



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Elaboración de proyectos de ingeniería
hidráulica y sanitaria en edificaciones y
unidades habitacionales**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Dante Creso Nettel Tovilla

ASESOR DE INFORME

M.I. Cristian Emmanuel González Reyes



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025

AGRADECIMIENTOS

Estoy completamente agradecido a la gran institución que es la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Ingeniería y a todos sus profesores, porque gracias a los conocimientos que me aportaron he podido realizar el trabajo que me gusta, hacer ingeniería al servicio de quien o quienes me lo solicitan; poniendo siempre todo mi empeño y conocimientos adquiridos como estudiante.

Gradezco también a mis compañeros de trabajo, a los jefes de las empresas en las cuales trabaje y en especial a los que me transmitieron experiencia en el ámbito profesional de la ingeniería.

Este trabajo de informe de actividades profesional es un logro para mí, conllevado por la dirección del M.I. Cristian Emmanuel González Reyes, en verdad gracias a él por su tiempo, paciencia y sus conocimientos otorgados hacia mí, en verdad estoy muy agradecido con él.

Agradezco a mis padres, Elda Mireya y Fernando, aunque no están presentes ya, con cariño les ofrezco este mérito, también a mis hijos, Dante Eliot, Isaac Alonso, a mis hermanas, a mis hermanos Fernando, Cora, Kirna, Antonio, Mara, Juan Alonso, Hugo y Jaime, a toda persona que siempre me haya motivado y ayudado para poder titularme de ingeniero civil por la UNAM.

ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y SANITARIA EN EDIFICACIONES Y UNIDADES HABITACIONALES

Índice

	Página
1. Introducción y objetivo	3
2. Descripción del puesto de trabajo que desempeñé	7
3. Antecedentes	8
4. Contexto de la participación profesional	9
4.1 Alcances para el diseño hidráulico del edificio de 15 viviendas en la calle de Vicente Eguía	9
4.2 Alcances para el diseño del proyecto sanitario "Residencial Chicoloapan (Condominio1) ubicado en la colonia El Arenal, localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, Estado de México.	10
5. Metodología utilizada	11
5.1 Metodología utilizada para el diseño hidráulico del edificio de 15 viviendas en la calle de Vicente Eguía No. 11, colonia San Miguel Chapultepec, Cd. De México.	11
5.2 Metodología utilizada para el diseño del proyecto sanitario "Residencial Chicoloapan (Condominio1) ubicado en la colonia El Arenal, localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, Estado de México.	24
6. Resultados	43
6.1. Resultados en el diseño hidráulico del edificio de 15 viviendas en la calle de Vicente Eguía No. 11, colonia San Miguel Chapultepec, Cd. De México	43
6.2 Resultados para el diseño del proyecto sanitario "Residencial Chicoloapan (Condominio1) ubicado en la colonia El Arenal, localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, Estado de México	74
7. Conclusiones	84
7.1 Conclusiones para el diseño hidráulico del edificio de 15 viviendas en la calle de Vicente Eguía No. 11, colonia San Miguel Chapultepec, Cd. De México	84
7.2 Conclusiones para el diseño del proyecto sanitario "Residencial Chicoloapan (Condominio1) ubicado en la colonia El Arenal, localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, Estado de México	85
8. Bibliografía	86
9. Anexos (Planos)	88

ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y SANITARIA EN EDIFICACIONES Y UNIDADES HABITACIONALES

1. Introducción y objetivo

Introducción

Este trabajo se enfoca a presentar la realización del análisis y diseño de una instalación hidráulica para el abastecimiento de agua potable en un edificio de departamentos con 15 viviendas ubicado en la Ciudad de México, así como un proyecto para desalojar las aguas sanitarias de una unidad habitacional ubicada en la localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, en el estado de México.

En el transcurso de mi vida, trabajé como empleado en empresas que se dedican al área de la Ingeniería Civil, he ocupado diversos cargos como calculista en el área de topografía y en laboratorios de resistencia de materiales y Geotecnia. En mi desempeño como proyectista he realizado proyectos de alineamiento vertical para tramos de autopistas, de instalaciones de agua potable, instalaciones sanitarias y pluviales para edificios habitacionales, colonias y comunidades; efectué levantamientos de instalaciones hidráulicas, sanitarias, pluviales para unidades habitacionales, colonias, poblados y plazas comerciales; por otra parte, he sido jefe de proyectos hidrosanitarios.

Algunas de las empresas para las que he trabajado en el área de ingeniería son:

Empresa	IPESA CONSULTORES S.A. DE C.V. (Auxiliar de ingeniero)
	De enero de 1985 a junio de 1986
Actividad	Realicé cálculos de topografía de gabinete, de poligonales abiertas y cerradas para tramos carreteros y de ferrocarril, canales, áreas de cuencas hidráulicas para el diseño de obras de drenaje en carreteras.
Empresa	CEICSA S.A. DE C.V. (Auxiliar de ingeniero)
	De julio de 1986 a julio de 1987
Actividad	Efectué cálculos en el laboratorio de mecánica de suelos y llevé el control de calidad de materiales de construcción, así como obtuve la clasificación de suelos, para el programa Renovación habitacional popular de la Ciudad de México.
Empresa	GEOVISA S.A. DE C.V., (Calculista)
	De julio de 1989 a diciembre de 1989
Actividad	Hice cálculos en el laboratorio de mecánica de suelos y realicé pruebas de suelos para que posteriormente se diseñara la cimentación de edificios.
Empresa	ALZE INGENIERÍA S.A. DE C.V. (Calculista y proyectista)
	De enero de 1990 a diciembre de 1993

Actividad	Efectué cálculos de topografía de gabinete para tramos de autopistas, carreteras, caminos y canales. Diseñé el alineamiento vertical para tramos de autopistas.
Empresa	BECA INGENIERÍA S.A. DE C.V. (Proyectista)
	De agosto de 1994 a diciembre de 1994
Actividad	Fu proyectista de sistemas de agua potable. Diseñé y calculé líneas de suministro de agua potable y redes hidráulicas en colonias; también ejecuté levantamientos de infraestructura hidráulica y sanitaria existente en poblados.
Empresa	BUSTAMANTE CONSULTORES S.A. DE C.V. (Calculista)
	De julio de 1995 a agosto de 1996
Actividad	Efectué cálculos de topografía de gabinete y obtuve volúmenes de obra en vialidades de pavimentos urbanos. Elaboré planos de curvas de nivel de terrenos.
Empresa	URBASIC S.A DE C.V. (Urbanismo, Arquitectura, Servicios de Ingeniería y Consultoría S.A. de C.V.) (Proyectista y jefe del área de topografía)
	De agosto de 1996 a diciembre de 1997
Actividad	Proyecté sistemas de alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial, agua potable y riego de áreas verdes para unidades territoriales habitacionales y colonias del Proyecto Angelópolis en la Ciudad de Puebla de los Ángeles.
Empresa	GRUPO MAYA INGENIERIA Y ARQUITECTURA S.A DE C.V. (Proyectista)
	De enero a diciembre de 1998
Actividad	Planifiqué y diseñé instalaciones para centros de servicio automotriz y fui residente de obra para el grupo Grupo Sabritas S.R.L. Diseñé áreas de servicio, así como de redes de agua potable, alcantarillado sanitario, eléctrico, de gas L.P. y aire a presión en centros de servicio automotriz, ejecuté levantamientos arquitectónicos y de instalaciones en edificaciones.
Empresa	URBASIC S.A. DE C.V. (Urbanismo, Arquitectura, Servicios de Ingeniería y Consultoría S.A. de C.V.) (jefe de proyectos de instalaciones)
	(De enero de 1999 a febrero de 2002).
Actividad	Con un equipo de trabajo diseñé instalaciones eléctricas, sanitarias, pluviales, de agua potable, de gas L.P. para edificios y casas
Empresa	GRUPO 7 S.A. DE C.V. (Proyectista y residente de obra)
	enero del 2004 a julio del 2004
Actividad	Realicé instalaciones, hidráulicas, sanitarias, pluviales, eléctricas y de gas para edificaciones y casas. Analista de precios unitarios y residente de obra.
Empresa	Persona física con actividad empresarial (Gerente y Proyectista)
	De agosto del 2004 a febrero del 2024

Actividad	A partir de mi decisión de trabajador independiente he continuado proyectando instalaciones sanitarias, pluviales, de agua potable para unidades habitacionales y localidades urbanas. También he sido proyectista de instalaciones sanitarias, pluviales, de agua potable, instalaciones eléctricas, de gas L.P. en edificaciones, también he realizado levantamientos arquitectónicos y de instalaciones en casas, edificios, comercios, plazas comerciales, unidades habitacionales, poblados. He realizado la supervisión de instalaciones hidrosanitarias en edificios y unidades habitacionales, también realicé remodelaciones y construcciones de vivienda para particulares. Llevé a cabo demoliciones de construcciones de vivienda en forma parcial, impermeabilizaciones de azoteas para particulares.
Empresa	Secretaría de Seguridad Ciudadana de la Ciudad de México (Subsecretaria de control de Tránsito) (jefe de Departamento de Señalización Vertical de la Red Vial Primaria de la Cd. De México)
	De marzo a octubre de 2019
Actividad	Corregí, adecué, mejoré el señalamiento horizontal y vertical en la red vial primaria en algunas zonas de la Ciudad de México, llevé a cabo levantamiento de señalamiento vertical existente, realicé el aforo vehicular en intersecciones, diseñé señalamiento horizontal en calles y avenidas, calculé estadísticas de retiro de objetos de la vía pública y de balizamiento, atendí a peticionarios y quejosos en relación al tema de falta o inadecuado balizamiento.

Con referencia al desarrollo de proyectos de ingeniería sanitaria; es necesario que, toda vivienda, edificio de viviendas, colonia o ciudad, cuente con las instalaciones hidráulicas y sanitarias suficientes, ya que estas tienen la finalidad de contribuir a tener un ambiente higiénico, salubridad y confort para sus habitantes. Con respecto al diseño de estas, a lo largo de mi labor profesional he adquirido la experiencia de poder diseñarlas, utilizando no sólo la metodología establecida, sino también la selección de los materiales, decidiendo cuál es la mejor trayectoria o recorrido; la selección de los diámetros de las tuberías y el diseño o cálculo de éstos.

La experiencia laboral me ha enseñado que, tener datos claros antes de realizar una actividad como proyectista, además de buena comunicación y acuerdos con el contratista sobre el desarrollo del proyecto, propicia alcanzar una solución rápida y adecuada.

Objetivo

El objetivo de este trabajo, como mencioné anteriormente, consiste en la presentación de dos proyectos del área de ingeniería sanitaria, los cuales son:

Realizar el análisis y diseño de una instalación hidráulica para el abastecimiento de agua potable en un edificio de departamentos con 15 viviendas, ubicado la calle de Vicente Eguía en la Ciudad de México, así como un proyecto para desalojar las aguas sanitarias de una unidad habitacional, en la colonia El

Arenal, "Residencial Chicoloapan (Condominio número 1)" ubicado en la localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, en el Estado de México.

