques suelen realizar ambas funciones.

Se le llama tanque de regulación cuando guarda cierto volumen adicional de agua para aquellas horas del día en que la demanda en la red sobrepasa al volumen suministrado por la fuente. La mayor parte de los tanques existentes son de este tipo.

f) Tomas domiciliarias: Una toma domiciliaria es el conjunto de piezas y tubos que permite el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, así como la instalación de un medidor. Es la parte de la red que demuestra la eficiencia y calidad del sistema de distribución pues es la que abastece de agua directamente al consumidor.

2.3.3.3 División de una red de distribución.

Una red de distribución se divide en dos partes para determinar su funcionamiento hidráulico: la red primaria, que es la que rige el funcionamiento de la red, y la red secundaria o "de relleno". (CONAGUA, 2007).

La red primaria permite conducir el agua por medio de líneas troncales o principales y alimentar a las redes secundarias.

Se considera que el diámetro mínimo de las tuberías correspondientes a la red primaria es de 100 mm. Sin embargo, en colonias urbanas populares se puede aceptar de 75 mm y en zonas rurales hasta 50 mm, aunque en grandes urbes se puede aceptar a partir de 500 mm.

La red secundaria distribuye el agua propiamente hasta las tomas domiciliarias. Existen tres tipos de red secundaria:

a) Red secundaria convencional: En este tipo de red los conductos se unen a la red primaria y funcionan como una red cerrada. Se suelen tener válvulas tanto en las conexiones con la red primaria como en los cruces de la secundaria. En la figura 4 se muestra este tipo de red, así como algunas de sus características.

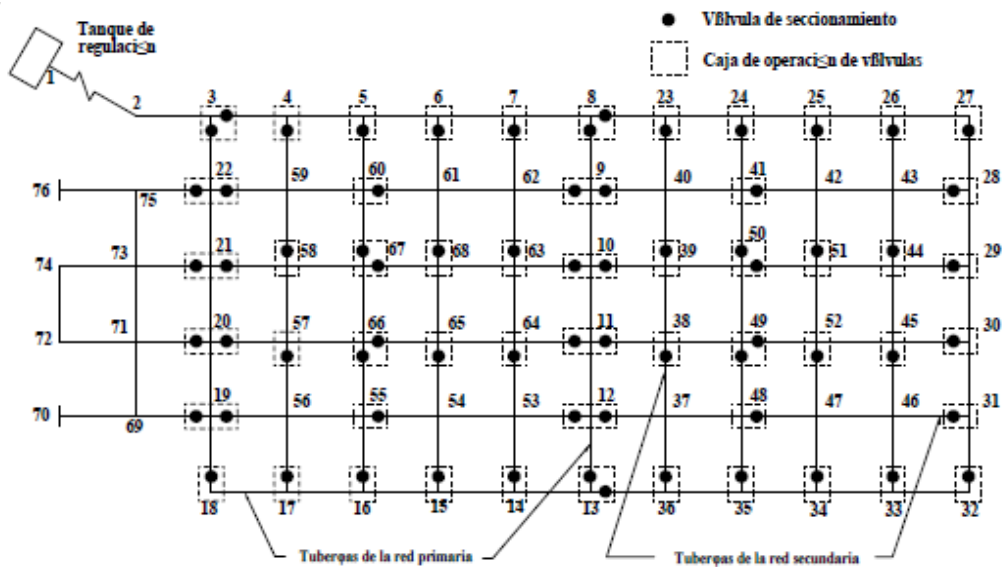


Fig. 4. Red secundaria convencional.

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA, 2007.

b) Red secundaria en dos planos: En una red de este tipo, las tuberías se conectan a la red primaria en dos puntos opuestos cuando la red está situada en el interior de los circuitos, o bien en un solo crucero de las tuberías primarias en los casos de líneas exteriores a ellos (funcionando como líneas abiertas). Su longitud varía entre 400 y 600 m, en función al tamaño de la zona a la que se le da el servicio. En este tipo de red las tuberías que se cruzan no necesariamente se unen tal como se muestra en la figura 5.

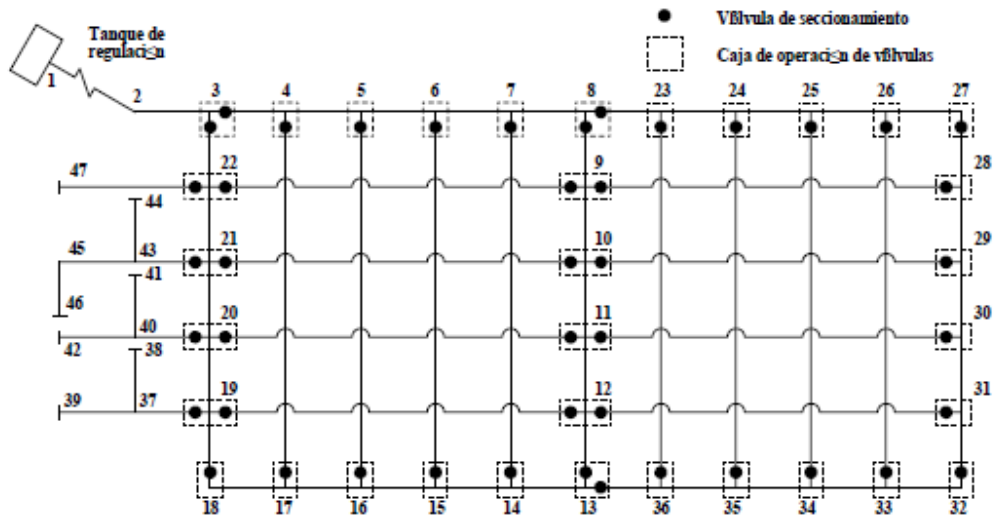


Fig. 5. Red secundaria en dos planos.

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA, 2007.

c) Red secundaria en bloques: En este caso las tuberías secundarias forman bloques que se conectan con la red primaria solamente en dos puntos y la red principal no recibe conexiones domiciliarias. La longitud total de las tuberías secundarias dentro de un bloque normalmente es de 2,000 a 5,000 m. A su vez, la red secundaria dentro de un bloque puede ser convencional (figura 6) o en dos planos (figura 7). (CONAGUA, 2007).

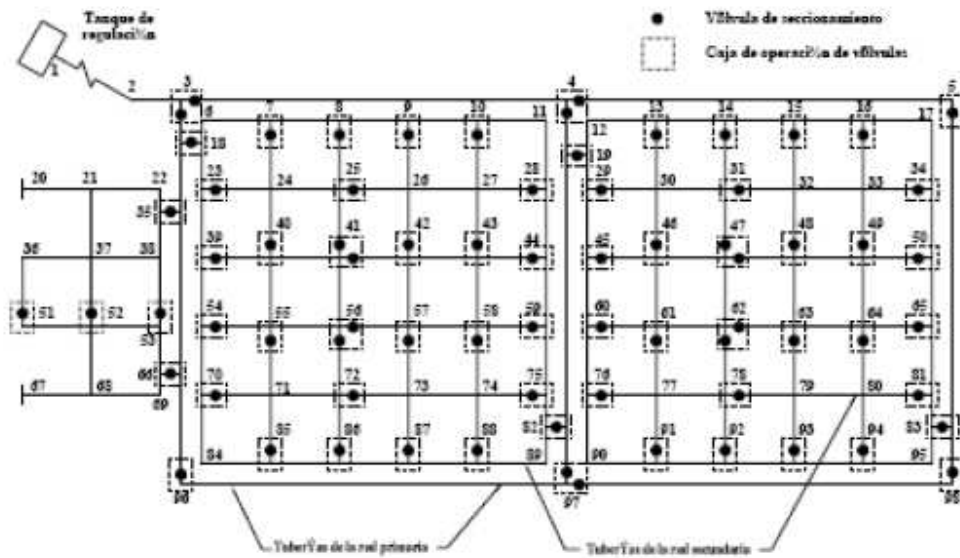


Fig. 6. Red secundaria convencional en bloques.

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA, 2007.

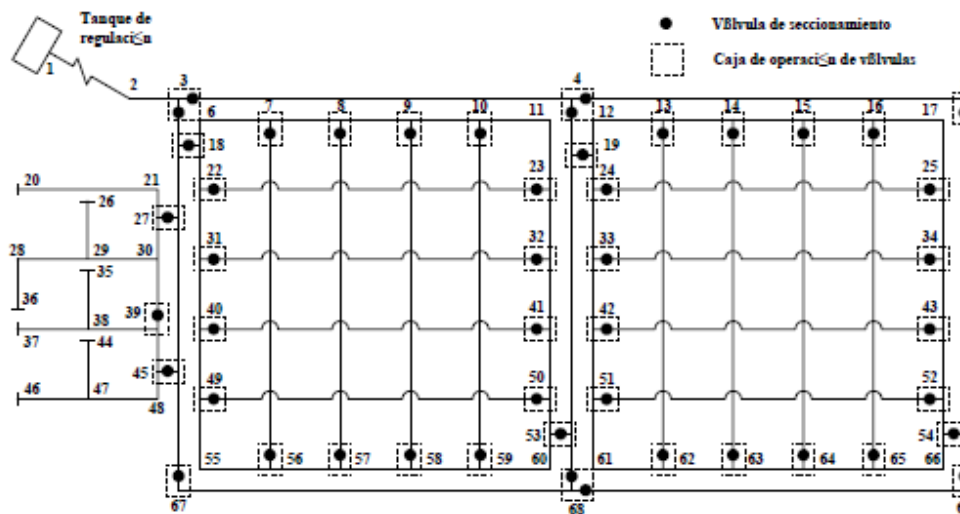


Fig. 7. Red secundaria en bloques y en dos planos.

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA, 2007.

El tipo de red secundaria comúnmente recomendado es el de bloques y en dos planos dentro del bloque, debido a que tiene las siguientes ventajas:

a) De proyecto:

- El cálculo de revisión de la red es más sencillo.
- La distribución de las demandas para el cálculo hidráulico de la red primaria se simplifica notablemente debido a que la alimentación de los bloques se realiza de manera concentrada en dos puntos de cada uno de los bloques.
- El modelo del cálculo hidráulico es más preciso debido a que no hay consumos en ruta en las tuberías principales.
- Economía de tiempo horas-hombre al disminuir el número de cruceros por diseñar, en comparación con una red convencional.

b) De construcción:

- La instalación de las tuberías secundarias se realiza en forma más rápida, puesto que no se tienen cruceros, ni cajas de operación de válvulas dentro de la red secundaria.
- Las pruebas de presión hidrostática se facilitan.

c) De operación, mantenimiento y control de fugas:

- Menor número de válvulas a operar y mantener.
- Como cada tubería secundaria se alimenta mediante uno o dos puntos, se facilita notablemente la operación de la red en las labores de corrección de fugas y en la conexión de tomas nuevas.

- Un establecimiento natural de zonas de presión.

- Facilidades para hacer mediciones del consumo en la red. Éstas son utilizadas para la ejecución de estudios de fugas no visibles.

- Posibilidad de sustituir, reforzar o rehabilitar redes primarias afectando a un menor número de usuarios.

d) En costos de inversión:

- Economía en el suministro e instalación de piezas especiales debido al menor número de válvulas de seccionamiento.

- El número de cajas de operación disminuye y se logra mayor economía por este concepto.

2.3.3.4 Formas de distribución.

El agua se distribuye a los usuarios en función de las condiciones locales de varias maneras:

a) Por gravedad.

El agua de la fuente se conduce o bombea hasta un tanque elevado desde el cual fluye por gravedad hacia la población.

De esta forma se mantiene una presión suficiente y prácticamente constante en la red para el servicio a los usuarios. Este es el método más confiable y se debe utilizar siempre que se dispone de cotas de terreno suficientemente altas para la ubicación del tanque, para asegurar las presiones requeridas en la red (figura 8).

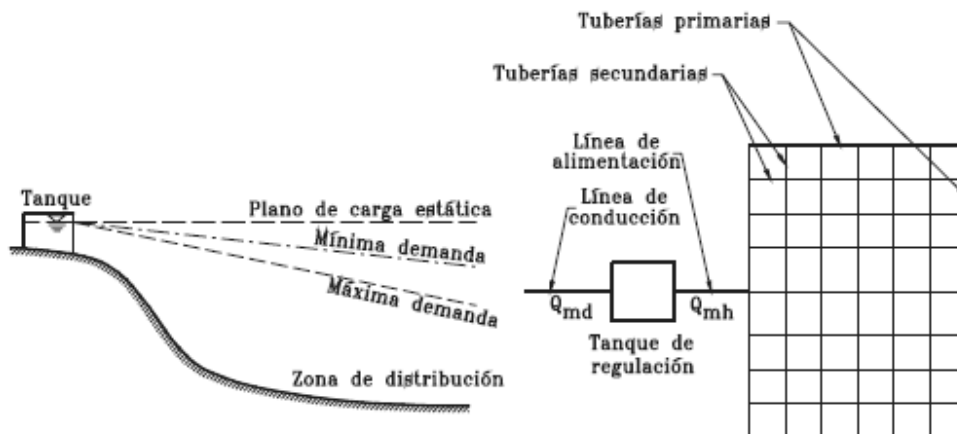


Fig. 8. Distribución por gravedad recomendada.

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA, 2007.

La tubería que abastece de agua al tanque (línea de conducción) se diseña para el gasto máximo diario Q_{md} y la tubería que inicia del tanque hacia el poblado (línea de alimentación) para el gasto máximo horario Q_{mh} en el día de máxima demanda. (CONAGUA, 2007).

b) Por bombeo.

El bombeo puede ser de dos formas:

b.1) Bombeo directo a la red, sin almacenamiento.

Las bombas abastecen directamente a la red y la línea de alimentación se diseña para el gasto máximo horario Q_{mh} en el día de máxima demanda. Este es el sistema menos deseable, puesto que una falla en el suministro eléctrico significa una interrupción completa del servicio de agua. Al variar el consumo en la red, la presión en la misma cambia también. Así, al considerar esta variación, se requieren varias bombas para proporcionar el agua cuando sea necesario. (CONAGUA, 2007).

Las variaciones de la presión suministrada por las bombas se transmiten directamente a la red, lo que puede aumentar el gasto perdido por las fugas.

b.2) Bombeo directo a la red, con excedencias a tanques de regulación.

En esta forma de distribución el tanque se ubica después de la red en un punto opuesto a la entrada del agua por bombeo, y las tuberías principales se conectan directamente con la tubería que une las bombas con el tanque. El exceso de agua bombeada a la red durante períodos de bajo consumo se almacena en el tanque, y durante períodos de alto consumo el agua del tanque se envía hacia la red, para complementar a la distribuida por bombeo.

La experiencia de operación en México ha mostrado que esta forma de distribución no es adecuada. En general, la distribución por bombeo se debe evitar en los proyectos y sólo podrá utilizarse en casos excepcionales, donde se pueda justificar.

c) Distribución mixta.

En este caso, parte del consumo de la red se suministra por bombeo con excedencias a un tanque del cual a su vez se abastece el resto de la red por gravedad (figura 9).

El tanque conviene ubicarlo en el centro de gravedad de la zona de consumo de agua.

Debido a que una parte de la red se abastece por bombeo directo, esta forma de distribución tampoco se recomienda.

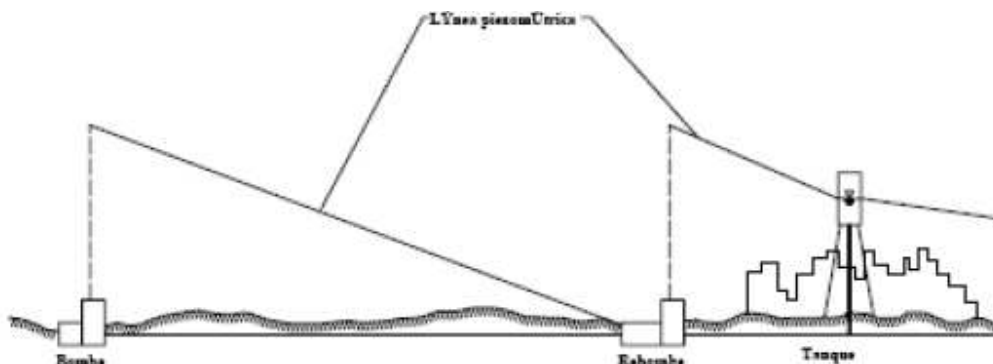


Fig. 9. Distribución mixta (no recomendable).

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA, 2007.

Una opción que puede resultar apropiada en poblaciones asentadas en terrenos planos consiste en modificar el esquema mostrado en la figura 2.8 para que el rebombeo alimente directamente al tanque elevado. La regulación se asegura con un tanque superficial de capacidad suficiente en el sitio de rebombeo, del cual se bombea al tanque elevado que puede ser de volumen pequeño. Para evitar el bombeo directo a la red no se permitirán conexiones o bifurcaciones de la tubería de alimentación que une el rebombeo con el tanque elevado. (CONAGUA, 2007).

2.4. Normatividad para el diseño de una red de agua potable.

2.4.1 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-013-CNA-2000, REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE - ESPECIFICACIONES DE HERMETICIDAD Y MÉTODOS DE PRUEBA.

Esta Norma Oficial Mexicana, establece las especificaciones y métodos de prueba, que debe cumplir la red de distribución de agua potable para garantizar su hermeticidad y estanquidad, con el fin de preservar el recurso hidráulico y evitar su contaminación.

Esta Norma Oficial Mexicana, es de observancia obligatoria para los concesionarios y asignatarios de aguas nacionales, así como para el organismo responsable de la prestación del servicio y/o dependencia local responsable de la ejecución del proyecto, de la instalación de redes de distribución de agua potable ya sean nuevas ampliaciones y/o rehabilitaciones y para los fabricantes de los elementos que la integran, de fabricación nacional y/o extranjera que se comercialicen dentro del territorio nacional.

2.4.2 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-CONAGUA-2011, SISTEMAS DE AGUA POTABLE, TOMA DOMICILIARIA Y ALCANTARILLADO SANITARIO HERMETICIDAD - ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA.

La presente Norma Oficial Mexicana tiene como objetivos:

- a. Establecer especificaciones mínimas de desempeño para los productos que integran los sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario, para asegurar la hermeticidad de éstos a largo plazo.
- b. Establecer las condiciones y métodos de prueba para asegurar una instalación hermética de los productos que integran los sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario.
- c. Establecer las condiciones de operación y mantenimiento para garantizar una vida útil suficiente de los sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario.

En nuestro caso de estudio, aplicaría el punto cinco (5) de esta norma, el cual dice lo siguiente:

“5. Especificaciones para los productos que integran los sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario”.

2.5. Diseño de una red de distribución.

2.5.1 Antecedentes.

Los programas de redes han evolucionado paralelamente a las computadoras, de tal forma, que un avance en el campo de la computación, es reflejado inmediatamente en los programas de redes. (CONAGUA, 2007).

El análisis del funcionamiento de redes de distribución se inició en 1936, cuando se publicó el método de Hardy Cross. Este método es un esquema numérico sistemático que permite el cálculo de gastos y presiones en una red de distribución. Dada su laboriosidad y susceptibilidad a errores humanos en redes complejas o de varios circuitos, se convirtió en una aplicación ideal durante la aparición de las computadoras.

Con la aparición de las primeras computadoras (grandes, costosas y poco potentes en comparación con las actuales) se desarrollaron los primeros programas de redes (1950), los cuales tuvieron un uso muy limitado debido a su accesibilidad. Las computadoras de esta época eran multiusuario y se manejaban a través de terminales.

En los 70's, los programas de redes presentaron importantes mejoras, tales como la posibilidad de simular todos los componentes del sistema de distribución, incluyendo estaciones de bombeo, válvulas reguladoras de presión y de retención, almacenamientos, así como la simulación dinámica o continua del sistema.

Finalmente, en los 80's y 90's han aparecido numerosos programas para el análisis de redes con mayores capacidades (número de tubos, circuitos o nudos), rutinas de simulación estática o dinámica, así como un mejor manejo de la base de datos (compatible con otros programas), gráficas, cálculos de costo de bombeo, diseño de redes y rutinas de dimensionamiento óptimo de tuberías. Así mismo, algunos programas han combinado las capacidades de manejo de mapas computarizados, bases de datos y análisis de la red, así como el análisis mejorado de la demanda contra incendio y el reporte de resultados en bases de datos.

2.5.2 Ventajas y desventajas entre los tres métodos de diseño.

En la tabla 2. Características de un software de diseño, se muestran las características de un software de diseño de redes de agua potable y cuáles de ellas están integradas en cada paquete.

Tabla 2. Características de un software de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

CARACTERÍSTICA	EPANET 2.0	CIVILCAD	WATERCAD
Análisis en estado estático.	X	X	X
Análisis en periodo extendido	X		X
Análisis de calidad	X		X
Análisis automatizado de flujo de incendio			X
Análisis de costos de energía	X		X
Manejo de múltiples escenarios	X		X
Controles lógicos simples	X	X	X
Controles lógicos compuestos	X		X
Módulo para esqueletización inteligente de modelos.			X
Curvas de energía del sistema.			X
Bombas de velocidad variable			X
Curvas de comportamiento de bombas	X		
Curvas de modulación	X		
Elemento hidrante		X	X
Elemento válvula de aislamiento/seccionamiento			X
Emisores y nodos dependientes de presión	X	X	X

Integración con AutoCAD	X	X	X
Gestión y manejo de bases de datos - sincronización con GIS, Access y Excel.			X
Creación de líneas de perfil, incluida línea de terreno.			X
Desarrollo aplicaciones y personalización.	X		X
Datos operativos de tanques (niveles, mezcla, etc.)	X	X	X
Capacidad de reportes y gráficos	X	X	X
Herramientas de animación.			X
Reportes estadísticos del sistema (min., máx., prom.)			X
Soporte técnico 7 días y actualizaciones periódicas		X	X

2.6. Presupuestación.

2.6.1 Qué es un presupuesto.

Es un plan de acción dirigido a cumplir una meta prevista, expresada en valores y términos financieros que, debe cumplirse en determinado tiempo y bajo ciertas condiciones previstas, este concepto se aplica a cada centro de responsabilidad de la organización. (Lozano, Bastos, Gonzaga y Lozano. (s. f.)).

2.6.2 Funciones de los presupuestos.

La principal función de los presupuestos se relaciona con el control financiero de la organización.

El control presupuestario es el proceso de descubrir qué es lo que se está haciendo, comparando los resultados con sus datos presupuestados correspondientes para verificar los logros o remediar las diferencias.

Los presupuestos pueden desempeñar tanto roles preventivos como correctivos dentro de la organización.

2.6.3 Características de los presupuestos.

Dado que el análisis de un costo es, en forma genérica la evaluación de un proceso determinado, sus características serán: (Suárez Salazar Carlos Javier. (2005)).

El análisis de costo es aproximado.

El no existir dos procesos constructivos iguales, el intervenir la habilidad personal del operario, y el basarse en condiciones promedio de consumos, insumos y desperdicios, permite asegurar que la evaluación monetaria del costo, no puede ser matemáticamente exacta.

El análisis de costo es específico.

Por consecuencia, si cada proceso constructivo se integra en base a sus condiciones periféricas de tiempo, lugar y secuencia de eventos, el costo no puede ser genérico.

El análisis de costo es dinámico.

El mejoramiento constante de materiales, equipos, procesos constructivos, técnicas de planeación, organización, dirección, control, incrementos de costo de adquisiciones, perfeccionamiento de sistemas impositivos, de prestaciones sociales, etc., nos permite recomendar la necesidad de una actualización constante de los análisis de costos.

El análisis de costo puede elaborarse inductiva o deductivamente.

Si la integración de un costo, se inicia por sus partes conocidas, si de los hechos inferimos el resultado, estaremos analizando nuestro costo inductivamente.

Si a través del razonamiento partimos del todo conocido, para llegar a las partes desconocidas, estaremos analizando nuestro costo deductivamente.

El costo esta precedido de costos anteriores y este a su vez es integrante de costos posteriores.

En la cadena de procesos que definen la productividad de un país, el costo de un concreto hidráulico por ejemplo, los costos de los agregados pétreos, el aglutinante, al agua para su hidratación, el equipo para su mezclado, etc., éste agregado a su vez, se integra de costos de extracción, de costos de explosivos, de costos de equipos, etc., y nuestro concreto hidráulico puede a su vez, ser parte de una columna y esta de una estructura, y esta de un conjunto de edificios y este de un plan de vivienda, etc.

Es por ello nuestro interés en la justa evaluación del proceso productivo, para que en la medida de nuestra intervención, hagamos comparativos a nivel nacional o internacional nuestro producto, consciente de nuestra responsabilidad como eslabones de esa cadena que sin ninguna mengua de su calidad, debe producir beneficios justos y por tanto, sanos desarrollos a nivel persona, familia, empresa y país. (Suárez Salazar Carlos Javier. (2005)).

Capítulo III

Método

3.1 Objeto de estudio.

El presente estudio consiste en determinar el presupuesto más económico de una red de agua potable, a través de comparar los resultados de tres software de diseño, que permita reducir los costos de construcción de dicha red.

3.2 Materiales.

En este estudio es necesario, como se mencionó anteriormente, el uso de software especializado en el diseño de redes de agua potable, los cuales serán, Epanet V.2.0, CivilCAD 2012 y WaterCAD V8i SS6, estos se utilizaran para modelar cada una de las redes propuestas.

Los planos de las redes de: la Primera Etapa del fraccionamiento Las Misiones, el sector comprendido entre las calles Lago Managua y Bordo Prieto entre calle Veracruz y calle 5 de Febrero, la siguiente red seria el fraccionamiento Villa Satélite, la red del fraccionamiento Alameda del Cedro II, también el sector comprendido entre calle Nainari y calle Cananea entre calle Quintana Roo y calle Sufragio Efectivo. Estos planos se utilizaran para el bosquejo de la red de agua potable.

El Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua del año 2007. El cual proporcionará las especificaciones necesarias para diseñar una red de distribución agua potable con las características que den cumplimiento en cuestión de servicio y calidad.

Para el presupuesto de cada resultado, se utilizará el programa Opus 2010.

Base de datos de precios unitarios propiedad del OOMAPASC. Dicha base de datos se utilizará para la elaboración de los presupuestos.

Es necesario el uso del programa AutoCAD 2012 para la visualización de las redes de agua potable, antes de introducir los datos en el programa de diseño de redes de agua potable.

3.3 Procedimiento.

El procedimiento para el diseño de redes de agua potable, está basado en los autores, Rossman Lewis A. (National Risk Management Research Laboratory) y Martínez Alzamora Fernando (Universidad Politécnica de Valencia), pero omitiendo el paso número tres, el cual consiste en incluir curvas de modulación o comportamiento y leyes de control, ya que para la finalidad de este trabajo, no es necesario.

1. Se dibujo un esquema de la red de distribución.

El modelo se compone de objetos físicos, los cuales aparecen representados sobre el esquema de la red, y objetos sin representación física, los cuales tienen información sobre el diseño y operación de la red.

2. Se editaron las propiedades de los objetos que configuran el sistema.

Fue necesario editar las propiedades de los objetos que pueden observarse sobre el esquema de la red, tales como nudos de caudal, embalses, tuberías, rótulos, etc., para que el escenario fuera lo más parecido a la realidad.

3. Se describió el modo de operación del sistema.

En algunos casos es necesario incluir curvas de modulación o curvas de comportamiento y leyes de control, para poder calibrar la red y que los resultados que esta arroje, sean acordes a lo que sucede en la realidad.

4. Selección de opciones de cálculo.

En este caso se utilizaron las opciones hidráulicas, que incluyen: unidades de caudal, fórmula de pérdidas, viscosidad relativa, factor de demanda, etc.

5. Se realizó el análisis hidráulico.

Una vez que se introdujeron todos los datos necesarios para el cálculo de una red hidráulica, se llevo a cabo el análisis hidráulico.

6. Revisión de los resultados del análisis con los criterios de aceptación de la CONAGUA.

En este punto fue donde se vieron los resultados del análisis, así como los datos básicos que configuran la red. Entre los resultados se encuentran los mapas, gráficos de evolución, las tablas numéricas y los informes especiales.

Hasta este punto concuerda el procedimiento con el de los autores mencionados anteriormente, a partir de aquí el procedimiento es inédito, ya que es la primera vez que se hace un análisis como este.

7. Los resultados obtenidos, para cada una de las redes, se presupuestaron con el programa Opus 2010 y los precios unitarios de la base de datos del OOMAPASC.

En este punto se utilizó la base de datos de precios unitarios del organismo operador, para hacer un presupuesto de cada uno de los resultados de los tres software de diseño, para cada una de las cinco redes de distribución.

La investigación de los costos de mano de obra, precios de tubería, excavación, relleno, acostillado, acarreos, piezas especiales, etc., fue hecha con anterioridad por el área de Proyectos del OOMAPASC, la cual se actualiza constantemente. Es por ello que se decidió hacer uso de dicha base de datos en este estudio.

8. Con los montos obtenidos para cada esquema, se determinó cuál de los tres software es el más recomendable para el diseño de redes de agua potable.

Con los resultados obtenidos, se hizo una tabla comparativa, donde se expone el programa correspondiente y el monto necesario para construir la red de distribución que dicho programa calcule. Esto mismo para las cinco redes.

El criterio para determinar cual programa es el más conveniente de usar en la región, fue el que más repeticiones tuvo como el más económico de construir.

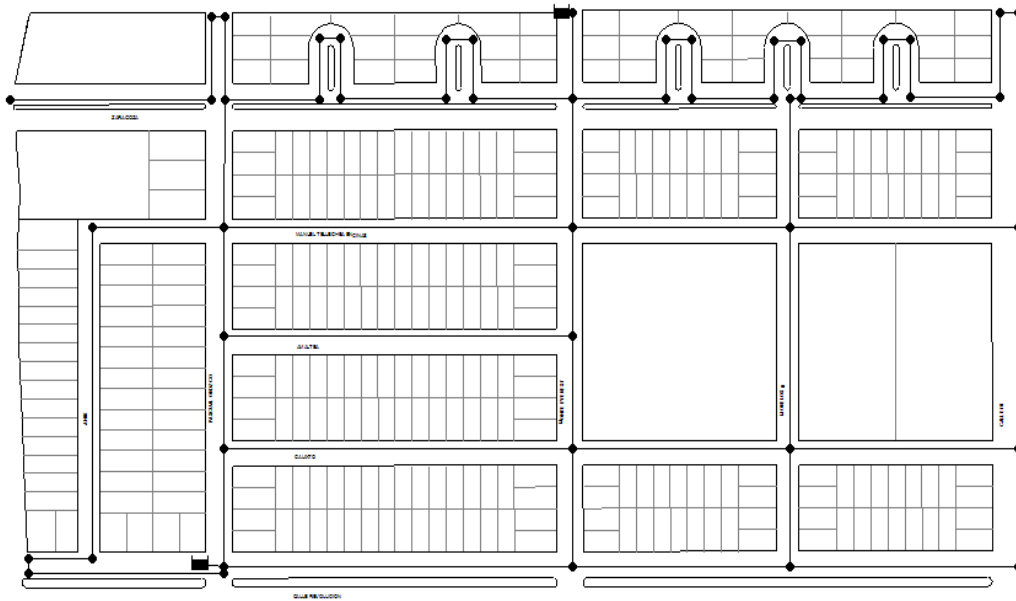


Fig. 4.2 Esquema de la red del sector Oriente.

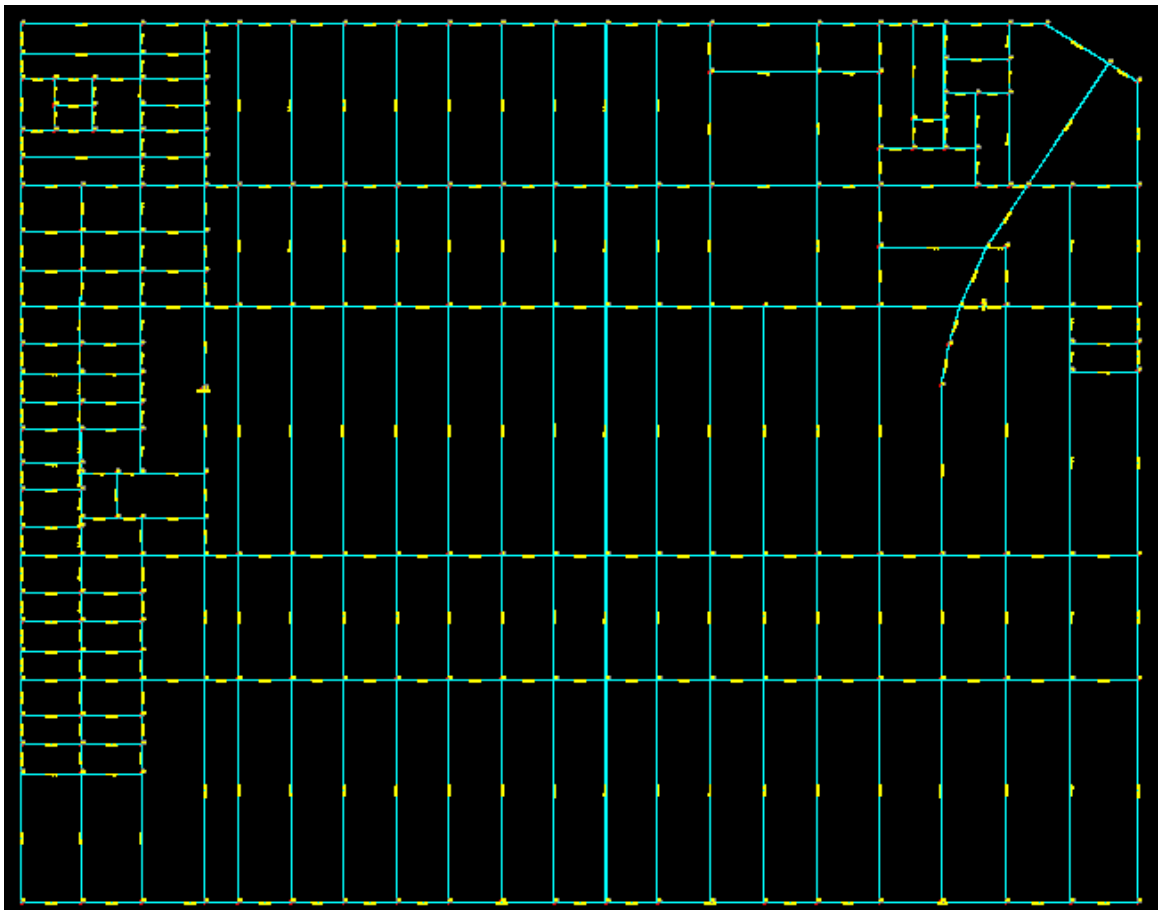


Fig. 4.3 Esquema de la red del sector Centro-Norte.