Los proyectos los diseñé aplicando los conocimientos de ingeniería hidráulica y sanitaria adquiridos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, también basándome en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas, los Manuales de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua [CONAGUA] (Alcantarillado Sanitario, Libros MAPAS 4, 10 y 20) y de mi experiencia laboral.

En la actualidad, como he mencionado, laboro como persona independiente, trabajando en proyectos y diseño de instalaciones hidráulicas, sanitarias, pluviales a nivel urbanización y edificios habitacionales, comerciales e industriales, realizando construcciones, levantamiento de instalaciones hidrosanitarias, pluviales.

Como trabajador independiente, mi misión y visión son las siguientes:

Misión

Realizar el diseño de instalaciones, hidrosanitarias en edificaciones y localidades para satisfacer los requerimientos de empresas y particulares, a partir de las normas y reglamentos vigentes, los conocimientos y experiencia de ingeniería, lo cual permite entregar a mis clientes un producto de calidad, funcional, ejecutable y económico, seleccionando adecuadamente los materiales fáciles de instalar, ecológicos y durables.

Visión

Asesorar y dar solución en el campo de las instalaciones hidrosanitarias a empresas y particulares dedicadas a la industria de la construcción.

Experiencia adquirida en el área de instalaciones

Tuve la oportunidad de formar parte, como proyectista, en la empresa URBASIC en el megaproyecto de urbanización "Angelópolis" en la ciudad de Puebla.

Esta empresa desarrolló diversos trabajos para el proyecto "Angelópolis" del gobierno del estado de Puebla, algunos de ellos fueron estudios de impacto urbano, impacto ambiental, estudios topográficos para el diseño de vialidades, lotificación de unidades territoriales habitacionales con andadores, plazas y terrazas, áreas verdes y jardines, estudios de disposición de residuos sólidos, instalaciones de agua potable, riego de áreas verdes, alcantarillado sanitario y pluvial, instalación de mobiliario urbano, etc.

En la labor realizada en esta empresa fui reforzando los conocimientos para el desarrollo de proyectos de instalaciones hidrosanitarias y pluviales que se alojarían en las llamadas "Unidades Territoriales de Viviendas", no solo a nivel comunidad, sino también para vivienda sola o en edificación vertical, diseñando diversos de estos proyectos para la institución de gobierno Instituto de la Vivienda de la

Ciudad de México [INVI], la cual tiene como finalidad proporcionar vivienda nueva o remodelarlas para que la población de escasos y medianos recursos económicos puedan vivir en condiciones dignas.

La empresa URBASIC S.A. de C.V. se enfocaba al urbanismo de unidades habitacionales, al diseño arquitectónico de casas y viviendas en edificios, así como también a los servicios de ingeniería, consultoría, supervisión de obra, enfocados a la atención de necesidades de particulares, empresas de arquitectura e ingeniería y gobierno, aunque cesó sus funciones a partir del fallecimiento del dueño y director general.

Esta empresa también desarrolló muchos proyectos de vivienda vertical para el Instituto de la Vivienda de la Ciudad de México.

2. Descripción del puesto de trabajo que desempeñé

En esta empresa tuve el puesto de proyectista y diseñador de instalaciones hidrosanitarias, pluviales, riego de áreas verdes, así como encargado del área de topografía, revisando en gabinete los trabajos efectuados por topógrafos y en campo indicando el tipo de trabajo a efectuar.

Posteriormente ascendí a jefe de proyectos de instalaciones. En este encargo realicé revisiones de dichos proyectos efectuados por personal a mi cargo y continué diseñando proyectos de instalaciones hidrosanitarias, pluviales, eléctricas, de agua potable, de gas L.P. para edificios y casas.

Antes de la elaboración de los proyectos, se realizaba una reunión con los contratistas para determinar los alcances, avance de las entregas parciales y final, también solicitábamos, los siguientes datos:

- a) Lugar de la obra
- b) Tipo de edificación, unidad habitacional o comunidad
- c) Planos topográficos
- d) Planos arquitectónicos con plantas, cortes y fachadas
- e) Tipo de restricciones particulares y municipales
- f) Lugar y características de la red de agua potable suministradora
- g) Lugar y características de la red de alcantarillado municipal
- h) Tiempos de entrega parciales y del proyecto

Por nuestra parte se realizaba un presupuesto conteniendo el producto o el alcance del trabajo de diseño a entregar:

Memoria técnica descriptiva del proyecto, incluyendo cálculos, hojas de cálculo y gráficas.

Planos producto del diseño del proyecto, en plantas, cortes, fachadas e isométricos.

Planos de detalles.

Catálogo de conceptos de la obra.

Tiempos de entrega.

3. Antecedentes

Forman parte de este apartado los dos proyectos que realicé, el primero relacionado con una instalación hidráulica y el segundo, con el desalojo de aguas servidas o sanitarias. A continuación, se explican cada una de estas:

- a. Proyecto de instalación hidráulica en la calle de Vicente Eguía no 15, ahora alcaldía Miguel Hidalgo en la Ciudad de México.

Derivado de la petición de la asociación de colonos solicitantes de vivienda ante el Instituto de Vivienda de la Ciudad de México [INVI], se designa a la empresa "X", el ejecutar los trabajos referentes a los proyectos de diseño de un edificio de viviendas. Los proyectos ejecutados fueron:

- Estudio topográfico
- Estudio de mecánica de suelos
- Proyecto arquitectónico

Proyectos de ingeniería:

- Diseño estructural
- Diseño de instalaciones, hidráulicas, sanitarias, pluviales, eléctricas, de gas, ductos para instalaciones de TV y telefonía.

La empresa me encomendó realizar los proyectos de instalaciones hidráulicas, sanitarias, pluviales, eléctricas, a gas, ductos para instalaciones de TV y telefonía.

En este informe únicamente abordé el tema de las instalaciones hidráulicas, para el cual tuve que solicitar plano topográfico, planos ejecutivos arquitectónicos con plantas, cortes, fachadas y disponibilidad de agua que otorga la delegación (hoy alcaldía Miguel Hidalgo).

- b. Proyecto de instalación sanitaria en el conjunto "Residencial Chicoloapan (Condominio1) ubicado en la calle Cerrada Los Cedros o San Antonio, colonia El Arenal, localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, Estado de México.

En este caso, la empresa constructora e inmobiliaria "Y", solicita los servicios de diseño de instalaciones de un proyecto de urbanización que contendría 54 viviendas, como parte de una de las etapas de desarrollo inmobiliario, los proyectos que se me requirieron fueron:

Diseño de instalaciones, hidráulicas, sanitarias y pluviales del condominio.

Realicé los tres proyectos a nivel condominio, aunque para el presente informe solo presento lo referente al diseño de instalaciones sanitarias.

Los datos solicitados para la ejecución de estos proyectos fueron:

- Plano topográfico con curvas de nivel

- Plano de alineamiento vertical o de rasantes de las vialidades
- Plano de desplante de lotificación de viviendas, de áreas verdes y comerciales
- Planos arquitectónicos de casa tipo
- Población de proyecto
- Restricciones internas y externas

En este informe sólo presento el tema de las instalaciones sanitarias, para lo cual tuve que solicitar los planos antes mencionados, además de planos ejecutivos arquitectónicos con plantas, cortes y fachadas.

4. Contexto de la participación profesional

4.1 Alcances para el diseño hidráulico del edificio de 15 viviendas en la calle de Vicente Eguía

El proyecto de edificio de departamentos lo realicé para un predio ubicado en la calle de gobernador Vicente Eguía número 15, en su momento delegación Miguel Hidalgo.

En este trabajo se contempló el diseño de instalación hidráulica para dotar de agua potable a un predio que alojó un edificio de departamentos del tipo de interés social. El edificio contempló 15 viviendas o departamentos; incluyó el diseño de cisterna, tinacos o tanques elevados y la obtención de los volúmenes de almacenamiento de agua y el desarrollo o trayectorias de las tuberías para distribuir agua potable a los departamentos o viviendas.

Cada vivienda constó de las siguientes áreas o servicios y los datos de proyecto fueron:

Tabla No. 1 Áreas de servicio contenidas para cada vivienda
(Fuente: Elaboración propia)

Concepto	Cantidad
Estancia-comedor	1
Cocina equipada con estufa y fregadero	1
Patio de servicio con calentador de 38 L de agua y lavadero	1
Baño con regadera, WC y lavamanos	1
Recámaras	2
Habitantes por vivienda	4
No. total de habitantes en el edificio	60
Dotación diaria de agua	150 litros por habitante al día (L/hab/día)
Consumo diario	9,000 litros/día
Capacidad total de almacenamiento mínimo (2 días de consumo según las normas técnicas)	18,000 litros de agua.

La distribución de las viviendas en el edificio se enuncia a continuación:

- En el nivel de semisótano, únicamente se alojarían el cuarto de máquinas, la cisterna de agua potable y los cajones de estacionamiento.

- En la planta baja, el acceso al edificio y 3 viviendas.
- En las plantas de 1er, 2° y 3er nivel, se ubicaron 4 departamentos en cada piso.
- Por último, en la planta de azotea los depósitos de gas LP y los tinacos de agua potable, así como las coladeras receptoras de aguas pluviales.

La problemática que se presentó consistió en el diseño hidráulico de las tuberías para suministrar agua a cada departamento en forma eficiente y en la cantidad adecuada, el poco espacio en la azotea para la ubicación de todos los depósitos de agua potable y de gas LP.

Otra de las restricciones que surgió en cuanto al servicio de agua caliente para cada vivienda; se especificó por parte de Instituto de Vivienda de la Ciudad de México [INVI], que para cada vivienda existiría un calentador a gas LP, para calentar agua con capacidad de 38 litros en el patio de servicio, pero, también se indicó que se realizarían medidas que ayudarían a la ecología, evitando el consumo de combustible y la contaminación producida por estos aparatos, por lo que se decidió que se alojara en la planta de azotea un calentador solar de agua con depósito de capacidad de 132 litros de agua en el termotanque para cada vivienda. Esta propuesta generó un arreglo o acomodo especial de los calentadores solares. Se tuvo que resolver de manera adecuada, ya que la planta de azotea no era muy extensa y tanto los calentadores solares como los tanques de almacenamiento de gas y los tinacos deberían de alojarse de tal forma que existiera espacio adecuado para realizar maniobras de mantenimiento o inspeccionar dichas instalaciones.

4.2 Alcances para el diseño del proyecto “Residencial Chicoloapan (Condominio1) ubicado en la colonia El Arenal, localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, Estado de México.

Desarrollé el diseño de instalaciones hidráulicas de agua potable, sanitarias y pluviales para un conjunto habitacional horizontal denominado “Residencial Chicoloapan (Condominio 1)” ubicado en la Cerrada San Antonio de los Cedros, colonia el Arenal, en la localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, Estado de México.

El alcance de este trabajo fue el diseño del proyecto de desalojo de aguas sanitarias y pluviales en sistemas separados.