4.2 Propiedades de los objetos que configuran los sistemas editados.

Las imágenes que se muestran a continuación son un ejemplo ilustrativo de lo que se hizo para las cinco redes que conforman el estudio.

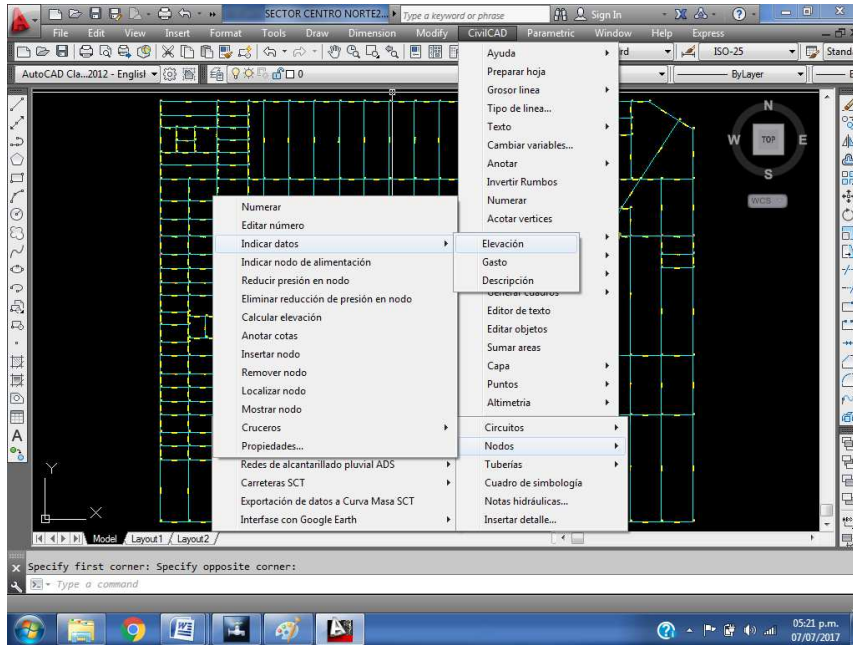


Fig. 4.4 Propiedades en los nudos.

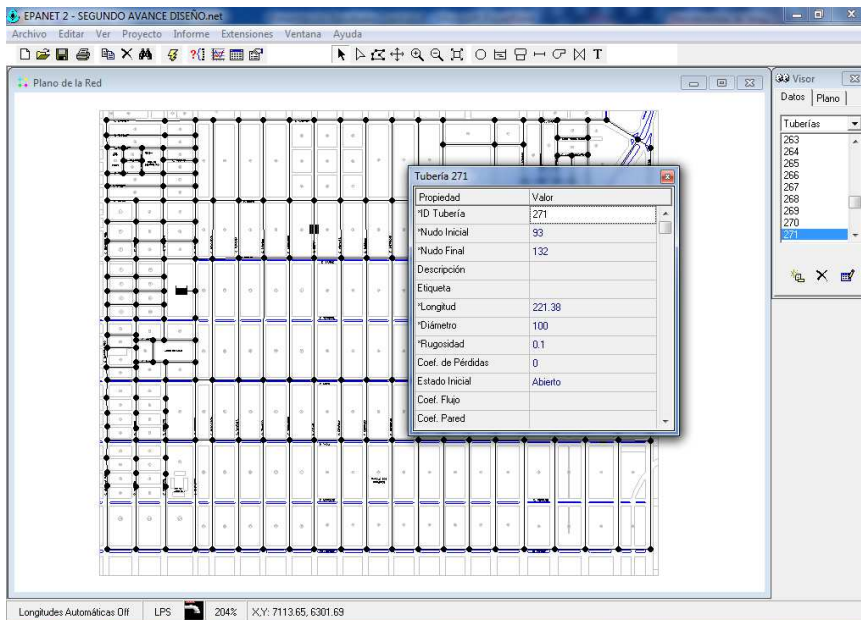


Fig. 4.5 Propiedades en las líneas.

4.3 Modo de operación del sistema descrito.

En este caso no se requiere incluir curvas de modulación o curvas de comportamiento, ya que para la finalidad del estudio no es necesario.

4.4 Opciones de cálculo seleccionadas.

En este apartado se decidió trabajar con la ecuación de pérdidas de Manning y las unidades en litros por segundo, los otros factores no se movieron, ya que son base para el diseño. Las imágenes 4.6 y 4.7 representan este paso en el programa WaterCAD y Epanet, respectivamente.

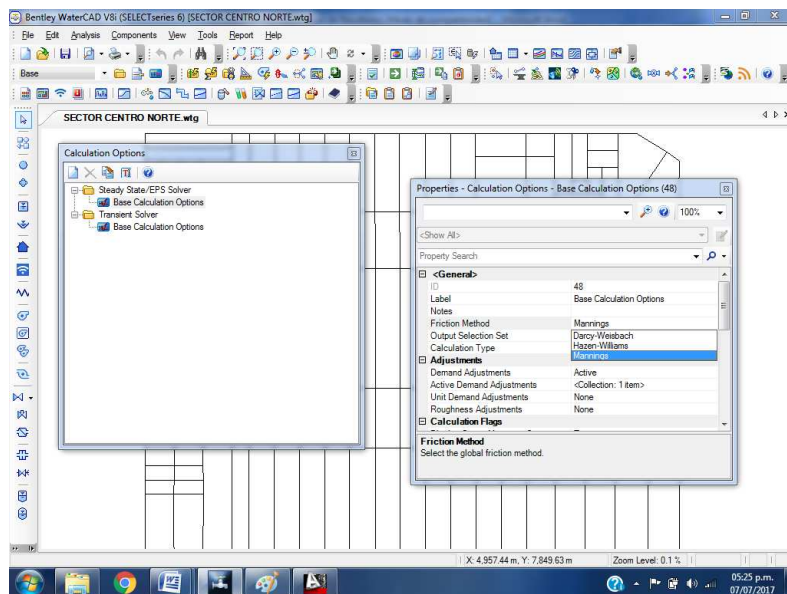


Fig. 4.6 Opciones de cálculo WaterCAD.

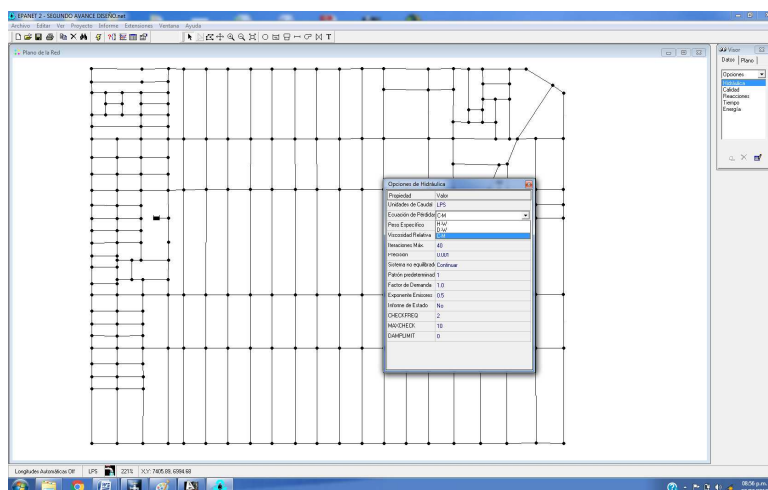


Fig. 4.7 Opciones de cálculo Epanet.

4.5 Análisis hidráulico realizado.

La siguiente imagen es ilustrativa y representa lo que se hizo con el conjunto de las cinco redes. Donde se muestra la pantalla que arroja el programa cuando el análisis hidráulico es correcto. Esto es representado por las siguientes imágenes.

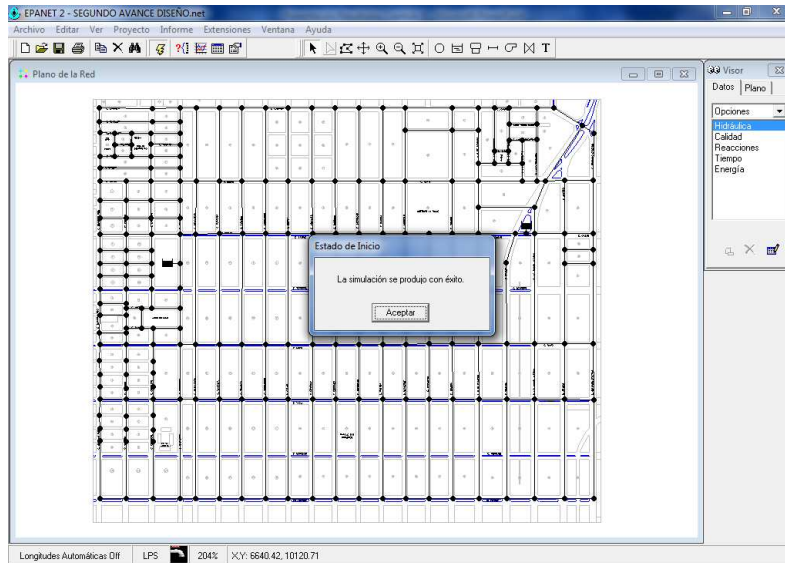


Fig. 4.8 Simulación Epanet.

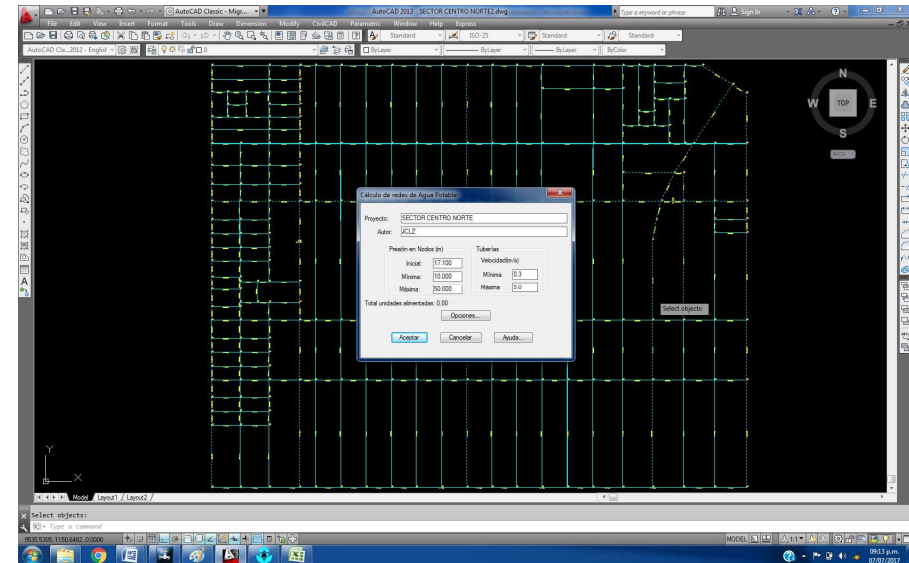


Fig. 4.9 Simulación CivilCAD.

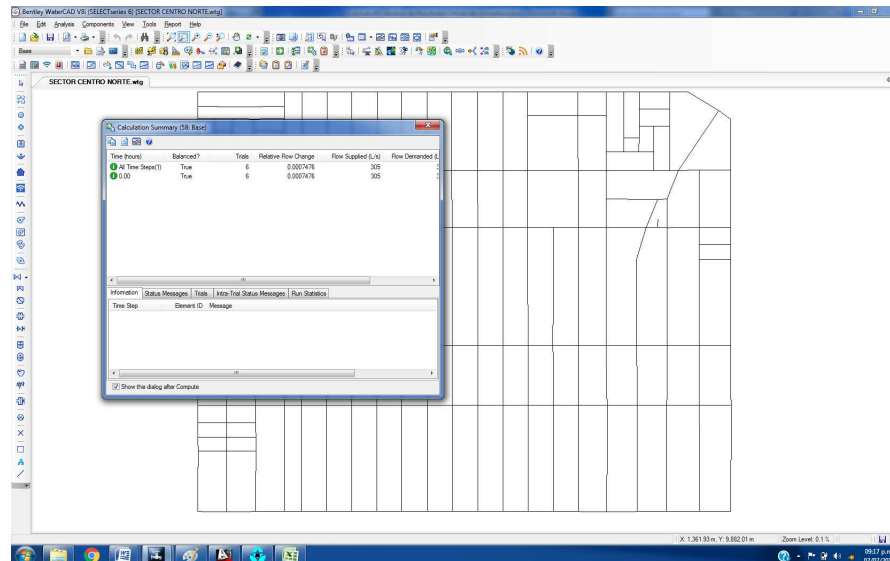


Fig. 4.10 Simulación WaterCAD.

4.6 Revisión de los resultados del análisis con los criterios de aceptación de la CONAGUA.

Las siguientes imágenes son el resultado de las simulaciones hechas con el programa Epanet 2.0. Sólo se pondrá una imagen para visualizar el resultado, pero esto mismo es para las cinco redes.

Resultados de Epanet: Las siguientes imágenes representan los resultados que se obtuvieron para cada criterio, con el programa antes mencionado.

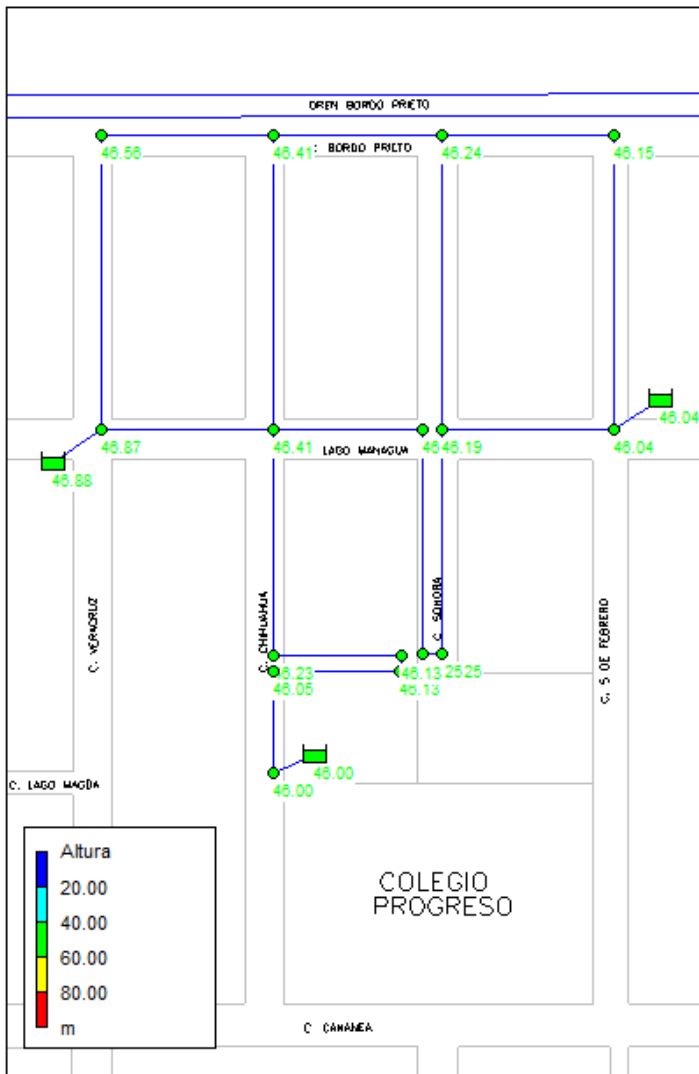


Fig. 4.11 Altura.

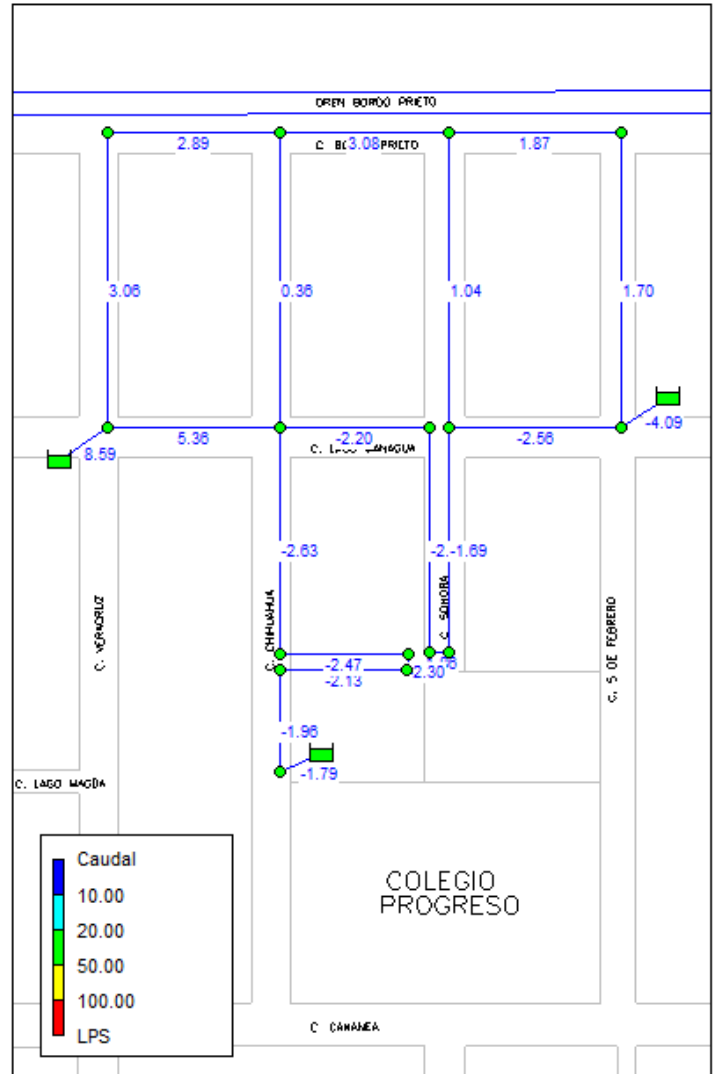


Fig. 4.12 Caudal.