Los datos para este proyecto se presentan en la siguiente tabla:

Tabla No. 2 Características del sistema de desalojo de aguas, cantidad lotes, viviendas y población del conjunto habitacional (Fuente: Elaboración propia)

Concepto	Descripción
Sistema de desalojo de aguas	separado
Número de lotes en el predio	27
Número De casas por lote	2
Número total de viviendas	54
Número habitantes por vivienda	5
Población total	270 habitantes
Topografía del terreno	llana
Tipo de suelo	arcilloso

Las áreas de las que se componen cada vivienda son:

Tabla No. 3 Composición arquitectónica de cada vivienda (Fuente: Elaboración propia)

Concepto	Cantidad
Número de recámaras	2
Comedor	1
Cocina equipada con estufa y fregadero	1
Patio de servicio con lavadero	1
1 ½ baños	1 1/2
Cochera	1

La problemática que se presentó en este proyecto fue la condición del terreno que es llana y también a la poca profundidad de la tubería de alcantarillado municipal. Se seleccionó una tubería resistente que pudiera instalarse a poca profundidad dentro del predio, pero que a su vez tuviera un valor pequeño en el coeficiente de rugosidad, para evitar azolves en la tubería, ya que se calculó con pendientes mínimas de instalación, que posiblemente producirían azolve generado por las aguas residuales vertidas. De esta manera se tuvo mayor flexibilidad para poder realizar el acoplamiento de tubería del conjunto residencial con el sistema municipal de drenaje.

5. Metodología utilizada

5.1 Metodología utilizada para el diseño hidráulico del edificio de 15 viviendas en la calle de Vicente Eguía No. 11, colonia San Miguel Chapultepec, Ciudad de México.

A continuación, se describe la metodología general que realicé para llevar a cabo este proyecto de instalación hidráulica:

5.1.1. Descripción del proyecto

En este apartado se describe el tipo de proyecto a realizar o requerimientos de la edificación, el lugar donde se realizará, el tipo de edificación, si es vivienda única, edificio de viviendas, construcción industrial, conjunto residencial, colonia o población. Se observan las características generales topográficas como área que ocupa el proyecto y las condiciones topográficas del terreno.

Por otra parte, es necesario conocer cómo se encuentra estructurada la vivienda, construcción, unidad habitacional o poblado, es decir, las áreas de servicios que conforman ésta. Lo anterior con la finalidad de tener una mejora perspectiva de cómo desarrollar el diseño que se está requiriendo.

5.1.2. Objetivo

En este se plasma lo que queremos lograr o conseguir con base a los requerimientos o necesidades de los habitantes en el estudio del proyecto, apegándose en lo que enuncian los reglamentos y normas de las dependencias de gobierno o de autoridad competente.

También se describen los beneficios que se lograron al realizar el diseño de la instalación.

5.1.3. Datos básicos del proyecto

Los datos básicos de proyecto se recopilan para tener datos específicos para el cálculo del desarrollo del proyecto, a mayor cantidad de datos necesarios del estudio, se puede iniciar más rápidamente el diseño del proyecto.

Estos datos se pueden obtener de la entrevista con el desarrollador del proyecto y de planos arquitectónicos o de topografía; en el caso de proyectos que cuenten con áreas muy extensas, como es el caso de conjuntos residenciales, colonias, poblaciones, líneas de conducción de agua potable o colectores sanitarios. Los datos que se recopilan son:

Número de viviendas, número de habitantes por vivienda, cantidad de habitaciones de la vivienda, superficie del estudio, fuente de abastecimiento de agua potable o disposición de las aguas sanitarias, tipo de tuberías a emplear, materiales de los tanques, cisternas, depósitos enterrados o elevados que almacenarán el agua a suministrar en la vivienda, edificación, conjunto residencial, colonia o población.

Para poblaciones se consultan los Censos de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], con el propósito de realizar la proyección de la población deseada y que es solicitada por la dependencia de gobierno que requiere el proyecto.

Se considera la fuente de abastecimiento de agua, de dónde proviene, si es posible, también será necesaria la presión hidráulica que tiene ésta en el punto donde se realizará la toma de agua alimentadora del proyecto, el diámetro y material de la tubería de conexión.

5.1.4. Ubicación y referencia de la obra

Se recaban en específico los datos de dónde se encuentra el proyecto, como son: nombre de la calle, colonia, código postal, municipio, alcaldía y estado.

El nombre del o los propietarios es importante, porque se plasman en las memorias y planos que se presentan en los trámites para licencia de construcción ante el municipio o alcaldía.

5.1.5. Información de apoyo

Con la información de apoyo se realiza un planteamiento del origen de la fuente de abastecimiento y cómo será almacenada en la vivienda y la forma de distribución de ésta. Se enunciarán el tipo de material de la tubería, conexiones, válvulas, las especificaciones de los materiales y muebles hidrosanitarios, de acuerdo con las leyes, reglamentos y normas correspondientes.

De ser necesario, se contempla el entorno del sitio del proyecto, con los siguientes aspectos o características, cuando se trate de proyectos grandes:

- Fisiografía
- Geología
- Clima
- Hidrología
- Aspectos demográficos
- Población
- Densidad de población
- Vialidad
- Agua potable
- Drenaje
- Energía eléctrica
- Medio ambiente
- Pronóstico poblacional
- Redes de Infraestructura
- Vivienda

5.1.6. Memoria descriptiva

En este inciso se enuncia la composición arquitectónica de la vivienda o edificación para la que se proyectará la instalación, lo anterior se tomará para el cálculo hidráulico que se efectúa en la memoria de cálculo, para conocer el número de habitantes y con ello los volúmenes de agua de almacenamiento y el diseño de los ramales de distribución.

5.1.7. Memoria de cálculo

Para esta etapa se realizan los cálculos que justifican el diseño de todas las tuberías que proporcionarán agua potable a las viviendas, áreas que la componen y la capacidad de almacenamiento mínima de los depósitos de reserva de agua potable, de acuerdo con los datos básicos de proyecto recabados.

La memoria de cálculo para este proyecto de instalación hidráulica deberá contener los siguientes puntos:

- a) Dotación de agua potable
- b) Cálculo de la demanda diaria
- c) Cálculo de gastos hidráulicos de diseño
 - c.1) Gasto Medio Anual (Q_{med})
 - c.2) Gasto máximo diario
 - c.3) Gasto máximo horario
- d) Cálculo del diámetro de la toma general del predio
- e) Cálculo de los volúmenes de almacenamiento de agua para el edificio
- f) Selección de diámetros de distribución de los tinacos a medidores
- g) Cálculo y diseño de los ramales de distribución de las tuberías que bajan a los departamentos y a la red interna hidráulica
- h) Diseño del sistema de bombeo

a) Dotación de agua potable

Este dato es necesario para saber la capacidad mínima de almacenaje de agua, el cual está relacionado con la población de proyecto. La dotación de agua potable fue de 150 L/hab/día (mínimo) por tratarse de una vivienda de hasta 90 m² construidos y considerando la tabla 2.-13, del apartado 2.6.2, según las de las Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004).

Así como también se considera lo dispuesto por el Reglamento de construcciones para el Distrito Federal, ahora Ciudad de México, que indica la dotación de agua: (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004)

ART.124.- capítulo VI, del mismo reglamento anterior, especifica:

“Las edificaciones nuevas de más de tres niveles deben contar con un almacenamiento con capacidad para satisfacer dos veces la demanda diaria de agua potable y estar equipadas con sistema de bombeo” según inciso 2.6.3.B de las Normas Técnicas Complementarias.

b) Cálculo de la demanda diaria

Este cálculo permite conocer el consumo promedio diario de agua de la población.

El consumo diario de agua potable o demanda diaria para todo el edificio se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Consumo} = \text{número de habitantes} \times \text{demanda de agua por habitante}$$

El número de habitantes se considera de 2 habitantes por cada recámara de las viviendas, según las normas descritas, apartado 2.6.2 (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004).

La demanda de agua potable se obtuvo del punto anterior y resultó de 150 litros por habitante al día.

c) Cálculo de gastos hidráulicos de diseño

Para el diseño de los diámetros de las tuberías fue necesario calcular el gasto medio anual, el gasto máximo diario y el gasto máximo horario.

c.1) Gasto Medio Anual (Q_{med})

Previo a la obtención de los gastos demandados de diseño, se calculó el gasto medio anual, denominado como Q_{med} , que resulta del probable consumo diario de agua por los habitantes (demanda diaria) entre el número de segundos en un día. Está definido por la siguiente fórmula:

$$Q_{med} = \frac{\text{demanda diaria}}{\text{número de segundos en un día}}$$

c.2) Gasto máximo diario (Q_{Md})

El gasto máximo diario es una posible previsión de consumo fuera de lo normal diario, pero que se debe tomar en cuenta, ya que, en ocasiones, por algún evento determinado fuera de las actividades cotidianas ordinarias, pueden ocurrir consumos inesperados. Para su obtención se multiplica el gasto medio anual por el coeficiente CVd, equivalente a 1.2, es decir, también se podría interpretar como una variación en el consumo de agua en los días más críticos del año y por lo tanto se requiere de 20% más del líquido, según apartado 1.2.1.d (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004) y el apartado 2.2.4.2., del Libro 4 MAPAS de la (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2018).

Los gastos máximo diario y máximo horario se obtienen a partir del gasto medio con la ecuación 2.3 y ecuación 2.4, tabla 2.5 Coeficiente de variación diaria y horaria, tomadas del mismo Libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018)

Tabla No. 4 Coeficientes de variación diaria y horaria
(Elaboración propia con ayuda del libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018))

Concepto	Valor
Coeficiente de variación diaria	(CVd) 1.20 a 1.40
Coeficiente de variación horaria	(CVh) 1.55

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

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

donde:

- Q_{Md} = Gasto máximo diario, en l/s
- Q_{Mh} = Gasto máximo horario, en l/s
- CV_d = Coeficiente de variación diaria
- CV_h = Coeficiente de variación horaria
- Q_{med} = Gasto medio diario, en l/s

c.3) Gasto máximo horario (Q_{Mh})

Considerando que pueden ocurrir eventos que no son normales en el consumo horario dentro de las actividades diarias de los habitantes, se tomó en cuenta el cálculo del Gasto Máximo Horario, para ello se utilizó el factor denominado CV_h con valor de 1.5; visto de otra manera, sería considerar una doble previsión del consumo de agua por los habitantes; con ello se estaría cubriendo la demanda de agua más crítica por hora diaria. Enunciado en el apartado 2.2.4.2 del libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018).

Los gastos máximo diario y máximo horario se obtuvieron a partir del gasto medio y de los coeficientes de variación diaria y horaria, enunciadas en el Libro 4 del MAPAS.

El gasto máximo diario está definido por la ecuación 2.4.

$$Q_{Mh} = CV_h Q_{Md} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

d) Cálculo del diámetro de la toma general del predio

Se procedió a calcular el diámetro de la toma municipal, que proporcionaría agua a los habitantes de la edificación y cuya trayectoria se dirigió a la cisterna de almacenamiento.