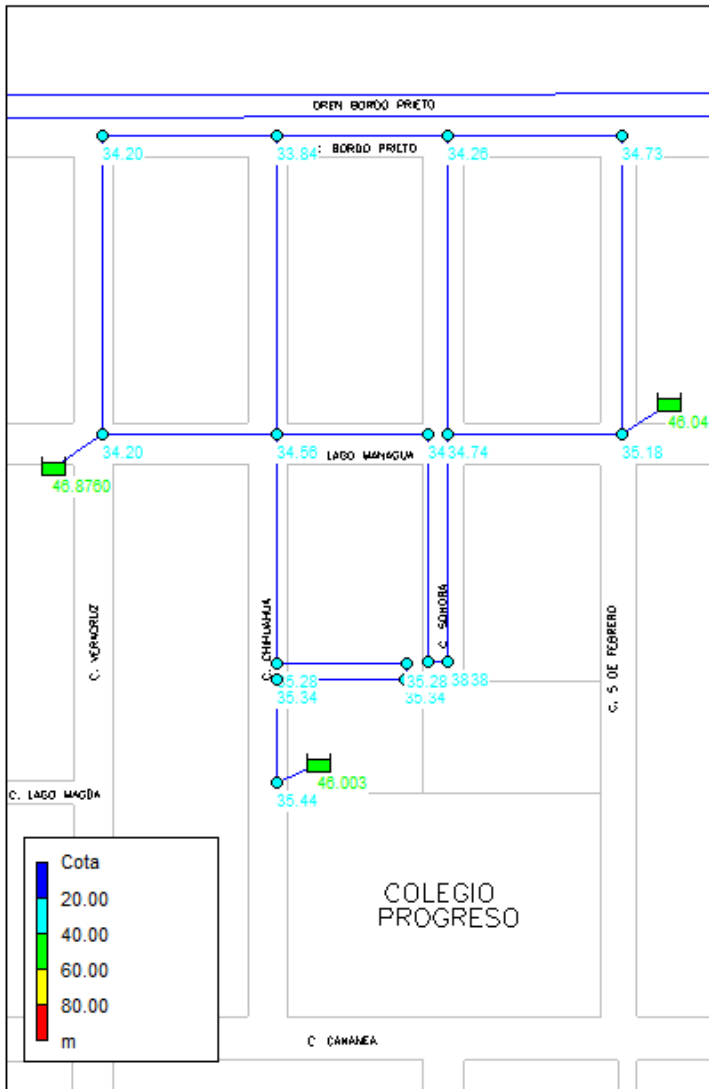


Fig. 4.13 Cota.

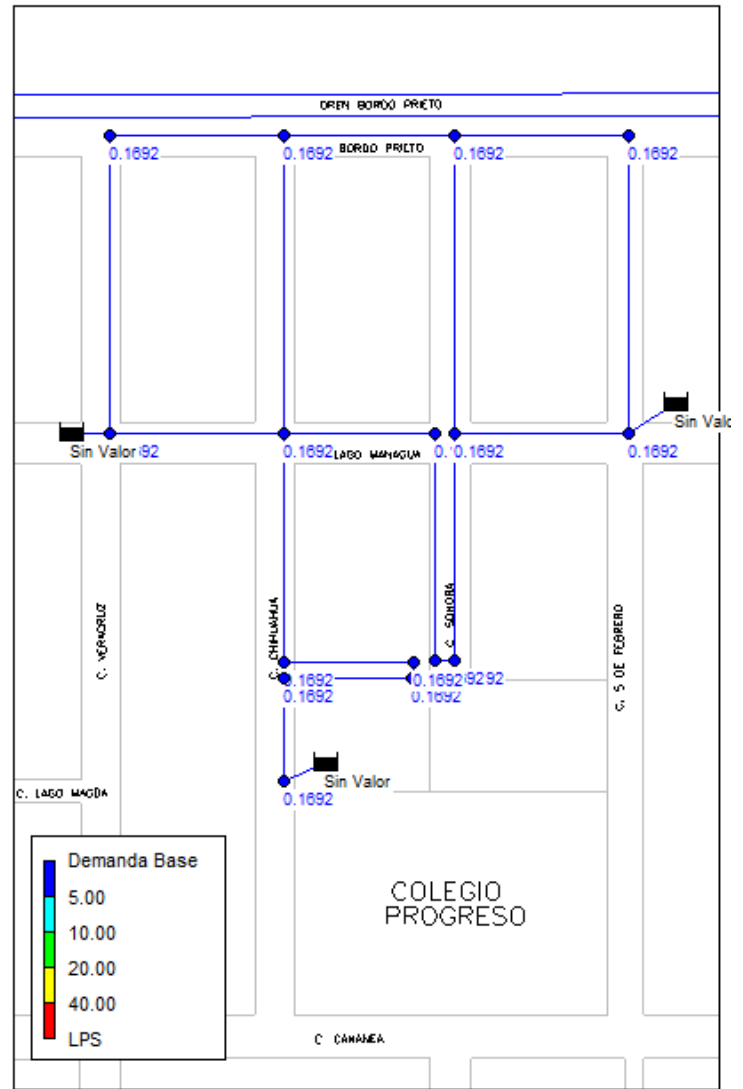


Fig. 4.14 Demanda.

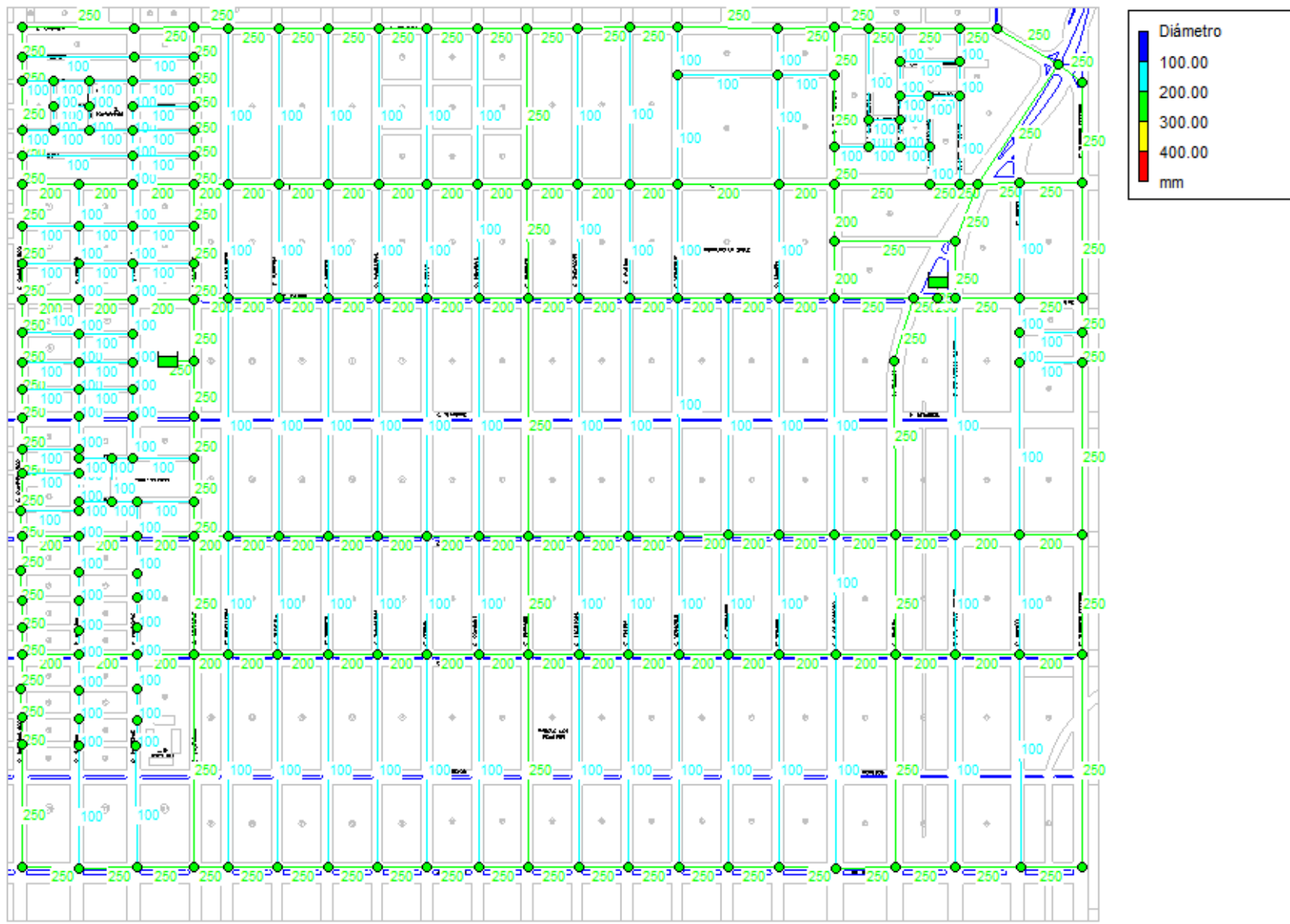


Fig. 4.15 Diámetros.

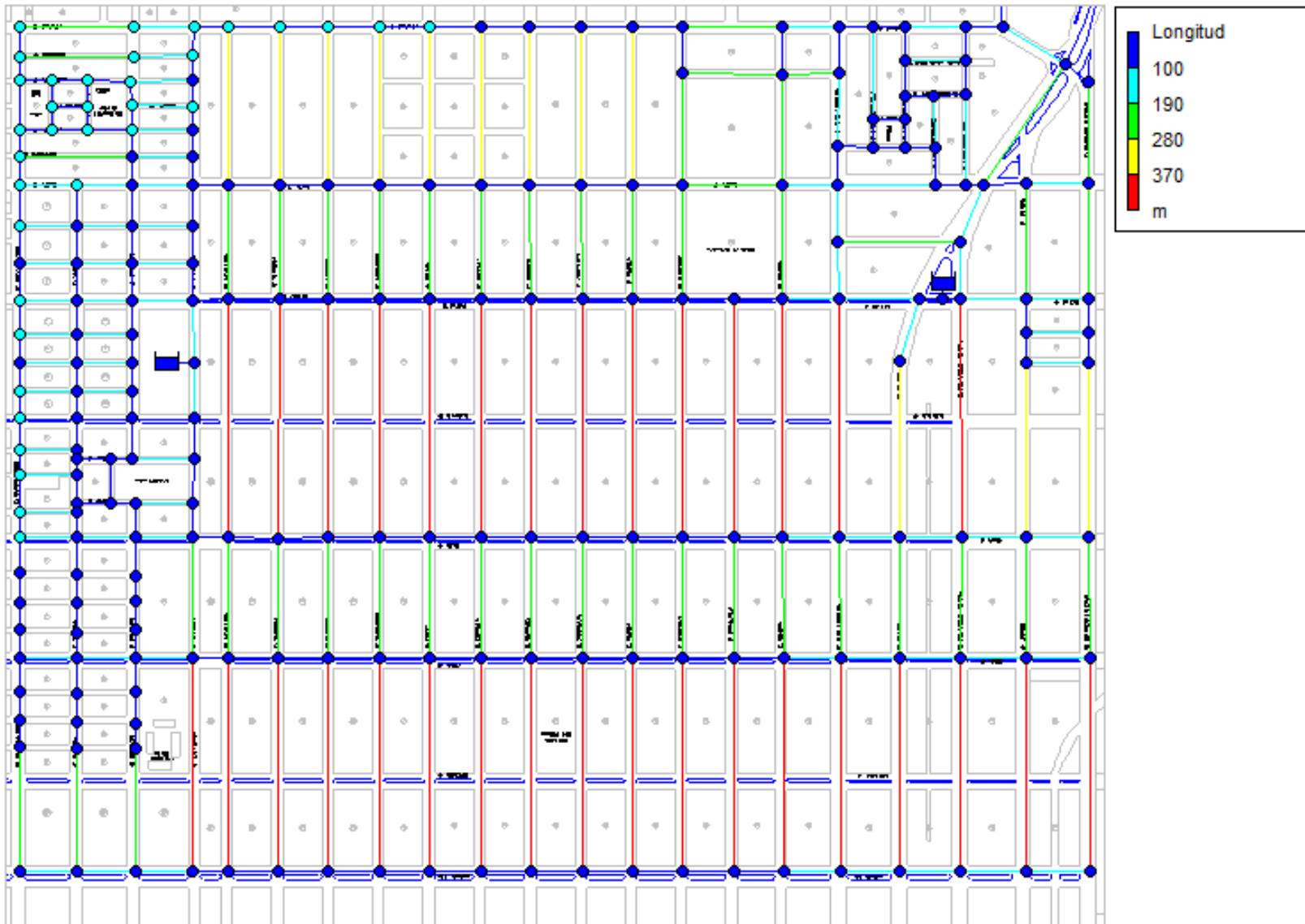


Fig. 4.16 Longitudes.

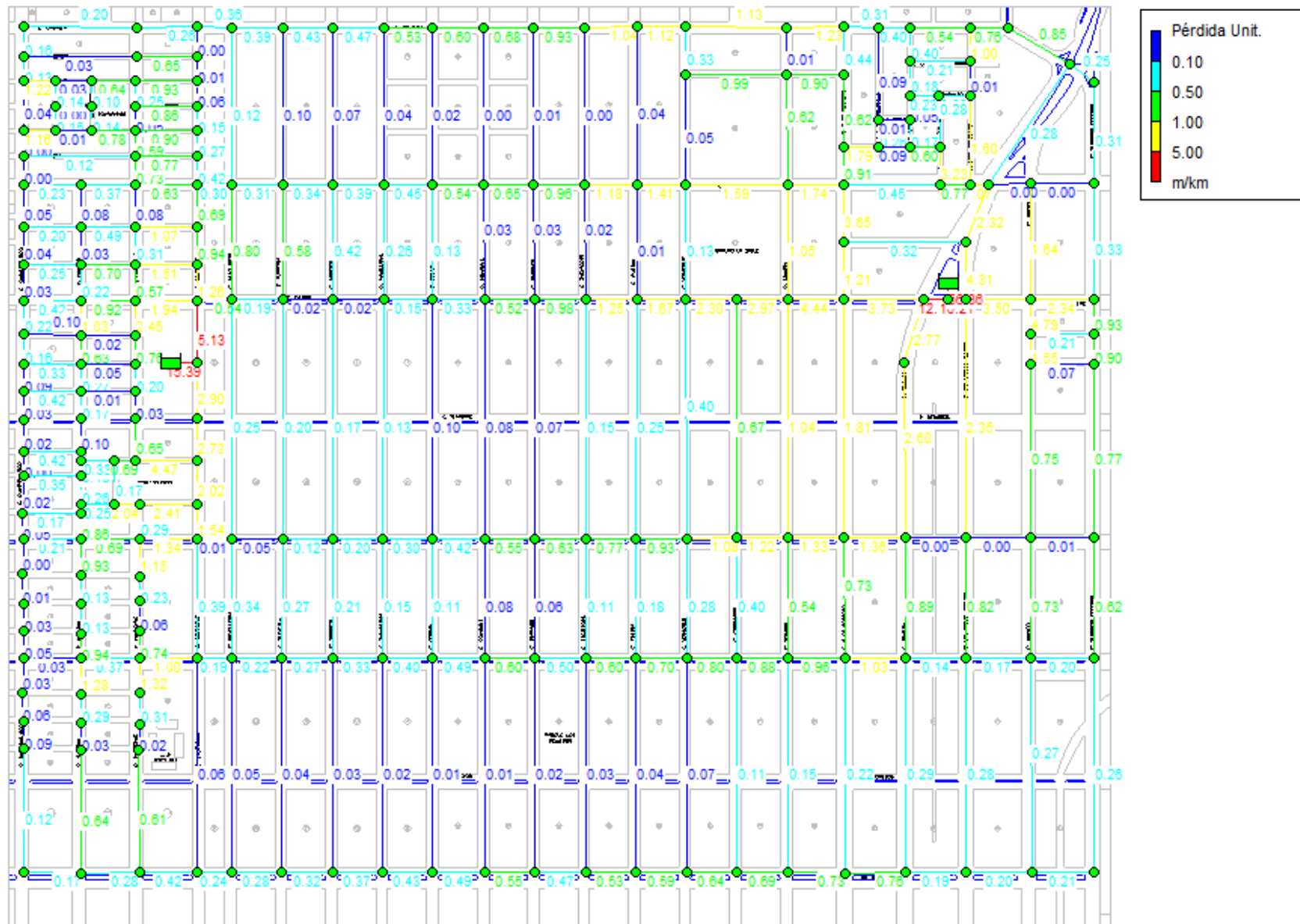


Fig. 4.17 Pérdidas.

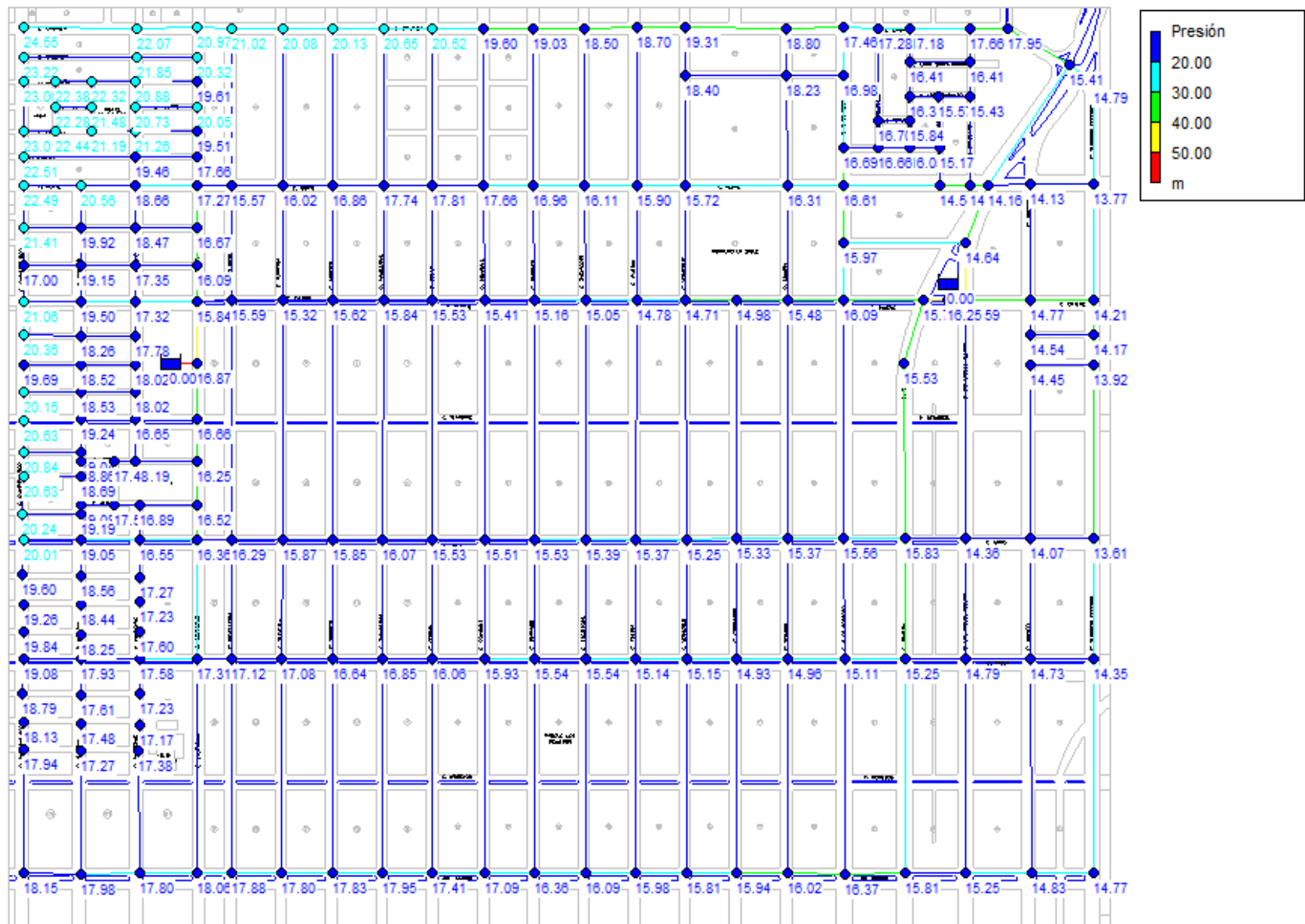


Fig. 4.18 Presión.

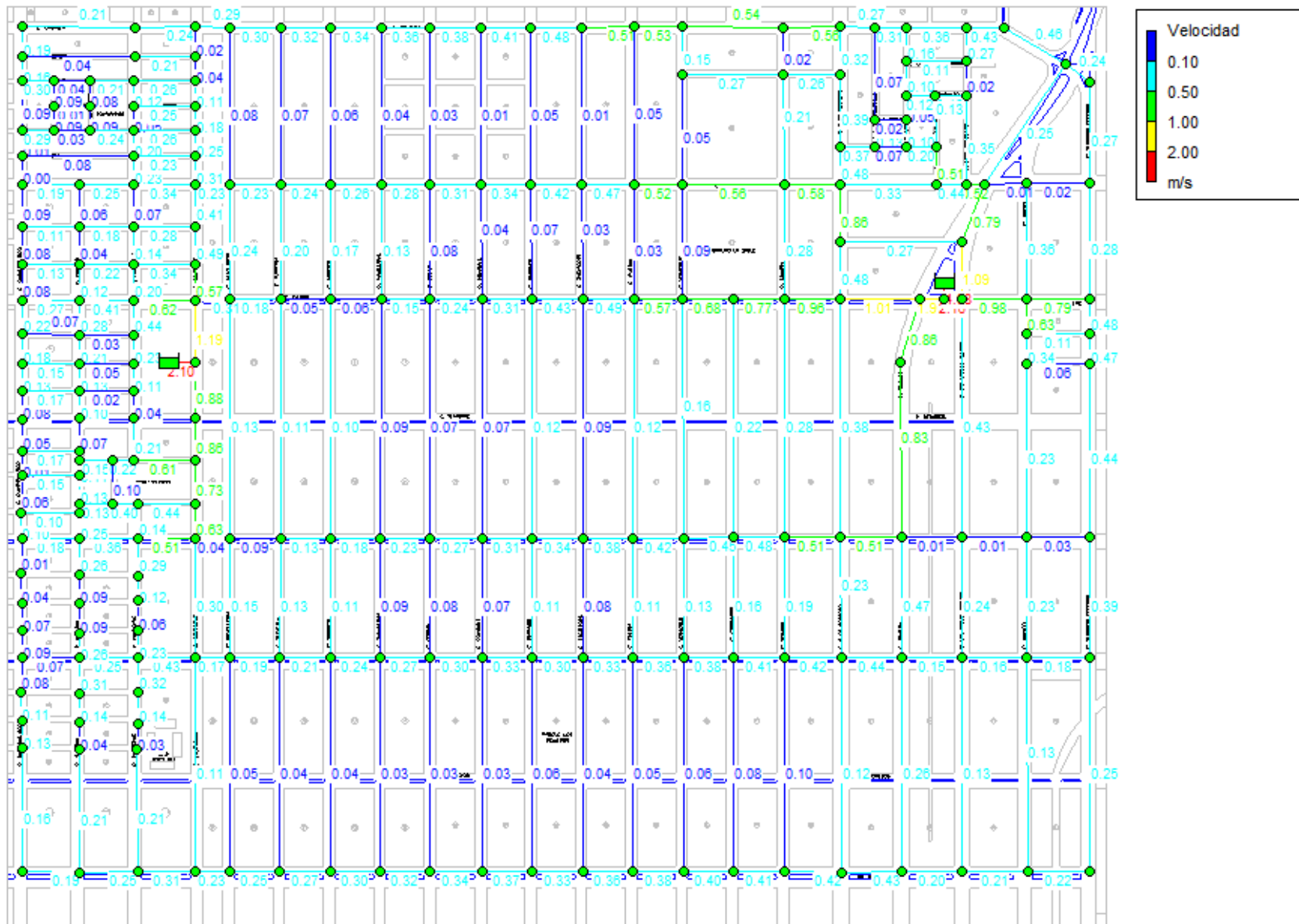


Fig. 4.19 Velocidad.

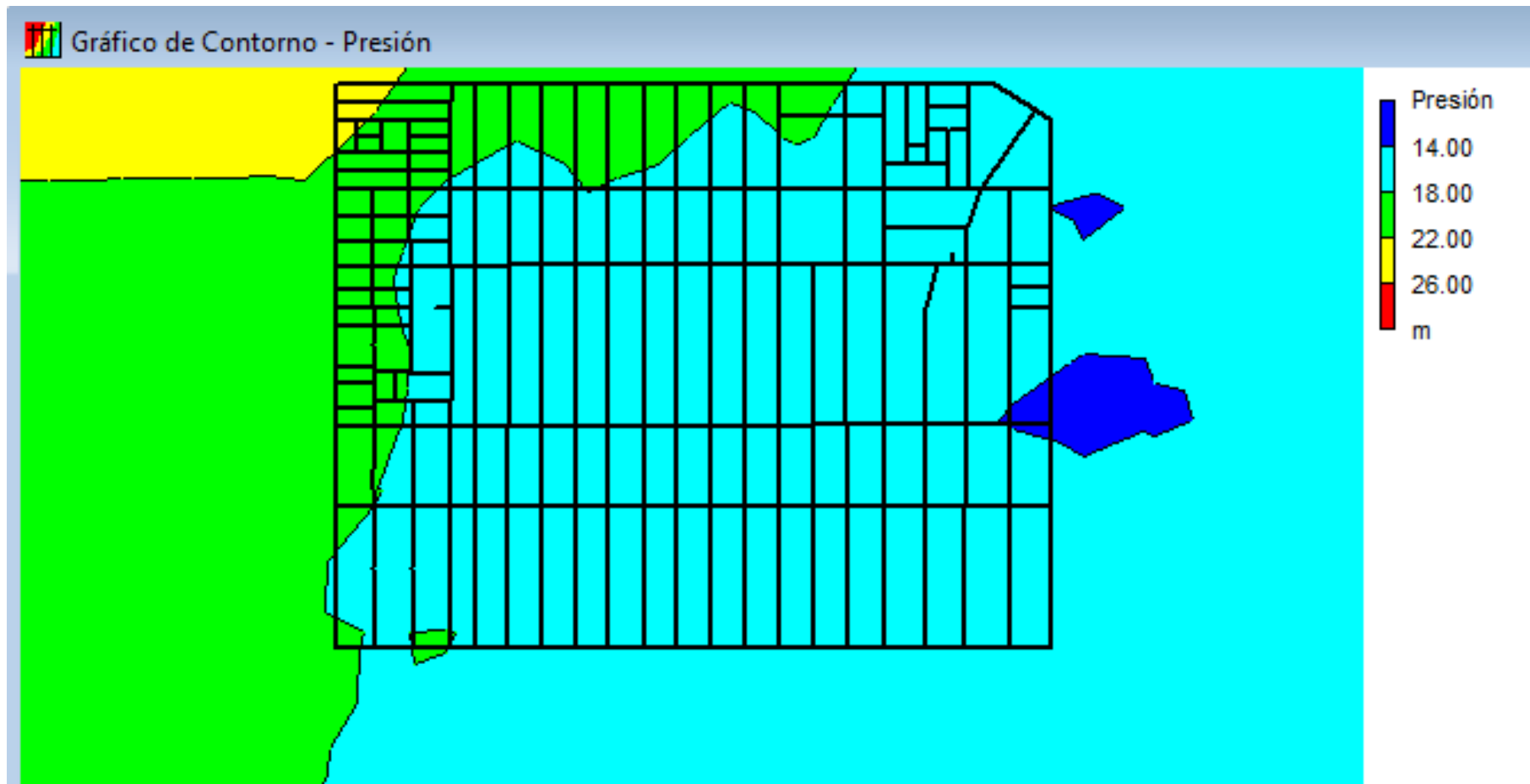


Fig. 4.20 Mapa de isótopas.

Resultados de CivilCAD:

Fig. 4.21 Resultados programa CivilCAD.

TABLA DE CALCULO DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE METODO HARDY-CROSS/MANNING																
PROYECTO: SECTOR CENTRO NORTE			PROYECTISTA: JCLZ					No. de tramos: 373			No. de nodos: 225					
TRAMO		LONGITUD	DIAMETRO	DIAMETRO	COEF.	GASTO	GASTO	VELOCIDAD	PERDIDA DE CARGA(m)		COTA DE T.N.(m)		COTA PIEZOMETRICA(m)		CARGA DISPONIBLE(m)	
De	a	(m)	INTERIOR(mm)	EFFECTIVO(mm)	RUGOSIDAD	INICIAL(lps)	FINAL(lps)	(m/s)	TUBERIA	ADICIONAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
1	2	5.000	355.6	355.6	0.00900	212.890	212.890	2.144	0.047	0.000	41.370	41.370	60.527	60.480	19.157	19.110
2	3	42.365	355.6	355.6	0.00900	9.832	100.907	1.016	0.089	0.000	41.370	41.350	60.480	60.391	19.110	19.041
2	75	42.365	355.6	355.6	0.00900	203.029	111.954	1.127	0.110	0.000	41.370	41.390	60.480	60.373	19.110	18.983
3	12	459.950	304.8	304.8	0.00900	88.236	49.043	0.672	0.521	0.000	41.350	41.500	60.391	59.870	19.041	18.370
3	164	108.782	304.8	304.8	0.00900	-104.103	20.387	0.279	0.021	0.000	41.350	41.830	60.391	60.369	19.041	18.539
3	4	119.727	304.8	304.8	0.00900	25.452	31.231	0.428	0.055	0.000	41.350	41.750	60.391	62.186	19.041	20.436
4	7	68.369	152.4	152.4	0.00900	23.282	5.520	0.303	0.040	0.000	41.750	41.650	62.186	62.147	20.436	20.497
4	5	123.565	304.8	304.8	0.00900	-0.381	29.322	0.402	0.050	0.000	41.750	42.020	62.186	63.284	20.436	21.264
5	6	68.369	304.8	304.8	0.00900	6.371	45.218	0.620	0.066	0.000	42.020	42.000	63.284	63.218	21.264	21.218
6	7	123.565	152.4	152.4	0.00900	0.605	0.360	0.020	0.000	0.000	42.000	41.650	63.218	62.147	21.218	20.497
6	9	52.500	304.8	304.8	0.00900	5.368	44.460	0.609	0.049	0.000	42.000	42.200	63.218	63.169	21.218	20.969
7	8	52.500	152.4	152.4	0.00900	22.770	4.764	0.261	0.023	0.000	41.650	41.660	62.147	62.124	20.497	20.464
8	11	339.081	152.4	152.4	0.00900	22.634	3.055	0.167	0.060	0.000	41.660	41.790	62.124	62.064	20.464	20.274
8	9	123.565	152.4	152.4	0.00900	-0.170	1.403	0.077	0.005	0.000	41.660	42.200	62.124	63.169	20.464	20.969
9	10	339.081	304.8	304.8	0.00900	4.174	44.839	0.615	0.321	0.000	42.200	42.250	63.169	62.848	20.969	20.598
10	197	229.672	304.8	304.8	0.00900	0.749	41.456	0.568	0.186	0.000	42.250	41.360	62.848	62.662	20.598	21.302
10	11	123.565	203.2	203.2	0.00900	1.453	1.410	0.043	0.001	0.000	42.250	41.790	62.848	62.064	20.598	20.274
11	196	229.672	152.4	152.4	0.00900	111.617	12.805	0.702	0.715	0.000	41.790	40.960	62.064	61.349	20.274	20.389
12	195	229.672	152.4	152.4	0.00900	-6.570	7.588	0.416	0.251	0.000	41.500	40.880	59.870	60.328	18.370	19.448
12	13	119.353	203.2	203.2	0.00900	1.211	27.050	0.834	0.358	0.000	41.500	40.030	59.870	59.884	18.370	19.854
12	11	119.727	203.2	203.2	0.00900	90.222	11.032	0.340	0.060	0.000	41.500	41.790	59.870	62.064	18.370	20.274
13	193	229.672	304.8	304.8	0.00900	83.294	22.289	0.305	0.054	0.000	40.030	40.400	59.884	59.831	19.854	19.431
13	14	114.105	203.2	203.2	0.00900	0.376	50.515	1.558	1.192	0.000	40.030	40.140	59.884	62.163	19.854	22.023
14	192	229.672	152.4	152.4	0.00900	6.162	7.214	0.395	0.227	0.000	40.140	40.430	62.163	61.936	22.023	21.506
14	15	114.600	203.2	203.2	0.00900	0.027	47.998	1.480	1.081	0.000	40.140	40.180	62.163	58.722	22.023	18.542
15	191	229.673	152.4	152.4	0.00900	-6.625	2.642	0.145	0.030	0.000	40.180	40.460	58.722	58.691	18.542	18.231
15	16	97.900	203.2	203.2	0.00900	0.000	44.160	1.362	0.782	0.000	40.180	40.100	58.722	57.940	18.542	17.840
15	73	459.950	152.4	152.4	0.00900	5.978	0.529	0.029	0.002	0.000	40.180	40.550	58.722	58.719	18.542	18.169
16	190	229.672	152.4	152.4	0.00900	5.718	1.723	0.094	0.013	0.000	40.100	40.410	57.940	60.366	17.840	19.956
16	17	98.125	203.2	203.2	0.00900	0.151	41.427	1.277	0.689	0.000	40.100	40.070	57.940	58.986	17.840	18.916
16	72	459.950	152.4	152.4	0.00900	-6.432	0.440	0.024	0.002	0.000	40.100	40.760	57.940	57.939	17.840	17.179
17	188	229.673	152.4	152.4	0.00900	-10.083	2.833	0.155	0.035	0.000	40.070	40.110	58.986	58.951	18.916	18.841
17	18	98.402	203.2	203.2	0.00900	0.059	40.246	1.241	0.652	0.000	40.070	39.860	58.986	56.258	18.916	16.398
18	187	229.672	152.4	152.4	0.00900	4.742	3.532	0.194	0.054	0.000	39.860	40.050	56.258	56.204	16.398	16.154
18	19	94.773	203.2	203.2	0.00900	0.011	36.506	1.126	0.517	0.000	39.860	39.770	56.258	56.552	16.398	16.782
19	186	229.672	152.4	152.4	0.00900	-7.548	1.091	0.060	0.005	0.000	39.770	39.590	56.552	56.547	16.782	16.957
19	20	95.620	203.2	203.2	0.00900	-0.279	23.478	0.724	0.216	0.000	39.770	39.570	56.552	56.336	16.782	16.766
19	69	459.950	152.4	152.4	0.00900	7.287	11.385	0.624	1.132	0.000	39.770	40.180	56.552	56.235	16.782	16.055
20	21	97.100	203.2	203.2	0.00900	0.933	36.507	1.126	0.530	0.000	39.570	39.540	56.336	54.467	16.766	14.927

Resultados de WaterCAD:

Fig. 4.22 Resultados WaterCAD (nodos).