El diámetro se determinó empleando la ecuación de continuidad, siguiendo el lineamiento del Manual de Ingenierías, parte II del INVI (Instituto de la Vivienda del Distrito Federal, 2005), y (Sotelo Avila, 1994).

$$D = \sqrt{(4Q/\pi v)}$$

Donde:

- D es el diámetro de la toma en m
- Q es el gasto por obtener de la red municipal, el cual será igual al gasto medio diario (Q_{med}) cuando se trate de abastecimiento directo de toma a cisterna y se considera igual al gasto máximo horario (Q_{Mh}) cuando el abastecimiento sea de toma a tanque o tinacos elevados en m^3/s .

V es la velocidad de flujo en el conducto en m/s

Para fines prácticos podrá estimarse con un valor que fluctúe entre 1.00 y 1.50 m/s, debido a que dichos valores garantizan pérdidas mínimas de energía.

e) Cálculo de los volúmenes de almacenamiento de agua para el edificio

La finalidad de este cálculo fue conocer la cantidad mínima de agua que dispondrían los habitantes de la vivienda y cómo se distribuiría para su almacenaje.

Primero se realizó una propuesta en la que la cisterna tendría el 70% del volumen total y los tinacos elevados contendrían el 30% del volumen, posteriormente se ajustó de acuerdo con el área disponible de la cisterna y al número de tinacos que se alojarían en la azotea; comúnmente se realiza una cisterna enterrada y se alojan los tinacos en la azotea para distribuir el agua por medio de tuberías que bajan hacia éstas por gravedad.

f) Selección de diámetros de distribución de los tinacos a medidores

Para el cálculo de los ramales principales alimentadores de agua de los tinacos hacia los medidores, se realizó la trayectoria de suministro, la cual debería ser lo más directa hacia éstos. En esta tubería se calculó el diámetro adecuado para no provocar demasiadas pérdidas de carga hidráulica hacia los medidores de agua y no perder presión en los tramos posteriores al medidor, ya que afectarían tanto la velocidad, presión y carga hidráulica disponible en cada dispositivo alimentador de agua en el mueble hidrosanitario.

Es necesario contar con los niveles o elevaciones de la planta de tinacos y del lugar donde se alojarían los medidores.

El análisis de las pérdidas por fricción de las tuberías se realizó por tramos, calculando de manera iterativa, de tal manera que las pérdidas fueran razonables, pero sin exagerar en la elección del diámetro comercial.

El gasto hidráulico utilizado depende de la cantidad de muebles hidrosanitarios que se ubican dentro de la vivienda; la tubería general que alimenta a todos los medidores de las viviendas se diseña obteniendo la suma acumulada de las unidades mueble que alimentarán al conjunto de medidores de agua, es decir, se cuantifica la cantidad de unidades mueble por vivienda y esta se multiplica por la cantidad de viviendas que serán alimentadas de agua por ese ramal, posteriormente se convierten las unidades mueble a gasto en litros por minuto (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004).

De manera general el método del Dr. Hunter indica que la demanda de agua de un edificio depende de la clase y cantidad de accesorios, así como de la probabilidad de su operación simultánea. Todos los accesorios se alimentan con diferentes gastos debido a su uso o propósito (Cesar Vádez, 1998).

Para el análisis hidráulico de cada tramo de tubería y determinar el diámetro de ésta, se considera el número de unidades mueble que se aportarían a estos muebles, por lo tanto, se asigna determinado número de unidades mueble a cada mueble hidrosanitario, de acuerdo a la demanda que proporcionará la tubería en análisis. Cada número de unidades mueble puede convertirse a unidades de gasto en L/s según una relación obtenida por el Dr. Hunter, se utilizó la tabla de equivalencias 2.2.6.2 de las Normas antes mencionadas (Gobierno del Distrito Federal, 1995) o de las Normas de Diseño de ingeniería, Ingeniería Hidráulica, Sanitaria y Especiales, Capítulo 5 Distribución de agua fría. Tabla 5.4. Gastos en función de unidades- mueble. Método de Hunter-Nielsen del Instituto Mexicano del Seguro Social [IMSS] (IMSS, 1999)

TABLA 2.2.6.2 Conversión de unidades mueble a litros por segundo
(Elaboración propia con ayuda de Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e Instalaciones hidráulicas (Gobierno del Distrito Federal, 1995))

GASTO (l.p.s.)	UNIDADES TANQUE	MUEBLE FLUXO- METRO	GASTO (l.p.s.)	UNIDADES TANQUE	MUEBLE FLUXO- METRO	GASTO (l.p.s.)	UNIDADES TANQUE	MUEBLE FLUXO- METRO
0.063	0	-	2.77	103	35	8.83	5.85	490
0.13	1	-	2.84	107	37	9.14	611	521
0.19	3	-	2.90	111	39	9.46	638	559
0.25	4	-	2.96	115	42	9.77	665	596
0.32	6	-	3.03	119	44	10.09	692	631
0.38	7	-	3.09	123	46	10.40	719	666
0.44	8	-	3.15	127	48	10.72	748	700
0.50	10	-	3.22	130	50	11.04	778	739
0.57	12	-	3.28	135	52	11.35	809	775
0.63	13	-	3.34	141	54	11.67	840	811
0.69	15	-	3.41	146	57	11.99	874	850
0.76	16	-	3.47	151	60	12.62	945	931
0.82	18	-	3.53	155	63	13.25	1018	1009
0.88	20	-	3.60	160	66	13.88	1091	1091
0.95	21	-	3.66	165	69	14.51	1173	1173
1.01	23	-	3.72	170	73	15.14	1254	1254
1.07	24	-	3.78	175	76	15.77	1335	1335
1.13	26	-	3.91	185	82	16.40	1418	1418
1.20	28	-	4.04	195	88	17.03	1500	1500
1.26	30	-	4.16	205	95	17.66	2583	2583
1.32	32	-	4.29	215	102	18.29	1668	1668
1.39	34	5	4.42	225	108	18.92	1755	1755
1.45	36	6	4.54	236	116	19.55	1845	1845
1.51	39	7	4.67	245	124	20.19	1926	1926
1.58	42	8	4.79	254	132	20.82	2018	2018
1.64	44	9	4.92	264	140	21.45	2110	2110
1.70	46	10	5.05	275	148	22.08	2204	2204
1.77	49	11	5.17	284	158	22.71	2298	2298
1.83	51	12	5.30	294	168	23.34	2388	2388
1.89	54	13	5.43	305	176	23.97	2480	2480
1.95	56	14	5.55	315	186	24.60	2575	2575
2.02	58	15	5.68	326	195	25.23	2670	2670
2.08	60	16	5.80	337	205	25.86	2765	2765
2.14	63	18	5.93	348	214	26.49	2862	2862
2.21	66	20	6.06	359	223	27.13	2960	2960
2.27	69	21	6.18	370	234	27.76	3060	3060
2.33	74	23	6.31	380	245	28.39	3150	3150
2.40	78	25	6.62	406	270	31.54	3620	3620
2.46	83	26	6.94	431	295	34.70	4070	4070
2.52	86	28	7.25	455	329	37.85	4480	4480
2.59	90	30	7.57	479	365	44.15	5380	5380
2.65	95	31	7.89	506	396	50.47	6280	6280
2.71	99	33	8.20	533	430	56.377	7280	7280
			8.52	559	460	63.08	8300	8300

En el diseño de las líneas de alimentación a medidores se aplicó la ecuación de continuidad, con la que se calculó el diámetro de las tuberías que abastecerían a las viviendas usando el gasto máximo horario

(Q_{Mh}) determinado, como se mencionó anteriormente, mediante el método de la “Unidades Mueble” o Modelo de Hunter, cuidando que la velocidad máxima sea de 3 m/s que garantiza que no haya grandes pérdidas por fricción ni movimiento en las tuberías causado por el golpe de ariete.

$$Q = VA$$

Donde

- Q gasto hidráulico demandado en m³/s
- V velocidad del agua en la tubería en m/s
- A área interior de la tubería en m² ($A = \pi D^2 / 4$)
- D diámetro de la circunferencia

Las pérdidas por fricción se pueden obtener de las fórmulas de Darcy-Weisbach o de Coolebrook y White, enunciado en el Libro 10 MAPAS (CONAGUA, 2019).

En donde se considera un coeficiente “f” de pérdidas adimensional y que está en función de la rugosidad media de las paredes de la tubería, ya que a lo largo de ésta existe variación, así como también, debido al efecto de la corrosión del agua y sus componentes, el valor del coeficiente de rugosidad varía.

Las rugosidades absolutas del tubo se pueden consultar en diversos libros, pero es conveniente obtenerlos del fabricante, para tener mayor certeza en los cálculos.

Por medio de estudios experimentales se puede obtener el coeficiente f , asociándolo al diámetro y la rugosidad (ϵ) del material de la tubería por medio del número de Reynolds y el diagrama universal de Moody. En el diagrama de Moody se observan tres zonas, la de flujo laminar ($Re < 2,300$), la zona de transición ($2300 < Re < 10,000$) y la zona de turbulencia del flujo ($Re > 10,000$).

El número de Reynolds considera la velocidad del flujo dentro del conducto, el diámetro y la viscosidad cinemática del fluido.

El cálculo del coeficiente de pérdidas se puede también obtener en forma aproximada y de forma directa a través de la ecuación de Swamee–Jain, como se indica en el libro 10 del MAPAS (CONAGUA, 2019), el cual es válido para los siguientes valores:

$$5\,000 < Re < 10^6 \text{ y } 10^{-6} < D < 10^{-2}$$

Para el cálculo de las pérdidas por fricción, en el caso del proyecto de instalación hidráulica del predio ubicado en la calle de Vicente Eguía, se utilizó la fórmula de Manning (Sotelo Avila, 1994).

$$hf = kLQ^2$$

Donde

- hf pérdidas por fricción (m)
- L longitud de la tubería que recorre el agua (m)
- Q gasto que fluye por el conducto (m³/s)
- K coeficiente de fricción

$$K = \frac{10.3n^2}{D^{16/3}}$$

- n coeficiente de rugosidad (para cobre n = 0.011)
- D diámetro seleccionado de la tubería (mm)

Tabla 2-14 Unidades-mueble para instalaciones hidráulicas

Elaboración propia con ayuda de Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e Instalaciones hidráulicas, (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004))

Mueble	Unidades - Mueble		
	Total	Agua fría	Agua caliente
Artesa	2	1.5	1.5
Bebedero	2	1.5	1.5
Cocina	1	1	
Fregadero	2	1.5	1.5
Grupos de baño (WC con fluxómetro)			
WC-R-L	3	3	1.5
WC-R	3	3	1.5
WC-L	3	3	1
L-R	2	1.5	1.5
Grupos de baño (WC con tanque)			
WC-R-L	2	1.5	1.5
WC-R	2	1.5	1.5

Mueble	Unidades - Mueble		
	Total	Agua fría	Agua caliente
WC-L	2	1	1
Inodoro con fluxómetro	3	3	
Inodoro con tanque	1	1	
Lavabos	2	1	1
Mingitorio con fluxómetro	3	3	
Mingitorio con llave de resorte	2	2	
Regaderas	2	1.5	1.5
Vertederos	1	1	
Lavadora de losa	10		10
Lavadoras (por kg de ropa seca)			
Horizontales	3	2	2
Extractores	6	4	4

g) Cálculo y diseño de los ramales de distribución a las tuberías que bajan a los departamentos y a la red interna hidráulica

El diseño hidráulico de los ramales de suministro de agua se enfoca a conocer el funcionamiento en las condiciones de diseño y de trabajo más favorables, es decir, a calcular los gastos de cada tramo, cargas piezométricas disponibles en los cruces y conocer la carga hidráulica de trabajo en muebles más alejados en cada departamento de la red, puesto que en ellos se presentan menores cargas piezométricas, debido a las pérdidas por fricción en las tuberías.