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
60	25	41.79	1.3679	54.05	12.26
61	148	41.37	1.3679	56.2	14.82
62	239	39.01	1.3679	55.15	16.13
63	238	41.14	1.3679	53.87	12.73
64	237	33.46	1.3679	51.29	17.82
65	236	35.95	1.3679	51.21	15.25
66	235	40.67	1.3679	53.17	12.49
67	234	42	1.3679	53.3	11.29
68	233	41.83	1.3679	54.05	12.22
69	232	37.25	1.3679	51.19	13.94
70	231	37.32	1.3679	51.19	13.87
71	230	37.46	1.3679	51.19	13.72
72	229	37.11	1.3679	51.19	14.07
73	228	37.42	1.3679	51.19	13.76
74	227	37	1.3679	51.19	14.18
75	226	37.09	1.3679	51.2	14.10
76	225	37.46	1.3679	51.2	13.73
77	224	37.43	1.3679	51.22	13.78
78	223	36.08	1.3679	51.2	15.11
79	222	36.19	1.3679	51.2	15.00
80	221	36.39	1.3679	51.2	14.80
81	220	36.76	1.3679	51.2	14.43
82	219	37.15	1.3679	51.25	14.09
83	218	37.54	1.3679	51.49	13.95
84	217	37.74	1.3679	51.51	13.76
85	216	37.8	1.3679	51.53	13.72
86	215	38.27	1.3679	51.56	13.28
87	214	38.09	1.3679	51.59	13.49
88	213	38.92	1.3679	51.63	12.70
89	212	39.1	1.3679	51.69	12.58
90	211	39.55	1.3679	51.76	12.20
91	210	39.59	1.3679	51.81	12.22
92	209	40.05	1.3679	51.88	11.83
93	208	40.11	1.3679	51.97	11.86
94	207	40.41	1.3679	52.08	11.67
95	206	40.46	1.3679	52.21	11.74
96	205	40.43	1.3679	52.37	11.94
97	204	40.4	1.3679	52.55	12.15
98	203	40.88	1.3679	52.57	11.69
99	202	40.96	1.3679	52.6	11.63
100	201	41.79	1.3679	52.83	11.04

ID	Label	Length	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Velocity (m/s)
285	306	411.4	209	38	100	PVC	0.05
286	305	411.4	208	39	100	PVC	0.07
287	304	411.4	207	40	100	PVC	0.09
288	303	411.4	206	41	100	PVC	0.12
289	302	411.4	205	42	100	PVC	0.15
290	301	411.4	204	43	200	PVC	0.3
291	300	411.4	203	44	100	PVC	0.18
292	299	411.4	202	45	100	PVC	0.18
293	298	229.67	185	218	200	PVC	0.47
294	297	68.73	180	185	200	PVC	1.04
295	296	83.02	179	180	200	PVC	1.26
296	295	79.68	164	179	200	PVC	1.55
297	293	229.67	186	217	100	PVC	0.27
298	292	459.95	128	186	100	PVC	0.19
299	291	229.67	187	216	100	PVC	0.24
300	290	459.95	129	187	100	PVC	0.16
301	289	459.95	130	188	100	PVC	0.16
302	288	229.67	215	188	100	PVC	0.21
303	287	229.67	189	214	100	PVC	0.18
304	286	459.95	131	189	100	PVC	0.15
305	285	459.95	190	132	100	PVC	0.15
306	284	229.67	213	190	100	PVC	0.15
307	283	229.67	191	212	100	PVC	0.12
308	282	459.95	133	191	100	PVC	0.14
309	281	459.95	192	134	200	PVC	0.2
310	280	229.67	211	192	200	PVC	0.16
311	279	229.67	193	210	100	PVC	0.11
312	278	459.95	135	193	100	PVC	0.16
313	277	221.38	96	135	100	PVC	0.05
314	276	298.87	62	96	100	PVC	0.01
315	275	221.38	95	134	200	PVC	0.06
316	274	298.87	63	95	200	PVC	0.01
317	273	221.38	94	133	100	PVC	0.1
318	272	298.87	64	94	100	PVC	0.06
319	271	221.38	93	132	100	PVC	0.17
320	270	298.87	65	93	100	PVC	0.09
321	269	221.38	92	131	100	PVC	0.22
322	268	298.87	66	92	100	PVC	0.11
323	267	221.38	91	130	100	PVC	0.26
324	266	298.87	67	91	100	PVC	0.12
325	265	221.38	90	129	100	PVC	0.31
326	264	298.87	68	90	100	PVC	0.14
327	263	221.38	89	128	100	PVC	0.37
328	262	298.87	69	89	100	PVC	0.15
329	261	72.4	124	127	200	PVC	0.78
330	260	72.4	123	126	100	PVC	0.29
331	259	72.4	122	125	100	PVC	0.17
332	258	83.97	118	122	100	PVC	0.11
333	257	83.97	120	123	100	PVC	0.24
334	256	83.97	121	124	200	PVC	0.63

Fig. 4.23 Resultados WaterCAD (lineas).

4.7. Los resultados obtenidos, para cada una de las redes, se presupuestaron con el programa Opus 2010 y los precios unitarios de la base de datos del OOMAPASC.

La figura 4.24 Presupuesto Sector Centro Norte (Epanet), representa el costo de construir la red de agua potable con los resultados que se obtuvieron mediante el programa Epanet.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

Creación:05/Jul/2017
Impresión:07/Jul/2017

MIAC

SECTOR CENTRO NORTE EPANET

PROYECTO DE AGUA POTABLE EN SECTOR CENTRO NORTE DE CIUDAD OBREGÓN.

Presupuesto					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
1	SECTOR CENTRO NORTE				
1	AGUA POTABLE				
1.1	PRELIMINARES				
1-001-0001	Trazo en colocación de líneas de tuberías de agua Potable y Alcantarillado Sanitario según proyecto en superficie reguladamente plana. Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	ML	52,427.62	4.94	258,992.44
	Total de PRELIMINARES				258,992.44
1.2	TERRACERIAS				
2-01-06	Excavación con máquina en zanjas de líneas de agua potable y drenaje sanitario, en material "A y B" zona "B" con instalaciones, en seco. Incluye: extracción del material, limpieza y afine de plantilla y taludes, traspaleo fuera de la excavación, maniobras, sondeos necesarios de tomas y descargas, mano de obra, herramienta y equipo (puesto en obra) (el ancho de la excavación deberá ser el indicado en el plano de proyecto independiente del bote de la retroexcavadora del contratista). Profundidad de 0.00 a 3.50 mts. (m3 compacto)	M3	49,668.17	36.96	1'835,736.56
2-02-01	Fabricación de Plantilla de espesor según proyecto con material areno limoso (SM) CLASE III compactada al 90% de la prueba proctor en zanjas incluye: Afine y compactación del fondo de la zanja, materiales, mano de obra, herramienta y equipo. (m3 compacto)	M3	4,952.65	223.07	1'104,832.25
2-02-03	Acostillado de tubería compactado por medios mecánicos con material areno limoso (SM) CLASE III. Incluye: suministro de limo (puesto en obra), incorporación de humedad óptima, acarreo hasta 20 m en carretilla, colocación, acomodo y compactación al 95% de la prueba proctor. (m3 compacto)	M3	13,334.74	242.61	3'235,141.27
2-02-07	Relleno con material producto de excavación en capas no mayores de 20 cm. compactado por medios mecánicos al 95% de la prueba Proctor, con incorporación de humedad óptima; incluye: acarreo y maniobras locales de material, traspaleo, afine y nivelación de la superficie. equipo. (Unidad: M3 medido compacto)	M3	30,751.96	69.27	2'130,189.65
2-03-04	Carga mecánica de material producto de excavación. unidad de medida m3 compacto.	M3	18,916.19	8.90	168,354.09
3-001-002	Acarreo de material de producto de excavación 1er km. urbano. unidad de medida m3 compacto. (tarifa boletín oficial)	M³	18,916.19	13.24	250,450.36
3-001-003	Acarreo de material de producto de excavación km. subsecuente urbano. El contratista deberá buscar el sitio de tiro no mayor a 10kms totales autorizado previamente por el supervisor, unidad de medida m3 compacto. (tarifa boletín oficial)	M³KM	170,245.71	6.02	1'024,879.17
	Total de TERRACERIAS				9'749,582.35
1.3	INSTALACIONES				
3-01-02-05	Instalación, junteo y prueba de tubería de pvc de 4" con campana. Incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo y prueba de tubería según métodos de la norma NOM-	ML	38,962.48	12.14	473,004.51

*Se deberá considerar el equipo de seguridad e higiene dentro del Costo Indirecto, según el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

**Este Presupuesto esta sujeto a cambios sin previo aviso



PROYECTO DE AGUA POTABLE EN SECTOR CENTRO NORTE DE CIUDAD OBREGÓN.

Presupuesto					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
	001-CONAGUA-2011, manobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, desinfección de tubería con hipoclorito de calcio proporción 5gr/m ³ , materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.				
3-01-02-06	Instalación, junteo y prueba de tubería de pvc de 6" con campana, incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo y prueba de tubería según métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, manobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, desinfección de tubería con hipoclorito de calcio proporción 5gr/m ³ , materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.	ML	7,284.95	14.10	102,717.79
3-01-02-07	Instalación, junteo y prueba de tubería de pvc de 8" con campana, incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo y prueba de tubería según métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, manobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, desinfección de tubería con hipoclorito de calcio proporción 5gr/m ³ , materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.	ML	6,180.19	16.83	104,012.60
3-01-04-02	Instalación de piezas especiales de pvc mayor o igual a 4", incluye: alineación, nivelación, Limpieza de las piezas, lubricante, colocación de empaques y tornillos, pruebas hidrostáticas, Corte de tubería, mano de obra, herramienta, equipo y manobras.	PZA	711.00	46.49	33,054.39
3-01-05-06	Atraque a base de concreto F'c=150 kg/cm2, t.m.a. 3/4" para piezas especiales de 8" (200 MM) de 45x35x35 cm, incluye: fabricación, cimbra y descimbra, materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	PZA	16.00	194.31	3,108.96
3-01-05-05	Atraque a base de concreto F'c=150 kg/cm2, t.m.a. 3/4" para piezas especiales de 6" (150 MM) de 40x30x30 cm, incluye: fabricación, cimbra y descimbra, materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	PZA	80.00	165.38	13,230.40
3-01-05-04	Atraque a base de concreto F'c=150 kg/cm2, t.m.a. 3/4" para piezas especiales de 4" (100 MM) de 35x30x30 cm, incluye: fabricación, cimbra y descimbra, materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	PZA	33.00	140.70	4,643.10
	Total de INSTALACIONES				733,771.75
1.4	SUMINISTROS				
4-01-01-06	Tubería de PVC de 4" ø (100 mm) RD 32.5 certificada bajo la NOM-001-CONAGUA-2011, se deberá considerar el traslape de tubería por la campana. (metros lineales medidos en planta).	ML	16,046.80	60.39	969,066.25
4-01-01-07	Tubería de PVC de 6" ø (150 mm) RD 32.5 certificada bajo la NOM-001-CONAGUA-2011, se deberá considerar el traslape de tubería por la campana (metros lineales medidos en planta).	ML	1,164.40	121.69	141,695.84
4-01-01-08	Tubería de PVC de 8" ø (200 mm) RD 32.5 certificada bajo la NOM-001-CONAGUA-2011, se deberá considerar el traslape de tubería por la campana (metros lineales medidos en planta).	ML	3,359.10	221.72	744,779.65
4-02-02-01-17	Suministro de Cruz hidráulica ang de 8"x 8" SI (200 mm x 200 mm) RD 32.5 incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	5.00	1,567.64	7,838.20
4-02-02-01-19	Suministro de Cruz hidráulica ang de 8"x 4" SI (200 mm x 100 mm) RD 32.5 incluye: anillo de hule y materiales puestos en	PZA	32.00	973.50	31,152.00

*Se deberá considerar el equipo de seguridad e higiene dentro del Costo Indirecto, según el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

2

**Este Presupuesto esta sujeto a cambios sin previo aviso



PROYECTO DE AGUA POTABLE EN SECTOR CENTRO NORTE DE CIUDAD OBREGÓN.

Presupuesto					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
	obra				
4-02-02-01-08	Suministro de Cruz hidráulica ang de 4"x 4" SI (100 mm x 100 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	39.00	961.69	37,505.91
4-02-02-02-18	Suministro de Tee hidráulica ang de 8"x 8" SI (200 mm x 200 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	3.00	839.28	2,517.84
4-02-02-02-13	Suministro de Tee hidráulica ang de 6"x 6" SI (150 mm x 150 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	6.00	413.53	2,481.18
4-02-02-02-14	Suministro de Tee hidráulica ang de 6"x 4" SI (150 mm x 100 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	70.00	413.53	28,947.10
4-02-02-02-09	Suministro de Tee hidráulica ang de 4"x 4" SI (100 mm x 100 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	33.00	354.84	11,709.72
4-02-02-06-07	Suministro de Cople de reparación de PVC 8" hidráulico ang. SI, RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	23.00	236.25	5,433.75
4-02-02-06-06	Suministro de Cople de reparación de PVC 6" hidráulico ang. SI, RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	108.00	131.89	14,244.12
4-02-02-06-05	Suministro de Cople de reparación de PVC 4" hidráulico ang. SI, RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	246.00	68.88	16,944.48
4-02-02-03-11	Suministro de Reducción campana hidráulica ang de 8"x 6" SI (200 mm x 150 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule) materiales puestos en obra	PZA	6.00	424.80	2,548.80
4-02-02-03-12	Suministro de Reducción campana hidráulica ang de 6"x 4" SI (200 mm x 100 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule) materiales puestos en obra	PZA	2.00	424.80	849.60
4-02-02-05-07	Suministro de Codo de PVC 8" de 22.5" hidráulico ang. SI, RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	4.00	708.99	2,835.96
4-02-02-05-06	Suministro de Codo de PVC 6" de 22.5" hidráulico ang. SI, RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	2.00	366.01	772.02
4-02-02-05-21	Suministro de Codo de PVC 8" de 90" hidráulico ang. SI, RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	1.00	703.66	703.66
4-02-02-05-20	Suministro de Codo de PVC 6" de 90" hidráulico ang. SI, RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	2.00	472.68	945.36
	Total de SUMINISTROS				2'022,971.44
	Total de AGUA POTABLE				12'765,317.98
	Total de SECTOR CENTRO NORTE				12'765,317.98
	Subtotal de Presupuesto				12'765,317.98
				Impuesto	2'042,450.88
				Total	14'807,768.86

*Se deberá considerar el equipo de seguridad e higiene dentro del Costo Indirecto, según el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

3

**Este Presupuesto esta sujeto a cambios sin previo aviso

Fig. 4.24 Presupuesto Sector Centro Norte (Epanet).

La figura 4.25 Presupuesto Sector Centro Norte (WaterCAD), representa el costo de construir la red de agua potable con los resultados que se obtuvieron mediante el programa WaterCAD.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

Creación:05/Jul/2017
Impresión:07/Jul/2017

MIAC

SECTOR CENTRO NORTE WATERCAD

PROYECTO DE AGUA POTABLE EN SECTOR CENTRO NORTE DE CIUDAD OBREGÓN.