Antes de ejecutar el diseño de los ramales de distribución a las viviendas, se realizó en planos el dibujo o trayectoria que tendrían estas líneas de alimentación a los departamentos, provenientes de los

medidores. Se recomiendan trazos directos; evitar hasta donde sea posible cambios de trayectoria a 90°, puesto que provocan pérdidas por fricción y baja presión en el flujo de agua.

Se efectuó el análisis de los tramos de tubería por medio de la ecuación de continuidad y de fricción de Manning y, de acuerdo con los niveles del tramo, se calculó la carga disponible al final de cada nodo de éste. Para este caso, el gasto hidráulico utilizado en el análisis fue el correspondiente al total de las unidades mueble que alimentarían a los muebles hidrosanitarios de cada vivienda. Cada mueble hidrosanitario consumiría lo correspondiente a una determinada cantidad de unidades mueble, según el método de Hunter. El diámetro seleccionado dentro de la vivienda fue cambiando, de acuerdo con el ramal de alimentación de uno o más muebles hidrosanitarios; a mayor cantidad de alimentación de muebles, mayor sería el diámetro.

Este proceso iterativo se realiza en una hoja de cálculo, en la que deberán considerarse, nodos, tramos, gastos por ramal y acumulados, pérdidas por fricción, niveles de tramo analizado, carga disponible en el mueble o tramo de tubería.

En cuanto a la carga mínima de trabajo en los muebles sanitarios se atendió lo mencionado en el apartado 2.6.3.A de las Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004) que indican:

“En el cálculo de pérdidas de carga en las tuberías también se usará la fórmula de Manning, considerando el área interior de las tuberías según información comercial de los fabricantes de cada uno de los tubos, ya sean de cobre, fierro galvanizado, acero o cloruro de polivinilo. Las presiones mínimas del agua en los muebles y llaves se encuentran en la siguiente tabla.”

Tabla 2-15.- Cargas mínimas de trabajo en muebles hidrosanitarios (Elaboración propia con ayuda de Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e Instalaciones hidráulicas), (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004)Mueble o equipo

	Diámetro mm	Carga de trabajo m.c.a
inodoro (fluxómetro)	32	10.0
Inodoro (tanque)	13	3
Lavabo	13	3
Lavadero	13	3
Mingitorio (fluxómetro)	25	10
Mingitorio (llave de resorte)	13	5
Regadera	13	10 *
Salida para riego con manguera	19	17
Vertedero de aseo	13	3
Fregadero (por mezcladora)	13	3
Lavadora de loza	13	14

* Tomando en cuenta el capítulo 6, apartado 6.1.2 de las mismas normas descritas anteriormente, que mencionan:

“La salida de agua de los tinacos debe ubicarse a una altura de por lo menos 2 m por arriba de la salida de la regadera o mueble sanitario más alto de la edificación” (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004); entonces, para la regadera es más razonable utilizar el criterio anterior que utilizar 10 mca, en el caso del departamento más próximo a la azotea o de tercer nivel.

Así también lo indica el Manual para la presentación de proyectos y diseño de viviendas INVI, volumen II (Instituto de la Vivienda del Distrito Federal, 2005):

Para el cálculo de las cargas disponibles en los muebles hidrosanitarios se tomaron como base los siguientes valores:

Tabla2-15.- Cargas mínimas de trabajo en muebles hidrosanitarios (Elaboración propia con ayuda de la norma técnica de ingenierías para diseño de proyectos de interés social del INVI, apartado 2.1.8)

MUEBLE SANITARIO	CARGA DE TRABAJO (m.c.a)
Inodoro (tanque)	3
Lavabo	3
Regadera	1
Fregadero	3
Lavadero	3
Lavadora	3

Los datos que se requieren para este cálculo son:

- a. Longitudes
- b. Gastos
- c. Diámetros (que se proponen)
- d. Materiales de la tubería en cada tramo
- e. Niveles de los nodos y de salida de muebles hidrosanitarios

El cálculo de las presiones en las llaves de los centros de consumo se hará partiendo de la carga disponible que se tiene desde el tinaco y hacia el mueble más desfavorable desde el punto de vista de ubicación topográfica y lejanía del punto de alimentación general, acumulando las pérdidas de carga en el transcurso de la tubería.

Así como en el cálculo de los tinacos a los medidores, se realiza el cálculo para el diseño de las líneas de alimentación, aplicando la ecuación de continuidad (Sotelo Avila, 1994) y con ella se obtendrá el diámetro de las tuberías que abastezcan a las viviendas usando el gasto máximo horario (Q_{Mh}) determinado mediante el método de "unidades mueble" o modelo de Hunter y descrito en el apartado anterior, cuidando nuevamente que la velocidad máxima sea de 3 m/s que garantiza que no haya grandes pérdidas por fricción.

h) Diseño del sistema de bombeo

Actualmente casi en todas las edificaciones es necesario elevar el agua de la cisterna a tinacos por medio de una o más bombas hidráulicas, debido a la insuficiente presión de agua que proporciona el municipio.

Los datos necesarios para el cálculo del diámetro de la tubería y potencia de la bomba son:

- Trazo o diseño del desarrollo de la tubería
- Volumen de almacenamiento en tinacos
- Tiempo en el que se llenarán los tinacos (por lo regular es de 30 a 60 minutos)
- Tipo de tubería a utilizar
- Longitud de los tramos
- Se propone de forma iterativa el diámetro de la tubería y tipo de material

- Niveles de succión, ubicación de la bomba y nivel de los tinacos elevados
- Tipo y cantidad de bombas a utilizar

El cálculo de la carga dinámica a vencer considera pérdidas de fricción por longitud, por velocidad y pérdidas locales (piezas especiales). Para la elevación del agua de cisterna a los tinacos se debería contar con dos equipos de bombeo, que alternarán su servicio cada uno.

Los datos para el cálculo de la potencia de la bomba fueron:

- Gasto de bombeo
- Volumen de tinacos
- Tiempo de llenado 1 hora (3,600 s)

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{3,600} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Se cuantifica de la velocidad en la línea de alimentación a tinacos.

Con el diámetro de tubería de descarga se despeja la velocidad de la ecuación de continuidad:

$$Q = V A$$

Por lo tanto $V = Q / A$

Y se sustituyen los valores

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

A en m²

Se obtuvo la velocidad del flujo V en m/s (la velocidad adecuada deberá ser menor a 3.0 m/s)

Se procede al cálculo de la carga dinámica total a vencer, que representa la suma de la carga estática y la carga dinámica, con los siguientes datos:

- Longitud total en m
- Pérdidas por fricción
- Pérdidas por velocidad del flujo en el conducto
- **Pérdidas locales**

La carga estática es la diferencia de presiones entre el punto de succión (nivel mínimo en el origen) y el punto de descarga del flujo de agua (nivel máximo en el destino).

Carga estática = Nivel de superficie en la succión – nivel de la superficie del líquido en la descarga

La carga dinámica representa la resistencia que se opone al flujo en todas las tuberías de bombeo cuando el fluido está en movimiento; estas pérdidas son debidas a la fricción del mismo líquido y de éste con las paredes del conducto; comúnmente llamadas pérdidas de fricción. Las pérdidas de la carga dinámica están en función del flujo que se bombea.

- **Pérdidas por fricción**

Las pérdidas por fricción en el desarrollo de toda la tubería de bombeo se calcularon por medio de la ecuación de Manning (Sotelo Avila, 1994), aunque también como se mencionó en el apartado g) de este trabajo, se pueden obtener de las fórmulas de Darcy-Weisbach o de Colebrook y White (CONAGUA, 2019)

Utilizando la ecuación de Manning:

$$h_f = kLQ^2$$

Donde

- h_f Pérdidas por fricción en el flujo (m)
- L Longitud de la tubería que recorre el agua (m)
- Q Gasto demandado que fluye por el conducto (m^3/s)
- K Coeficiente de fricción

$$K = \frac{10.3n^2}{D^{16/3}}$$

- n coeficiente de rugosidad (para cobre $n = 0.011$)
- D diámetro (comercial) seleccionado de la tubería

- **Pérdidas por velocidad**

La pérdida de carga por velocidad considera que, para acelerar el flujo de agua bombeado desde el inicio o cero a su velocidad final, se requiere de energía, la pérdida de carga de energía está en función de la velocidad, ésta se calculó con la fórmula:

$$H_v = \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Donde

- H_v pérdidas por carga de velocidad del flujo dentro del conducto (m)
- V velocidad del flujo por la tubería (m/s)
- g fuerza de aceleración de la gravedad (9.81 m/s)

- **Pérdidas locales**

Cuando la velocidad del flujo es considerable, se presentan las pérdidas locales, y son debidas al recorrido del flujo cuando se encuentran o chocan con las piezas especiales de unión, como codos, tes, válvulas, etc., para el cálculo de éstas, se tiene que cuantificar el número de éstas y su tipo, se asignan valores tomados de la Tabla 17.12, (IMSS, 1999) . Las pérdidas están dadas en longitud equivalente a metros.

Tabla 17.12 Longitud equivalente de conexiones y válvulas
(Elaboración propia con ayuda de Tabla 17.12, Normas Técnicas del IMSS (IMSS, 1999))

Diámetro mm	Codo 90°	Codo 45°	Te recta	Te salida lateral	Válvula compuerta	Válvula check	Cople o tuerca unión
13	1.10	0.22	0.52	1.28	0.17	2.44	0.06
19	1.34	0.28	0.73	1.62	0.20	2.68	0.07
25	1.58	0.40	0.98	2.01	0.26	3.35	0.09
32	2.01	0.52	1.40	2.65	0.34	3.96	0.11
38	2.26	0.64	1.71	3.02	0.36	4.57	0.12
50	2.59	0.82	2.35	3.66	0.46	5.79	0.14

Se reunieron los datos en la siguiente tabla para el cálculo de la potencia de la bomba:

Tabla No. 5 Datos básicos para el cálculo de potencia de bomba
(Fuente: Elaboración propia)

CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA	
BHP = $\gamma Q CDT / 76e$ (en caballos de potencia H.P.) e=0.60 (eficiencia)	
H altura al flotador	
Hs altura de succión	
Hf fricción en el recorrido	
Ha pérdidas por carga de velocidad	
H locales (por piezas. especiales)	
CDT	
POTENCIA=	

La determinación de la potencia de la bomba al freno (Potencia en HP), se efectúa con la siguiente fórmula:

$$Potencia = \frac{\gamma Q CDT}{76e}$$

Donde

- Potencia en H.P.
- γ peso específico del agua = 1 ton / m³
- Q gasto de llenado de tinacos (m³ / s)
- CDT Carga dinámica total para vencer por la bomba
- e eficiencia del equipo (60%)

5.2 Metodología utilizada para el diseño del proyecto sanitario "Residencial Chicoloapan (Condominio1) ubicado en la colonia El Arenal, localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, Estado de México.

Se presenta a continuación la metodología utilizada para el proyecto de diseño de red sanitaria de la unidad habitacional llamada "Residencial Chicoloapan ubicado en la calle San Antonio o cerrada Los Cedros, colonia El Arenal, localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, Estado de México.

5.2.1. Descripción del proyecto

En este inciso se enuncia el tipo de proyecto a realizar o requerimientos de la vivienda, edificación, construcción industrial, conjunto residencial, colonia o población; el lugar donde se realizará el proyecto, se observan las características generales topográficas, como el área que ocupa el proyecto y las condiciones topográficas del terreno.

Por otra parte, es necesario conocer cómo se encuentra estructurada la vivienda o construcción, es decir, las áreas de servicios que conforman la vivienda o conjunto de viviendas.

En el caso del proyecto de que se aborda en este trabajo, consiste en un proyecto de instalación sanitaria para desalojar las aguas negras y grises de un conjunto habitacional constituido por 54 viviendas.

El drenaje sanitario se diseñó en forma separada del drenaje pluvial, en este trabajo escrito sólo se presenta la parte correspondiente al sistema sanitario.

El conjunto habitacional en la etapa 1, se desplantó en un terreno con superficie de 5,700 m²

El tipo de uso de suelo es habitacional y comercial.

5.2.2. Objetivo

En él se describe lo que queremos lograr, con base a los requerimientos o necesidades de los habitantes, usuarios o requerimientos del inmueble, siguiendo lo indicado en los reglamentos, normas y manuales de las dependencias de gobierno relacionadas con el tema tratado.

Por otra parte, también se describen los beneficios que se lograrán al realizar el diseño de la instalación.

5.2.3. Datos básicos del proyecto

Los datos básicos del proyecto se recaban para tener datos específicos para el cálculo del desarrollo del proyecto, se tratará de recabar la mayor cantidad de datos necesarios del estudio, para evitar tiempo perdido en el arranque del proyecto. Estos se obtendrán de la entrevista con el desarrollador del proyecto y de planos arquitectónicos, de topografía, lotificación, niveles de rasante, etc.; en el caso de proyectos que cuenten con áreas muy extensas, como es el caso de conjuntos residenciales grandes, colonias grandes, poblaciones, líneas de conducción de agua potable o colectores sanitarios, los datos que se recopilan son:

Cantidad de viviendas, número de habitantes por vivienda, número de habitaciones de la vivienda, área o superficie del estudio, disposición de las aguas sanitarias, tipo de tuberías a emplear, restricciones dentro del predio y externas, entre otros datos.

Tomando en cuenta lo descrito en el Libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018), la población a futuro es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del período de diseño del sistema de alcantarillado. De acuerdo con CONAGUA, los datos de población actual y futura se pueden obtener del Consejo Nacional de Población [CONAPO], en donde existen datos relacionados con información y proyecciones de población en localidades, por estados o municipios (CONAGUA, 2018).

O también, para ciudades y poblados, se obtiene la población de proyecto consultando los censos de población y vivienda del INEGI, con el propósito de realizar la proyección de la población deseada, por medio de diferentes métodos de cálculo y que es solicitada por la dependencia de gobierno que requiere el proyecto.

En el diseño de las tuberías se consideran las posibles rutas de desalojo del agua servida, materiales para la construcción de la red, el lugar de vertido de las aguas sanitarias; para lo anterior es necesario una visita de obra, en la cual se presentan los representantes de gobierno y de la empresa contratista.

El objeto del proyecto que se presenta en este trabajo es la realización del diseño del sistema sanitario, de manera eficiente, funcional y económico, para desalojar las aguas servidas de los futuros habitantes de las viviendas del conjunto habitacional antes mencionado, para ello se realizó el cálculo del diseño hidráulico y geométrico, con base en los requerimientos establecidos por los reglamentos y normas que se enuncian en las referencias bibliográficas de este trabajo, algunas de ellas son:

Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas (publicadas en la gaceta del departamento del Distrito Federal del 6 de octubre de 2004).

Libro 4. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado, CONAGUA, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Libro 20. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Alcantarillado Sanitario, CONAGUA, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Derivado de la utilización del diseño basado en dichas normas se lograron los beneficios para los habitantes, como son: higiene, habitabilidad, adecuado funcionamiento sanitario, eficiencia energética, seguridad y con ello se proporcionaría economía y confort.

5.2.4. Ubicación y referencia de la obra

Se recaban en específico los datos de donde se encuentra el proyecto, como son nombre de la calle, colonia, código postal, municipio, alcaldía, estado.

El nombre del o los propietarios es importante porque se plasman en las memorias y planos que se presentan en los trámites para licencia de construcción ante el municipio o alcaldía.

5.2.5. Información de apoyo

Indica si existe alguna restricción o limitante en el trazo de desarrollo de la tubería de manera horizontal, vertical o de conexión con el drenaje municipal, como es el caso de considerar un cárcamo de bombeo de aguas negras, paso de servidumbre, etc.

De acuerdo con la infraestructura municipal se considera si la unión es a tubería o a pozo de visita municipal.

Tal como se señala en el Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019), “en el caso de que una red existente se vaya a ampliar o a rehabilitar en localidades, unidades habitacionales o colonias, se realizan otros levantamientos, como los topográficos, plano de pavimentos y banquetas, plano actualizado de la red, plano de agua potable, planos de uso actual del suelo, plano de uso futuro del suelo y planos de infraestructura adicional existente y referentes al diseño del proyecto de alcantarillado” (CONAGUA, 2019).

5.2.6. Memoria descriptiva

En este inciso se enuncia la composición arquitectónica de la vivienda o edificación para la que se proyectará la instalación, lo anterior se tomará en cuenta para el cálculo de habitantes por vivienda o para conocer la cantidad de muebles hidrosanitarios que descargan por casa y con ello posteriormente calcular el volumen de descarga sanitaria.

Cada vivienda tiene las siguientes áreas o servicios:

- Cochera
- Jardín
- Patio de servicio
- Estancia
- Comedor
- Baño y medio
- Cocina
- 3 recámaras

La distribución arquitectónica de la casa habitación fue la siguiente:

- a) En la planta baja se encuentra la cochera, estancia, comedor, cocina, patio de servicio y medio baño
- b) En la planta de 1er nivel se encuentran las recámaras y baño completo
- c) En la planta de azotea, se ubicaron los tinacos de agua potable y tanque de gas

5.2.7. Memoria de cálculo

En ésta se muestran el diseño y cálculo de la instalación sanitaria, ya sea que el sistema fuera separado de las aguas pluviales o combinado.

Si el sistema sanitario es separado, se realizará un comparativo de gastos sanitarios, entre el método de Hunter (para edificios o unidades habitacionales en donde las casas son "tipo" y la cantidad de muebles hidrosanitarios es la misma) y se compara con el valor obtenido de los datos de población, dotación y aportación; los cálculos del diseño de la tubería se realizarán con los valores que resulten más desfavorables. Si es combinado, se deberán sumar las aportaciones pluviales de área tributaria por tramo de tubería; estas aportaciones pluviales se deben ir sumando a la vez de las sanitarias, desde donde empiece la cabeza de atarjea o cabezal de drenaje y en dirección hacia la descarga del predio.

Para el conjunto habitacional de 54 viviendas que se presenta en este informe, se seleccionó el método de Hunter (unidades desagüe), ya que las casas son tipo y no varía la cantidad y tipo de muebles hidrosanitarios.

a) Criterio de diseño

Para el diseño y cálculo de la red de este proyecto se definieron los siguientes criterios:

a.1. El sistema de drenaje será de aguas sanitarias y pluviales, separado.

a.2. El cálculo del funcionamiento sanitario en las tuberías se realizó con la fórmula de Manning y de continuidad (Sotelo Avila, 1994).

a.3. Para la obtención del gasto sanitario se utiliza el método de Hunter o de las unidades desagüe (Instituto de la Vivienda del Distrito Federal, 2005).

La razón por la cual se escoge este método es debido al valor pequeño de la obtención de los gastos que se obtienen al calcularlos con los datos de población, dotación y aportación por habitante que se estiman. Por lo tanto, el cálculo de gastos se realiza con este último método, tomando en cuenta la cantidad y tipo de muebles hidrosanitarios de cada vivienda tipo que descargan a la red.

a.4. Para obtener el gasto sanitario de diseño se realiza por tramos, de pozo a pozo de visita y se procede de la manera siguiente:

Se asigna una cantidad de unidades mueble de desagüe por cada mueble de descarga, se suman todas las unidades mueble de desagüe, esa será la aportación de la vivienda; este valor se multiplica por el número de viviendas que contribuyen o tributan al tramo analizado (todas las viviendas son tipo y por lo tanto contienen el mismo número de muebles hidrosanitarios).

Se debe tomar en cuenta que en este método el gasto no se va acumulando para los tramos subsiguientes aguas abajo, sino que se suman o acumulan las unidades desagüe.

a.5. La cantidad total de unidades mueble de desagüe puede convertirse a unidades de gasto en L/s según una relación obtenida por el Dr. Hunter y seleccionando los datos de la Tabla de equivalencias 2.2.6.2 de las Normas técnicas complementarias (Gobierno del Distrito Federal, 1995) o de las Normas de Diseño de ingeniería, Ingeniería Hidráulica, Sanitaria y Especiales de IMSS (IMSS, 1999).

a.6. Para el planteamiento del cálculo hidráulico se partió considerando que los diámetros de las redes planteadas fueran los adecuados, para que en estos circule el gasto máximo extraordinario (Q_{Mext} , sin que este provoque velocidades menores a 0.30 m/s ni mayores a 3.00 m/s).

a.7. El sistema de alcantarillado sanitario en cuestión se diseñó con base en la información topográfica, plataformas de desplante de viviendas, así como siguiendo los niveles de rasantes de calles y tratando de no forzar los escurrimientos naturales del terreno, es decir, se trató de emplear pendientes hidráulicas mínimas sin llegar a excavaciones exageradas, ya que el terreno presenta una pendiente semiplana, según se observa en el plano topográfico y en el plano de proyecto de vialidades.

a.8. Al proyectar las profundidades y pendientes de plantilla de la tubería, es importante considerar que el sistema sanitario es separado, por lo que se tendría cuidado que las tuberías sanitarias y del sistema pluvial no choquen en sus intersecciones en el plano vertical; la verificación de lo anterior se puede ir realizando en forma conjunta cuando se diseñan ambos sistemas al mismo tiempo, o primero realizar uno y después realizar el otro tomando en cuenta los niveles de plantilla y diámetros exteriores de las tuberías que se intersecan en el plano horizontal.

a.9. La falta de mantenimiento, en ocasiones puede ocasionar el entorpecimiento del flujo, ya que en ocasiones es generado por agentes naturales, como es el arrastre superficial de partículas sólidas, producidas por las precipitaciones pluviales y por los hundimientos diferenciales que sufre el terreno natural; asimismo, la interferencia del mismo usuario, el cual hace uso inadecuado de la infraestructura arrojando objetos sólidos y líquidos de alta densidad.