Presupuesto					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
I	SECTOR CENTRO NORTE				
1	AGUA POTABLE				
1.1	PRELIMINARES				
1-001-0001	Trazo en colocación de líneas de tuberías de agua Potable y Alcantarillado Sanitario según proyecto en superficie regularmente plana. Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	ML	52,427.62	4.94	258,992.44
	Total de PRELIMINARES				258,992.44
1.2	TERRACERIAS				
2-01-06	Excavación con máquina en zanjas de líneas de agua potable y drenaje sanitario, en material "A y B" zona "B" con instalaciones, en seco, Incluye: extracción del material, limpieza Y afine de plantilla y taludes, traspaleo fuera de la excavación, maniobras, sondeos necesarios de tomas y descargas, mano de obra, herramienta y equipo(puesto en obra) el ancho de la excavación deberá ser el indicado en el plano de proyecto independiente del bote de la retroexcavadora del contratista. Profundidad de 0.00 a 3.50 mts. (m3 compacto)	M3	51,661.14	36.96	1'909,395.73
2-02-01	Fabricación de Plantilla de espesor según proyecto con material areno limoso (SM) CLASE III compactada al 90% de la prueba proctor en zanjas incluye: Afine y compactación del fondo de la zanja, materiales, mano de obra, herramienta y equipo. (m3 compacto)	M3	5,163.91	223.07	1'151,913.40
2-02-03	Acostillado de tubería compactado por medios mecánicos con material areno limoso (SM) CLASE III. Incluye: suministro de limo (puesto en obra), Incorporación de humedad óptima, acarreo hasta 20 m en carretilla, colocación, acomodo y compactación al 95% de la prueba proctor. (m3 compacto)	M3	14,350.81	242.61	3'481,650.01
2-02-07	Relleno con material producto de excavación en capas no mayores de 20 cm. compactado por medios mecánicos al 95% de la prueba Proctor, con incorporación de humedad óptima; Incluye: acarreo y maniobras locales de material, traspaleo, afine y nivelación de la superficie, equipo. (Unidad: M3 medido compacto)	M3	31,290.58	69.27	2'167,498.48
2-03-04	Carga mecánica de material producto de excavación. unidad de medida m3 compacto.	M3	20,370.56	8.90	181,297.98
3-001-002	Acarreo de material de producto de excavación 1er km. urbano. unidad de medida m3 compacto.(tarifa boletín oficial)	M³	20,370.56	13.24	269,706.21
3-001-003	Acarreo de material de producto de excavación km. subsecuente urbano. El contratista deberá buscar el sitio de tiro no mayor a 10kms totales autorizado previamente por el supervisor, unidad de medida m3 compacto.(tarifa boletín oficial)	M³KM	183,335.04	6.02	1'103,676.94
	Total de TERRACERIAS				10'265,138.75
1.3	INSTALACIONES				
3-01-02-05	Instalación, Junteo y prueba de tubería de pvc de 4" con	ML	31,160.67	12.14	378,290.53

*Se deberá considerar el equipo de seguridad e higiene dentro del Costo Indirecto, según el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

**Este Presupuesto esta sujeto a cambios sin previo aviso



PROYECTO DE AGUA POTABLE EN SECTOR CENTRO NORTE DE CIUDAD OBREGÓN.

Presupuesto					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
	campana, incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo y prueba de tubería según métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, maniobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, desinfección de tubería con hipoclorito de calcio proporción 5gr/m ³ , materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.				
3-01-02-06	Instalación, junteo y prueba de tubería de pvc de 6" con campana, incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo y prueba de tubería según métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, maniobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, desinfección de tubería con hipoclorito de calcio proporción 5gr/m ³ , materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.	ML	4,117.52	14.10	58,057.03
3-01-02-07	Instalación, junteo y prueba de tubería de pvc de 8" con campana, incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo y prueba de tubería según métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, maniobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, desinfección de tubería con hipoclorito de calcio proporción 5gr/m ³ , materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.	ML	17,149.43	15.63	268,624.91
3-01-04-02	Instalación de piezas especiales de pvc mayor o igual a 4", incluye: alineación, nivelación, Limpieza de las piezas, lubricante, colocación de empaques y tornillos, pruebas hidrostáticas, Corte de tubería, mano de obra, herramienta, equipo y maniobras.	PZA	604.00	45.49	26,079.96
3-01-05-06	Atraque a base de concreto F'c=150 kg/cm2, l.m.a. 3/4" para piezas especiales de 6" (200 MM) de 45x35x35 cm, incluye: fabricación, cimbra y descimbra, materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	PZA	25.00	194.31	4,857.75
3-01-05-04	Atraque a base de concreto F'c=150 kg/cm2, l.m.a. 3/4" para piezas especiales de 4" (100 MM) de 35x30x30 cm, incluye: fabricación, cimbra y descimbra, materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	PZA	80.00	140.70	11,256.00
	Total de INSTALACIONES				769,166.18
1.4	SUMINISTROS				
4-01-01-06	Tubería de PVC de 4" ø (100 mm) RD 32.5 certificada bajo la NOM-001-CONAGUA-2011, se deberá considerar el traslape de tubería por la campana. (metros lineales medidos en planta).	ML	31,160.67	60.39	1'881,792.86
4-01-01-07	Tubería de PVC de 6" ø (150 mm) RD 32.5 certificada bajo la NOM-001-CONAGUA-2011, se deberá considerar el traslape de tubería por la campana (metros lineales medidos en planta).	ML	4,117.52	121.69	501,061.01
4-01-01-08	Tubería de PVC de 8" ø (200 mm) RD 32.5 certificada bajo la NOM-001-CONAGUA-2011, se deberá considerar el traslape de tubería por la campana (metros lineales medidos en planta).	ML	17,149.43	221.72	3'802,371.62
4-02-02-01-17	Suministro de Cruz hidráulica ang de 8"x 8" SI (200 mm x 200 mm) RD 32.5 incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	10.00	1,567.64	15,676.40
4-02-02-01-19	Suministro de Cruz hidráulica ang de 8"x 4" SI (200 mm x 100 mm) RD 32.5 incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	24.00	973.50	23,364.00

*Se deberá considerar el equipo de seguridad e higiene dentro del Costo Indirecto, según el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

**Este Presupuesto esta sujeto a cambios sin previo aviso



PROYECTO DE AGUA POTABLE EN SECTOR CENTRO NORTE DE CIUDAD OBREGÓN.

Presupuesto					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
4-02-02-01-13	Suministro de Cruz hidráulica ang de 6"x 4" SI (150 mm x 100 mm) RD 32.5, incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	16.00	700.04	11,200.64
4-02-02-01-08	Suministro de Cruz hidráulica ang de 4"x 4" SI (100 mm x 100 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	15.00	961.69	14,425.35
4-02-02-02-18	Suministro de Tee hidráulica ang de 8"x 8" SI (200 mm x 200 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	13.00	839.28	10,910.64
4-02-02-02-19	Suministro de Tee hidráulica ang de 8"x 6" SI (200 mm x 150 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	4.00	839.28	3,357.12
4-02-02-02-20	Suministro de Tee hidráulica ang de 8"x 4" SI (200 mm x 100 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	50.00	839.28	41,964.00
4-02-02-02-09	Suministro de Tee hidráulica ang de 4"x 4" SI (100 mm x 100 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	30.00	354.84	10,645.20
4-02-02-06-07	Suministro de Cople de reparación de PVC 8" hidráulico ang. SI RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	127.00	236.25	30,003.75
4-02-02-06-06	Suministro de Cople de reparación de PVC 6" hidráulico ang. SI RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	16.00	131.69	2,110.24
4-02-02-06-05	Suministro de Cople de reparación de PVC 4" hidráulico ang. SI RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	184.00	68.68	12,673.92
4-02-02-03-12	Suministro de Reducción campana hidráulica ang de 8"x 4" SI (200 mm x 100 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	2.00	424.80	849.60
4-02-02-05-07	Suministro de Codo de PVC 8" de 22.5" hidráulico ang. SI, RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	6.00	708.99	4,253.94
4-02-02-05-21	Suministro de Codo de PVC 8" de 90" hidráulico ang. SI, RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	2.00	703.66	1,407.32
Total de SUMINISTROS					6'368,067.61
Total de AGUA POTABLE					17'661,364.98
Total de SECTOR CENTRO NORTE					17'661,364.98
Subtotal de Presupuesto					17'661,364.98
				Impuesto	2'825,818.40
				Total	20'487,183.38

3

*Se deberá considerar el equipo de seguridad e higiene dentro del Costo Indirecto, según el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

**Este Presupuesto esta sujeto a cambios sin previo aviso

Fig. 4.25 Presupuesto Sector Centro Norte (WaterCAD).

La figura 4.26 Presupuesto Sector Centro Norte (CivilCAD), representa el costo de construir la red de agua potable con los resultados que se obtuvieron mediante el programa CivilCAD.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

Creación:05/Jul/2017

Impresión:07/Jul/2017

MIAC

SECTOR CENTRO NORTE CIVILCAD

PROYECTO DE AGUA POTABLE EN SECTOR CENTRO NORTE DE CIUDAD OBREGÓN.

Presupuesto					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
I	SECTOR CENTRO NORTE				
1	AGUA POTABLE				
1.1	PRELIMINARES				
1-001-0001	Trazo en colocación de líneas de tuberías de agua Potable y Alcantarillado Sanitario según proyecto en superficie regularmente plana. Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	ML	52,427.62	4.94	258,992.44
	Total de PRELIMINARES				258,992.44
1.2	TERRACERIAS				
2-01-05	Excavación con máquina en zanjas de líneas de agua potable y drenaje sanitario, en material "A y B" zona "B" con instalaciones, en seco, Incluye: extracción del material, limpieza y afine de plantilla y taludes, traspaleo fuera de la excavación, maniobras, sondeos necesarios de tomas y descargas, mano de obra, herramienta y equipo(puesto en obra) (el ancho de la excavación deberá ser el indicado en el plano de proyecto independiente del bote de la retroexcavadora del contratista). Profundidad de 0.00 a 3.50 mts. (m3 compacto)	M3	57,898.31	36.96	2'139,921.54
2-02-01	Fabricación de Plantilla de espesor según proyecto con material areno limoso (SM) CLASE III compactada al 90% de la prueba proctor en zanjas Incluye: Afine y compactación del fondo de la zanja, materiales, mano de obra, herramienta y equipo. (m3 compacto)	M3	5,787.22	223.07	1'290,955.17
2-02-03	Acostillado de tubería compactado por medios mecánicos con material areno limoso (SM) CLASE III. Incluye: suministro de limo (puesto en obra), incorporación de humedad óptima, acarreo hasta 20 m en carretilla, colocación, acomodo y compactación al 95% de la prueba proctor. (m3 compacto)	M3	17,392.96	242.61	4'219,706.03
2-02-07	Relleno con material producto de excavación en capas no mayores de 20 cm. compactado por medios mecánicos al 95% de la prueba Proctor, con incorporación de humedad óptima; Incluye: acarreo y maniobras locales de material, traspaleo, afine y nivelación de la superficie, equipo. (Unidad: M3 medido compacto)	M3	33,125.97	69.27	2'294,635.94
2-03-04	Carga mecánica de material producto de excavación. unidad de medida m3 compacto.	M3	24,772.34	8.90	220,473.63
3-001-002	Acarreo de material de producto de excavación 1er km. urbano. unidad de medida m3 compacto.(tarifa boletín oficial)	M³	24,772.34	13.24	327,985.78
3-001-003	Acarreo de material de producto de excavación km. subsecuente urbano. El contratista deberá buscar el sitio de tiro no mayor a 10kms totales autorizado previamente por el supervisor, unidad de medida m3 compacto.(tarifa boletín oficial)	M³KM	222,951.06	6.02	1'342,165.38
	Total de TERRACERIAS				11'835,843.67
1.3	INSTALACIONES				
3-01-02-06	Instalación, junteo y prueba de tubería de pvc de 6" con campana. Incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo y prueba de tubería según métodos de la norma NOM-	ML	36,866.76	14.10	519,821.32

*Se deberá considerar el equipo de seguridad e higiene dentro del Costo Indirecto, según el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

1

**Este Presupuesto esta sujeto a cambios sin previo aviso



PROYECTO DE AGUA POTABLE EN SECTOR CENTRO NORTE DE CIUDAD OBREGÓN.

Presupuesto					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
	001-CONAGUA-2011, maniobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, desinfección de tubería con hipoclorito de calcio proporción 5gr/m ³ , materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.				
3-01-02-07	Instalación, junteo y prueba de tubería de pvc de 8" con campana, Incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo y prueba de tubería según métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, maniobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, desinfección de tubería con hipoclorito de calcio proporción 5gr/m ³ , materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.	ML	4,117.53	16.83	69,298.03
3-01-02-08	Instalación, junteo y prueba de tubería de pvc de 10" con campana, Incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo y prueba de tubería según métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, maniobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, desinfección de tubería con hipoclorito de calcio proporción 5gr/m ³ , materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.	ML	430.36	19.79	8,516.82
3-01-02-09	Instalación, junteo y prueba de tubería de pvc de 12" con campana, Incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo y prueba de tubería según métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, maniobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, desinfección de tubería con hipoclorito de calcio proporción 5gr/m ³ , materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.	ML	10,610.03	23.91	253,685.82
3-01-02-10	Instalación, junteo y prueba de tubería de pvc de 14" con campana, Incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo y prueba de tubería según métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, maniobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, desinfección de tubería con hipoclorito de calcio proporción 5gr/m ³ , materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.	ML	402.94	26.81	10,802.82
3-01-04-02	Instalación de piezas especiales de pvc mayor o igual a 4", Incluye: alineación, nivelación, Limpieza de las piezas, lubricante, colocación de empaques y tornillos, pruebas hidrostáticas, Corte de tubería, mano de obra, herramienta, equipo y maniobras.	PZA	271.00	46.49	12,598.79
3-01-04-03	Instalación de piezas especiales de Fierro Fundido, Incluye: alineación, nivelación, limpieza de las piezas, colocación de empaques y tornillos, pruebas hidrostáticas, mano de obra, herramienta, equipo y maniobras.	KG	30,520.90	6.84	208,762.96
3-01-05-09	Atraque a base de concreto F'c=150 kg/cm ² , l.m.a. 3/4" para piezas especiales de 14" (356 MM) de 60x50x35 cm, Incluye: fabricación, cimbra y descimbra, materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	PZA	2.00	304.66	609.32
3-01-05-08	Atraque a base de concreto F'c=150 kg/cm ² , l.m.a. 3/4" para piezas especiales de 12" (305 MM) de 50x40x35 cm, Incluye: fabricación, cimbra y descimbra, materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	PZA	35.00	269.64	9,437.40
3-01-05-07	Atraque a base de concreto F'c=150 kg/cm ² , l.m.a. 3/4" para piezas especiales de 10" (250 MM) de 50x40x35 cm, Incluye: fabricación, cimbra y descimbra, materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	PZA	3.00	235.28	705.84

*Se deberá considerar el equipo de seguridad e higiene dentro del Costo Indirecto, según el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

2

**Este Presupuesto esta sujeto a cambios sin previo aviso



PROYECTO DE AGUA POTABLE EN SECTOR CENTRO NORTE DE CIUDAD OBREGÓN.

Presupuesto					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
3-01-05-06	Atraque a base de concreto Fc=150 kg/cm2, L.m.a. 3/4" para piezas especiales de 6" (200 MM) de 45x35x35 cm, incluye: fabricación, cimbra y descimbra, materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	PZA	1.00	194.31	194.31
3-01-05-05	Atraque a base de concreto Fc=150 kg/cm2, l.m.a. 3/4" para piezas especiales de 6" (150 MM) de 40x30x30 cm, incluye: fabricación, cimbra y descimbra, materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	PZA	57.00	165.38	9,426.66
Total de INSTALACIONES					1'103,860.09
1.4	SUMINISTROS				
4-01-01-07	Tubería de PVC de 6" ø (150 mm) RD 32.5 certificada bajo la NOM-001-CONAGUA-2011, se deberá considerar el traslape de tubería por la campana (metros lineales medidos en planta).	ML	36,866.76	121.69	4'486,316.02
4-01-01-08	Tubería de PVC de 8" ø (200 mm) RD 32.5 certificada bajo la NOM-001-CONAGUA-2011, se deberá considerar el traslape de tubería por la campana (metros lineales medidos en planta).	ML	4,117.53	221.72	912,938.75
4-01-01-09	Tubería de PVC de 10" (250 mm) C-7 espesor 6.2 mm. certificada bajo la NOM-001-CONAGUA-2011, se deberá considerar el traslape de tubería por la campana (metros lineales medidos en planta)	ML	430.36	242.77	104,478.50
4-01-01-10	Tubería de PVC de 12" (315 mm.) C-7 espesor 7.9 mm certificada bajo la NOM-001-CONAGUA-2011, se deberá considerar el traslape de tubería por la campana. (metros lineales medidos en planta).	ML	10,610.03	399.96	4'243,587.60
4-01-01-11	Tubería de PVC de 14" (355 mm) C-7 espesor 8.9 mm. certificada bajo la NOM-001-CONAGUA-2011, se deberá considerar el traslape de tubería por la campana (metros lineales medidos en planta)	ML	402.94	595.65	240,011.21
4-02-01-03-41	Suministro de Tee de Fo.Fo. 14" Ø x 14" Ø (355.6 mm x 355.6 mm) W= 245 Kg incluye: fletes	PZA	2.00	18,075.95	36,151.90
4-02-01-03-34	Suministro de Tee de Fo.Fo. 12" Ø x 12" Ø (304.8 mm x 304.8 mm) W= 174 Kg incluye: fletes	PZA	3.00	11,236.67	33,710.01
4-02-01-03-31	Suministro de Tee de Fo.Fo. 12" Ø x 6" Ø (304.8 mm x 152.4mm) W= 148 Kg incluye: fletes	PZA	15.00	8,653.18	129,797.70
4-02-01-03-32	Suministro de Tee de Fo.Fo. 12" Ø x 8" Ø (304.8 mm x 203.2 mm) W= 155 Kg incluye: fletes	PZA	3.00	9,038.33	27,114.99
4-02-01-03-28	Suministro de Tee de Fo.Fo. 10" Ø x 10" Ø (254 mm x 254 mm) W= 115 Kg incluye: fletes	PZA	1.00	7,877.21	7,877.21
4-02-01-03-27	Suministro de Tee de Fo.Fo. 10" Ø x 8" Ø (254 mm x 203.2 mm) W= 108 Kg incluye: fletes	PZA	1.00	6,586.52	6,586.52
4-02-01-03-15	Suministro de Tee de Fo.Fo. 6" Ø x 6" Ø (152.4 mm x 152.4 mm) W= 45 Kg incluye: fletes	PZA	1.00	2,669.87	2,669.87
4-02-01-02-34	Suministro de Cruz de Fo.Fo. 12" Ø x 12" Ø (304.8 mm x 304.8 mm) W= 198 Kg incluye: fletes	PZA	4.00	13,429.34	53,717.36
4-02-01-02-32	Suministro de Cruz de Fo.Fo. 12" Ø x 8" Ø (304.8 mm x 203.2 mm) W= 167 Kg incluye: fletes	PZA	6.00	10,070.59	60,423.54
4-02-01-02-31	Suministro de Cruz de Fo.Fo. 12" Ø x 6" Ø (304.8 mm x	PZA	14.00	9,361.88	131,066.32

*Se deberá considerar el equipo de seguridad e higiene dentro del Costo Indirecto, según el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

3

**Este Presupuesto esta sujeto a cambios sin previo aviso



PROYECTO DE AGUA POTABLE EN SECTOR CENTRO NORTE DE CIUDAD OBREGÓN.