Debido a la magnitud de los diámetros (20 cm) propuestos para la red sanitaria en cuestión, no se manejaron tramos con longitudes de tubería superiores a 100 metros, previendo la adecuada limpieza e inspección para la red (CONAGUA, 2019)

a.10. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana CONAGUA NOM-001 (CONAGUA, 2011) el sistema de alcantarillado sanitario debe construirse herméticamente con tubería tipo polietileno de alta densidad rugoso en la superficie externa.

5.2.8. Cálculo de los gastos sanitarios de aguas

Los valores de los gastos sanitarios calculados se utilizan para el diseño de las tuberías o conductos de la red.

Para el cálculo de gastos hidráulicos de diseño sanitario se siguen las consideraciones de población y aportación de agua que se vierten a la red, según lo enunciado en los Libros 4 y 20 del MAPAS (CONAGUA, 2018), en los cuales se menciona que el alcantarillado para aguas negras de una localidad es el reflejo del servicio de agua potable, por la relación que existe entre el consumo y la aportación de agua proporcionada.

La CONAGUA sugiere tomar como aportación de aguas residuales entre el 70 y el 75 por ciento de la dotación de agua potable, en L/hab al día, considerando que el restante se consume antes de llegar a las atarjeas.

Aunque se consideró el criterio de aceptar como aportación de aguas negras el 100% del consumo de agua potable, debido a que el tipo de material seleccionado debe ser hermético, siempre y cuando sea un nuevo proyecto de alcantarillado.

Para el caso estudiado, se trata de polietileno de alta densidad, con el que se construirían las redes sanitarias y pluviales adentro de las vialidades de la unidad habitacional y en las casas se construyeron a base de tubería de PVC, por esta razón se considera una aportación del 100 por ciento.

Tal como afirma CONAGUA en el Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019), para los fraccionamientos Industriales y comerciales, se deberá de analizar el porcentaje de la dotación que se verterá al drenaje sanitario, considerando que parte del agua de consumo debe de emplearse en el reúso del proceso industrial y áreas verdes.

Para este caso en particular, por tratarse de uso habitacional y no existir zonas industriales dentro de ella, se omite esta observación.

Aunque en este trabajo se presenta un proyecto en el que la población es pequeña (270 habitantes), a continuación, se describe el cálculo de los gastos sanitarios que sirven para el diseño hidráulico de las tuberías.

De la Tabla 3.1 Gasto mínimo de aguas residuales, relacionado con las descargas sanitarias y tomando las mismas referencias anteriores, se debe tomar en cuenta que el gasto mínimo de diseño deberá ser de 1.0 o 1.5 L/s (dependiendo si el WC fuera de 6 o 16 litros) para una tubería de 20 cm de diámetro. En este caso por tratarse de una unidad habitacional nueva se instalaron WC de 6 litros de descarga.

a) Gasto medio diario

El gasto medio diario es el valor del caudal de aguas residuales que se aportan en un día, en promedio al año.

Para el cálculo de este gasto, fue necesario conocer la aportación de aguas residuales de las diferentes zonas identificadas en el levantamiento del proyecto.

Como se enuncia en los libros 4 y 20 MAPAS (CONAGUA, 2018), "el gasto sanitario no se deberá adicionar el volumen de infiltración, ya que se consideran materiales de tubería impermeables, así como las juntas de unión herméticas", así como también considera que cuando "existan zonas industriales, se decidirá si esas aguas aportadas, son consideradas o no al cálculo del sistema de drenaje. Se deberán realizar aforos de descarga de la aportación de dichas aguas al sistema para adicionarlos al gasto de diseño".

La aportación de agua sanitaria está en función de la dotación por habitante y ésta, a su vez, depende del consumo.

Para obtener la dotación media de una localidad, el organismo operador de la localidad lo obtiene a partir de los consumos registrados por medio de un estudio de demandas, dividiendo el consumo total entre el número de habitantes de la localidad. Se incluyen en este estudio el servicio doméstico, comercial, industrial y de servicios públicos, adicionando las pérdidas de agua.

De acuerdo con CONAGUA, la dotación de agua potable se deberá obtener por zonas, y tomando en cuenta el análisis del número de tomas habitacionales (alta, media o baja), comercial o industrial.

Para este estudio en cuanto a la dotación por habitante se toma un valor de 150 L/hab/día, Tabla 2.2 Promedio del consumo de agua potable estimado por clima predominante y Tabla 2.3 Promedio del consumo de agua potable estimado según nivel socioeconómico y clima (CONAGUA, 2018)

En función de la población y de la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red se calcula con la ecuación 3.1 del Libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018):

$$Q_{MED} = \frac{A_p}{86,400} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Donde

- Q es el gasto medio de aguas residuales en L/s
- A_p es la aportación en litros por habitante al día
- P es la población en número de habitantes
- 86 400 es el número de segundos al día

$$Q_{MED} = \frac{270 \times 150 \text{ L /habitante} \times 1}{86,400}$$

$$Q_{MED} = 0.469 \text{ L/s}$$

b) Gasto mínimo (Q_{MIN})

El gasto mínimo, Q_{MIN} es el valor más pequeño de escurrimiento que se presenta en un conducto sanitario.

El Gasto Mínimo está definido por la ecuación 3.2 del Libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018) y se observa que este valor es igual a la mitad del gasto medio.

$$Q_{MIN} = 0.5 Q_{MED} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

En la Tabla 3.1 del libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019) se mencionan valores del gasto mínimo que pueden ser usados en el diseño de atarjeas o tuberías sanitarias. Se observa que el límite inferior es de 1.5 L/s, que corresponde a la descarga sanitaria de un WC (los WC antiguos tenían depósito de agua de 16 litros), este valor se puede ocupar en los tramos iniciales de las redes de alcantarillado, cuando en el cálculo resulten valores de gasto mínimo menores a 1.5 L/s.

Por otra parte, en la actualidad los depósitos de WC tienen 6 litros de agua, por lo que la descarga que provocan es de 1.0 L/s, derivado de lo anterior, se podrá utilizar este último valor en tramos iniciales de la red, siempre y cuando existan en ese tramo de análisis este tipo de mueble, y que la descarga calculada sea menor a 1.0 L/s.

c) Gasto máximo instantáneo

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de caudal que se puede presentar en un instante dado. Para calcular este gasto se considera la cantidad de habitantes dotados del servicio.

Para el cálculo del gasto máximo instantáneo se utiliza el coeficiente de Harmon (M) y cual se calcula con la ecuación 3.3 del Libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018)

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

donde:

- P Población servida acumulada hasta el punto final (aguas abajo) del tramo de tubería considerada o analizada en miles de habitantes

Este coeficiente de variación máxima instantánea se aplica considerando que:

- En tramos cuando la población acumulada es menor de 1, 000 habitantes, el coeficiente M es constante e igual a 3.8
- Para una población acumulada mayor que 100 000, el coeficiente M se considera constante e igual a 2.0, es decir, se acepta que su valor a partir de esa cantidad de habitantes no sigue la ley de variación enunciada por Harmon

Lo anterior resulta de considerar al alcantarillado como un reflejo de la red de distribución de agua potable o aportación de agua proporcionada a la población, ya que el coeficiente M es comparable con los coeficientes de variación del gasto, de acuerdo a la Tabla 2.5, del Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019), para la estimación del coeficiente de Harmon se considera el coeficiente de variación diaria, $CVd = 1.3$ (valor medio entre 1.2 y 1.4) y coeficiente de variación horaria, $CVh = 1.55$, por lo tanto, $M = 1.30 (1.55) = 2.0$.

El gasto máximo instantáneo se obtiene de la ecuación 3.4 del Libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018)

$$Q_{Minst} = MQ_{MED} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

donde:

- Q_{Minst} Gasto máximo instantáneo, en L/s
- M Coeficiente de Harmon o de variación máxima instantánea

d) Gasto máximo extraordinario

Es el gasto de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como por ejemplo bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado, de ahí su nombre.

Respecto al diseño de las tuberías sanitarias, este gasto es el que se utiliza para determinar el diámetro de los conductos, ya que proporciona margen de seguridad que prevé los excesos de las aportaciones que puedan ingresar a la red sanitaria de manera extraordinaria.

Para los sistemas de alcantarillado nuevos, en donde existirán crecimientos anexos o desordenados y en donde no se considerarán aportaciones pluviales debido a que existirá un sistema de aguas pluviales separado, el coeficiente de seguridad será uno.

Cuando se diseñen ampliaciones de un sistema existente de tipo combinado, considerando o previendo las aportaciones extraordinarias de origen pluvial, se podrá usar un coeficiente de seguridad de 1.5.

El gasto máximo extraordinario se calcula con la fórmula 3.5 del mismo Libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018):

$$Q_{Mext} = CS Q_{Minst} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

Donde:

- Q_{Mext} = Gasto máximo extraordinario, en L/s
- CS = Coeficiente de seguridad

En caso de que el alcantarillado sanitario sea separado del alcantarillado pluvial, el coeficiente de seguridad es igual a uno.

5.2.9. Cálculo de la red sanitaria

Para realizar estos cálculos, se toman los datos de cada tramo y que influyen en éste, se puede sistematizar por medio de una hoja de cálculo si tuviera computadora o por medio de calculadora. A continuación, se presenta la tabla de llenado y cada concepto que se debe ingresar y los resultados que se proporcionan por tramo.