Presupuesto					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
	152.4mm) W= 155 Kg Incluye: fletes				
4-02-01-02-28	Suministro de Cruz de Fo.Fo. 10" Ø x 10" Ø (254 mm x 254 mm) W= 140 Kg Incluye: fletes	PZA	2.00	9,619.60	19,239.20
4-02-01-02-20	Suministro de Cruz de Fo.Fo. 8" Ø x 6" Ø (203.2 mm x 152.4 mm) W= 77 Kg Incluye: fletes	PZA	2.00	4,652.27	9,304.54
4-02-01-06-09	Suministro de extremidad de FO. FO. 14" Ø (355.6 mm) W = 99 Kg CLASE A-5 Y A-7 Incluye: fletes	PZA	8.00	6,326.69	50,613.52
4-02-01-06-08	Suministro de extremidad de FO. FO. 12" Ø (304.8 mm) W = 80 Kg CLASE A-5 Y A-7 Incluye: fletes	PZA	134.00	3,893.29	521,700.86
4-02-01-06-07	Suministro de extremidad de FO. FO. 10" Ø (254 mm) W = 60 Kg CLASE A-5 Y A-7 Incluye: fletes	PZA	9.00	2,985.64	26,870.76
4-02-01-06-06	Suministro de extremidad de FO. FO. 8" Ø (203.2 mm) W = 41 Kg CLASE A-5 Y A-7 Incluye: fletes	PZA	17.00	2,074.44	35,265.48
4-02-01-06-05	Suministro de extremidad de FO. FO. 6" Ø (152.4 mm) W = 28 Kg CLASE A-5 Y A-7 Incluye: fletes	PZA	51.00	1,399.01	71,349.51
4-02-01-07-09	Suministro de Junta "Gibault" completa de FO. FO. de 14" Ø (355.6 mm) W = 37.5 Kg Incluye: fletes	PZA	8.00	1,800.44	14,403.52
4-02-01-07-08	Suministro de Junta "Gibault" completa de FO. FO. de 12" Ø (304.8 mm) W = 25 Kg Incluye: fletes	PZA	134.00	877.92	117,641.28
4-02-01-07-07	Suministro de Junta "Gibault" completa de FO. FO. de 10" Ø (254 mm) W = 20.2 Kg Incluye: fletes	PZA	9.00	658.44	5,925.96
4-02-01-07-06	Suministro de Junta "Gibault" completa de FO. FO. de 8" Ø (203.2 mm) W = 15.5 Kg Incluye: fletes	PZA	17.00	506.93	8,617.81
4-02-01-07-05	Suministro de Junta "Gibault" completa de FO. FO. de 6" Ø (152.4 mm) W = 10.5 Kg Incluye: fletes Incluye: fletes	PZA	51.00	335.59	17,115.09
4-02-01-08-09	Suministro de Empaque de plomo 14" Ø (355.6 mm) W = 2.900 Kg Incluye: fletes	PZA	8.00	430.58	3,444.64
4-02-01-08-08	Suministro de Empaque de plomo 12" Ø (304.8 mm) W = 2.500 Kg Incluye: fletes	PZA	145.00	301.29	43,687.05
4-02-01-08-07	Suministro de Empaque de plomo 10" Ø (254 mm) W = 1.250 Kg Incluye: fletes	PZA	12.00	227.28	2,727.36
4-02-01-08-06	Suministro de Empaque de plomo 8" Ø (203.2 mm) W = 1 Kg Incluye: fletes	PZA	17.00	161.87	2,751.79
4-02-01-08-05	Suministro de Empaque de plomo 6" Ø (152.4 mm) W = 0.700 Kg Incluye: fletes	PZA	61.00	68.23	4,162.03
4-02-01-09-09	Suministro de Tornillo para brida de 14"Ø (1" x 4-1/2") W= 2.4333 kg/pza Incluye: fletes	PZA	288.00	79.30	22,836.40
4-02-01-09-08	Suministro de Tornillo para brida de 12"Ø (7/8" x 4") W= 2 kg/pza Incluye: fletes	PZA	144.00	90.62	13,049.28
4-02-01-09-07	Suministro de Tornillo para brida de 10"Ø (7/8" x 3-1/2") W= 1.3333 kg/pza Incluye: fletes	PZA	204.00	72.50	14,790.00
4-02-01-09-06	Suministro de Tornillo para brida de 8"Ø (3/4" x 3-1/2") W= 1.5 kg/pza Incluye: fletes	PZA	64.00	46.07	2,948.48
4-02-01-09-05	Suministro de Tornillo para brida de 6"Ø (3/4" x 3-1/2") W= 0.9125 kg/pza Incluye: fletes	PZA	96.00	46.07	4,422.72

*Se deberá considerar el equipo de seguridad e higiene dentro del Costo Indirecto, según el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

4

**Este Presupuesto esta sujeto a cambios sin previo aviso



PROYECTO DE AGUA POTABLE EN SECTOR CENTRO NORTE DE CIUDAD OBREGÓN.

Presupuesto					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
4-02-01-04-29	Suministro de Reducción de Fo.Fo. 14" Ø x 12" Ø (355.6 mm x 304.8 mm) W = 113 Kg Incluye: fletes	PZA	3.00	7,992.61	23,977.83
4-02-01-04-24	Suministro de Reducción de Fo.Fo. 12" Ø x 10" Ø (304.8 mm x 254 mm) W = 81 Kg Incluye: fletes	PZA	1.00	4,970.87	4,970.87
4-02-01-04-22	Suministro de Reducción de Fo.Fo. 12" Ø x 6" Ø (304.8 mm x 152.4 mm) W = 66 Kg Incluye: fletes	PZA	4.00	3,806.92	15,227.68
4-02-01-04-18	Suministro de Reducción de Fo.Fo. 10" Ø x 6" Ø (254 mm x 152.4 mm) W = 47 Kg Incluye: fletes	PZA	4.00	2,645.80	10,583.20
4-02-01-05-021	Suministro de Codo de Fo.Fo. 22°30' 12" Ø W= 98 Kg Incluye: fletes	PZA	3.00	6,003.84	18,011.52
4-02-01-05-018	Suministro de Codo de Fo.Fo. 22°30' 6" Ø W= 26 Kg Incluye: fletes	PZA	1.00	1,612.82	1,612.82
4-02-01-05-006	Suministro de Codo de Fo.Fo. 11° 15' 12" Ø W= 98 Kg Incluye: fletes	PZA	2.00	6,003.84	12,007.68
4-02-01-05-051	Suministro de Codo de Fo.Fo. A 90° 12" Ø W= 113 Kg Incluye: fletes	PZA	2.00	6,845.65	13,691.30
4-02-01-05-048	Suministro de Codo de Fo.Fo. A 90° 6" Ø W= 30 Kg Incluye: fletes	PZA	2.00	1,870.54	3,741.08
4-02-02-01-12	Suministro de Cruz hidráulica ang de 6"x 6" SI (150 mm x 150 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	1.00	717.44	717.44
4-02-02-02-13	Suministro de Tee hidráulica ang de 6"x 6" SI (150 mm x 150 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	53.00	413.53	21,917.09
4-02-02-02-19	Suministro de Tee hidráulica ang de 8"x 6" SI (200 mm x 150 mm) RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	21.00	839.28	17,624.88
4-02-02-06-07	Suministro de Cople de reparación de PVC 8" hidráulico ang. SI RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	21.00	236.25	4,961.25
4-02-02-06-06	Suministro de Cople de reparación de PVC 6" hidráulico ang. SI RD 32.5 Incluye: anillo de hule y materiales puestos en obra	PZA	175.00	131.89	23,080.75
Total de SUMINISTROS					11'661,442.17
Total de AGUA POTABLE					24'860,138.37
Total de SECTOR CENTRO NORTE					24'860,138.37
Subtotal de Presupuesto					24'860,138.37
				Impuesto	3'977,622.14
				Total	28'837,760.51

*Se deberá considerar el equipo de seguridad e higiene dentro del Costo Indirecto, según el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

5

**Este Presupuesto esta sujeto a cambios sin previo aviso

Fig. 4.26 Presupuesto Sector Centro Norte (CivilCAD).

4.8. Con los montos obtenidos para cada esquema, se determinó cuál de los tres software es el más recomendable para el diseño de redes de agua potable.

La siguiente tabla muestra, en resumen el monto de construcción de cada uno de los cinco sectores en cada uno de los tres software de diseño. Es necesario aclarar que el criterio para decidir cuál es el software que arroja los resultados más favorables es, el que se repita más veces como el programa con el monto más económico.

Tabla 4.1 Tabla comparativa de resultados.

	SOFTWARE	MONTO (M.N.)	DIFERENCIA EN MONTO	DIFERENCIA EN PORCENTAJE	RESULTADO MAS ECONOMICO (SOFTWARE)	SOFTWARE MAS RECOMEDABLE DE USAR
SECTOR CENTRO NORTE	EPANET	\$18,002,617.34	\$0.00	0.00%	EPANET	EPANET
	CIVILCAD	\$20,591,974.68	\$2,589,357.34	14.38%		
	WATERCAD	\$20,487,183.38	\$2,484,566.04	13.80%		
ZONA NORTE	EPANET	\$563,703.35	\$0.00	0.00%	EPANET	
	CIVILCAD	\$563,703.35	\$0.00	0.00%	CIVILCAD	
	WATERCAD	\$563,703.35	\$0.00	0.00%	WATERCAD	
LAS MISIONES I ETAPA	EPANET	\$3,772,144.61	\$125,606.35	3.44%	WATERCAD	
	CIVILCAD	\$4,214,613.28	\$568,075.02	15.58%		
	WATERCAD	\$3,646,538.26	\$0.00	0.00%		
ALAMEDA DEL CEDRO II	EPANET	\$1,515,689.26	\$0.00	0.00%	EPANET	
	CIVILCAD	\$1,515,689.26	\$0.00	0.00%	CIVILCAD	
	WATERCAD	\$1,515,689.26	\$0.00	0.00%	WATERCAD	
VILLA SATELITE	EPANET	\$1,147,405.96	\$0.00	0.00%	EPANET	
	CIVILCAD	\$1,147,405.96	\$0.00	0.00%	CIVILCAD	
	WATERCAD	\$1,147,405.96	\$0.00	0.00%	WATERCAD	

Al analizar la tabla 4.1 Tabla comparativa de resultados, podemos observar que, el software más recomendable de usar es el Epanet, ya que es el que con mayor frecuencia arroja los resultados más económicos de construir. Con esto se cumplió con el objetivo ya que consistía en determinar el presupuesto más económico de una red de agua potable, a través de comparar los resultados de tres software de diseño, que permita reducir los costos de construcción de dicha red.

Capítulo V

Para concluir este trabajo de tesis, este capítulo se dedicara a mostrar las conclusiones y recomendaciones obtenidas a lo largo de este trabajo. Lo anterior con el fin de darle continuidad a la investigación para así poder mostrar los beneficios obtenidos.

Conclusiones.

El objetivo de esta tesis fue determinar el presupuesto más económico de una red de agua potable para diferentes fraccionamientos de Ciudad Obregón, a través de la comparación de tres métodos de diseño y cálculo de redes, haciendo uso de software comercial, que permitiera reducir los costos de construcción de dicha red, utilizando especificaciones de la Comisión Nacional del Agua y precios unitarios del Organismo Operador Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cajeme, de mayo de 2017.

Después de llevar a cabo la recolección de los datos necesarios como: cotas de terreno, presión en los puntos de conexión, gasto requerido, rugosidad de los materiales, etcétera; estos se introdujeron en los tres software mencionados en capítulos anteriores, obteniendo los resultados mostrados en el capítulo IV.

Se concluye lo siguiente:

- La hipótesis planteada, *“El diseño realizado con Epanet 2.0 será 10% (porciento) más económico que los resultados de los programas WaterCAD y CivilCAD, con un más/menos 10% (porciento)”*, no se acepta, ya que los resultados demostraron que, el software Epanet 2.0 arroja los resultados mas económicos en un promedio de 14.58% (porciento). Ver tabla (Capítulo IV. Tabla 4.1. Tabla comparativa de resultados).

- El software más recomendable de utilizar es el programa Epanet 2.0, ya que es el software que obtuvo los resultados más económicos de construir con más frecuencia. (Capítulo IV. Tabla 4.1. Tabla comparativa de resultados).
- En fraccionamientos pequeños (menos de 40.0 lps), se puede usar cualquiera de los tres software, ya que los resultados son los mismos, por lo que en el costo de la construcción de la red no hay variación.
- Es necesario hacer un estudio con al menos cinco fraccionamientos de más de 200.0 lps, para saber con certeza si lo que se concluye en esta tesis se cumple. Ya que solo dos fraccionamientos, de los cinco incluidos en éste trabajo, tuvieron variación en sus diámetros, de un software a otro, por lo que es prematuro concluir tajantemente con estos resultados.

Recomendaciones.

Como resultado de trabajar durante un tiempo son los tres software es que puedo hacer las siguientes recomendaciones:

- Usar el programa Epanet 2.0 para fraccionamientos que requieran un gasto mayor a 40.0 lps.
- El uso del software CivilCAD se recomienda cuando existe una gran cantidad de cruceros, ya que una de las funciones de dicho programa es la rutina de generación de cruceros para cada nodo. La forma de sacarle provecho a esto es, usar el programa Epanet 2.0 para obtener los resultados, posteriormente se dibuja en CivilCAD la misma red obtenida en Epanet 2.0, y con la rutina de generación de cruceros, se obtiene el resultado esperado. Es importante mencionar que, los resultados que arroja CivilCAD, incluyen

piezas que no están en uso actualmente, pero es de mucha ayuda para la cuantificación de los materiales a usar, solo se cambian los materiales obsoletos, por materiales del mercado.

- El programa Epanet 2.0 es el más recomendable de usar, ya que, su interfaz es más intuitiva y los resultados que este arroja son mas ilustrativos y fáciles de interpretar.

Bibliografía.

Comisión Nacional del Agua. (2007) Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

FEA Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C., CEMDA Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A.C. y Presencia Ciudadana Mexicana, A.C. (2006). El agua en México: lo que todas y todos debemos saber. México.

Los Diferentes Usos del Agua (s. f.). [En Línea]. México. Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo. Disponible en: http://www.capa.gob.mx/cultura/pdfs/usos_agua.pdf. [2017, 09 de marzo].

Agua Potable y Drenaje. (s. f.). [Base de datos]. México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/usos.aspx?tema=T>. [2017, 09 de marzo].

Cajeme (municipio) (s. f.). México. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Cajeme_\(municipio\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Cajeme_(municipio))

H. Ayuntamiento de Cajeme. (2000). Programa de desarrollo del área urbana de Ciudad. Obregón, Esperanza, Cócorit y Providencia. México.

Angarita Rafael y Meléndez Miguel (s. f.) [En línea]. Venezuela. Fuentes de abastecimiento. Universidad Santa María, Núcleo Barinas. Disponible en: <https://es.slideshare.net/rafiky440/fuentes-de-abastecimiento>

Universidad de las Américas Puebla (s. f.) [En línea]. México. Diseño de líneas de conducción y redes de distribución. Disponible en:

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/deschamps_g_e/capitulo3.pdf

Jiménez Teran José Manuel (s. f.). [En línea]. México. Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Universidad Veracruzana. Disponible en:

<https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>

Lozano Arvey, Bastos Maribel, Gonzaga Luis y Lozano María del Rosario. (s. f.) [En Línea].

Colombia. Presupuestos Fundación Universitaria Luis Amigó. Disponible en:

<http://www.monografias.com/trabajos3/presupuestos/presupuestos.shtml>

Suárez Salazar Carlos Javier. (2005). Costo y tiempo en la edificación. México. Editorial Limusa.