Se introducen los siguientes datos:

Tabla No. 6 Datos básicos para el cálculo de red de atarjeas sanitarias
(Fuente: Elaboración propia)

Dirección	Nombre de la calle y el número oficial y código postal
Municipio	Localidad o el municipio
Tipo de sistema	Separado o combinado
Tramo	Son los números de pozo de visita de inicio a final
Longitud propia	Es la longitud del tramo en estudio en metros
Longitud tributaria	Es la longitud del tramo anterior que está aportando o tributando al inicio del tramo en estudio en metros
Longitud acumulada	Se considera la longitud acumulada de aguas arriba de todos los tramos anteriores que está aportando o tributando al inicio del tramo en estudio en metros
Unidades desagüe propia	Es la cantidad de unidades mueble desagüe que se aportan al tramo en estudio, en UD
Unidades desagüe tributaria	Se introduce la cantidad de unidades desagüe del tramo anterior que está aportando o tributando al inicio del tramo en UD
Unidades desagüe acumulada (UD)	Son las unidades desagüe acumuladas de aguas arriba de todos los tramos anteriores que está aportando o tributando al inicio del tramo en estudio
Gasto sanitario acumulado	Es el gasto o caudal sanitario del tramo en análisis (L/s), para ello se convierten las unidades desagüe a litros por segundo. (se utiliza la tabla de equivalencias 2.2.6.2 Normas de abastecimiento de agua potable y drenaje (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004) y Normas de Diseño de ingeniería, Ingeniería Hidráulica, Sanitaria y Especiales (IMSS, 1999), .
Cota del terreno inicial	Es el nivel o cota inicial del terreno en metros sobre el nivel del mar (msnm). Los niveles también pueden de un banco de nivel con cota arbitraria.
Cota del terreno final	Es la cota final o nivel del terreno en metros sobre el nivel del mar (msnm). Los niveles también pueden de un banco de nivel con cota arbitraria.
Pendiente del terreno	Se calcula la pendiente del terreno realizando el cociente de la cota inicial del terreno menos la cota final del terreno entre la longitud propia del tramo en análisis, el resultado se multiplica por 1,000 para considerarse en milésimas.
Pendiente de la plantilla o tubería	La pendiente mínima se propone en milésimas, este valor se va ajustando para que el resultado de la velocidad este dentro del valor mínimo y máximo. La velocidad mínima permisible es de 0.3 m/s, considerando el gasto mínimo calculado (QMÍN), el tirante calculado bajo estas condiciones tenga un valor mínimo de 1.0 cm, para pendientes fuertes y de 1.5 cm, en casos normales, por otra parte, la velocidad máxima permisible está en función del tipo de material de la tubería, enunciado en la Tabla 3.2, del Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019), en este cálculo se considera el gasto máximo extraordinario. Al proponer la pendiente se deberá observar el valor mínimo de profundidad de los pozos de visita y de la tubería. La pendiente de la tubería deberá ser favorable al escurrimiento de desalojo de las aguas servidas.
Diámetro del tubo	Se propone el diámetro interior de la tubería, en cm. En función de este valor, se calculará el gasto que puede conducir.

Gasto hidráulico a tubo lleno (m ³ /s)	Es el caudal hidráulico que fluye por la tubería a tubo lleno, se obtiene por la fórmula de continuidad $Q=VA$, en m ³ /s.
Velocidad del flujo a tubo lleno	Es la velocidad del flujo en el conducto a tubo lleno, se calcula por la fórmula de Manning $V= 1/n Rh^{2/3} S^{1/2}$ Donde: <ul style="list-style-type: none"> • V esta dado en m/s • n es el coeficiente de rugosidad • S es la pendiente de la tubería en decimales • Rh es el radio hidráulico • Rh = Área transversal del flujo/perímetro mojado • Área transversal del flujo en m² • Perímetro mojado del flujo en m
Velocidad real	La velocidad real del caudal sanitario está en función del gasto real aportado en el tramo de análisis, del gasto a tubo lleno y de la velocidad del caudal a tubo lleno, en m/s. Esta velocidad puede ser obtenida de las relaciones de Q que circula en el conducto entre Q a tubo lleno, con la ayuda del nomograma de Manning, o por fórmulas.
Cota de plantilla inicial (m)	La cota de plantilla mínima para el primer pozo de arranque o cabeza de atarjea será de 1.10 m
Cota de plantilla final (m)	Resulta del cálculo realizando la diferencia de la cota de platilla inicial menos el producto de la longitud del tramo por la pendiente de la platilla propuesta, el producto de la longitud por la plantilla se divide en 1000.

5.3. Especificaciones generales para el cálculo de la red sanitaria (con base en las normas técnicas de la Comisión Nacional del Agua)

En este apartado se describen algunas especificaciones técnicas que indica la Comisión Nacional del Agua enunciadas en el Libro MAPAS 20 (CONAGUA, 2019), éstas nos ayudaron a realizar el diseño y análisis de las tuberías de una red sanitaria.

5.3.1. Velocidades

Velocidad mínima

La velocidad mínima se considera para que no existan depósitos de sólidos sanitarios en las tuberías o atarjeas, ya que los sólidos pueden provocar azolves y taponamientos. La velocidad mínima del flujo permisible es de 0.3 m/s, considerando el gasto mínimo (Q_{MIN}) calculado y bajo sus respectivas consideraciones.

Se deberá respetar que el tirante calculado bajo estas condiciones tenga un valor mínimo de 1.0 cm en casos de pendientes fuertes, y de 1.5 cm, para casos normales.

Velocidad máxima

La velocidad máxima de diseño será la que se calcule, pero de tal forma que no ocasione erosión de las paredes de la tubería, ni de las estructuras.

La velocidad máxima permisible para cada tipo de material se muestra en la **Tabla 3.2.** del libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019) y se deben tomar en cuenta que para la revisión se utiliza el gasto máximo extraordinario.

Tabla No. 6 Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías
(Elaboración propia con ayuda de Tabla 3.2 Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019))

Material de la Tubería	Velocidades (m/s)	
	Máxima	Mínima
Concreto simple	3	0.3
Concreto reforzado	3.5	0.3
Acero	5	0.3
Fibrocemento	5	0.3
Polietileno	5	0.3
Policloruro de vinilo (PVC)	5	0.3

5.3.2. Pendientes

Pendiente mínima

La pendiente de la tubería debe de analizarse para evitar que ésta sufra azolves o erosión en sus paredes internas. Se recomienda que la pendiente de la tubería deba seguir el perfil del terreno natural con la finalidad de que las excavaciones sean mínimas, teniendo la consideración de provocar velocidades adecuadas; tirantes mínimos del apartado para el gasto mínimo (Q_{MIN}), así como también se tomarán en cuenta los niveles de desplante de casas y lotes que aportan volúmenes de aguas residuales.

En la Tabla 3.3 del Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019), se enuncian las pendientes mínimas recomendadas para los diferentes tipos de tuberías. Estas pendientes podrán modificarse en casos especiales, previo análisis particular y justificación.

Tabla Pendientes mínimas por tipo de tubería
(Elaboración propia con ayuda de Tabla 3.3, del Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019))

Tipo de tubería, diámetro en cm, pendiente en milésimas										
Coeficiente de fricción = 0.013			Coeficiente de fricción = 0.014		Coeficiente de fricción = 0.010			Coeficiente de fricción = 0.009		
C.S.	C.R.	Pend. Mín.	A.C.	Pend. Mín.	F.C.	Pend. Mín.	PEAD	PVC (métrico)	PVC (inglés)	Pend. Mín.
Diámetro	Diámetro	(milésimas)	Diámetro	(milésimas)	Diámetro	(milésimas)	Diámetro (cm)	Diámetro (cm)	Diámetro	(milésimas)
cm	cm		cm		cm		cm	cm	cm	
15			17	5.0	15	3.0	15	16.0	15	2.5
20		4.0	22	4.0	20	2.0	20	20.0	20	2.0
25		2.5	27	3.0	25	1.5	25	25.0	25	1.5
30	30	2.0	32	2.5	30	1.5	30	31.5	30	1.0
38	38	1.5	36	2.0	35	1.0	35		37.5	0.7
			41	1.5	40	0.8	40	40.0		0.7
45	45	1.2	46	1.3	45	0.7	45		45	0.6
			51	1.1	50	0.6	50	50.0	52.5	0.5
							55			0.5
60	60	0.8	61	0.9	60	0.5	60	63.0	60	0.4
							65			0.4
							70			0.3
76	76	0.6			75	0.4	75			0.3

Pendiente máxima

Para casos donde la pendiente del terreno es muy fuerte, se seleccionarán tuberías de materiales que soporten velocidades altas. En los tramos donde se presenten estos casos es conveniente realizar un estudio técnico económico, para que sólo en esos tramos se empleen pendientes que produzcan a lo máximo 5 m/s.

5.3.3. Profundidades de zanjas para instalación de tuberías

Las tuberías se instalan superficialmente, enterradas, sobre el terreno natural o en forma mixta, lo anterior está en función de la topografía del terreno, materiales de las tuberías y características del terreno. Usualmente las tuberías para alcantarillado sanitario se instalan enterradas (Ver croquis que se muestra abajo) con la finalidad protegerlas, parte del proceso de instalación de éstas es alojarlas en zanjas.

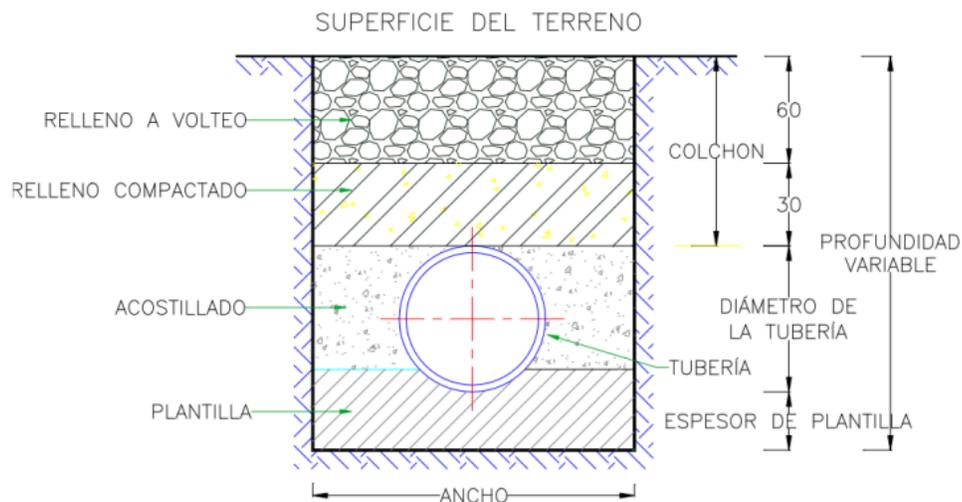


Figura No. 1 Croquis de zanja para tubería sanitaria

Fuente: Elaboración propia con ayuda de ilustración 3.6 del Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019)

La profundidad de las excavaciones de la zanja para las tuberías está regida por los factores tomados del mismo libro anterior:

- a. Profundidad o colchón mínimos
Depende de la resistencia de la tubería a las cargas exteriores. El croquis anterior de la zanja indica, las características básicas de una zanja.
- b. Topografía y trazo. Estos factores influyen en la profundidad máxima en que se instalará la tubería.
- c. Velocidades máximas y mínimas. La pendiente hace variar la velocidad del flujo.
- d. Por otra parte, también se deberán tomar en consideración si existen otros conductos o instalaciones para no provocar choques o intersecciones con éstos.
- e. Los costos de la obra sanitaria naturalmente serán de acuerdo con las profundidades de excavación.
- f. Los factores que afectan el dimensionamiento del colchón son el tipo de tubería a utilizar, el tipo de terreno en la zona y las cargas vivas a las que están expuestas.

Profundidad mínima

La profundidad mínima de la zanja deberá evitar rupturas de la tubería bajo el efecto por cargas vivas; de ahí que se considera un colchón mínimo, el cual esta función de la resistencia del tubo, algunos de los aspectos a considerar son:

- a. Material de tubería
- b. Tipo de terreno
- c. Cargas vivas probables

La profundidad mínima de la zanja también debería permitir la conexión de todas las aportaciones domiciliarias al sistema de alcantarillado, tomando en cuenta que el albañal exterior que saldría del domicilio tendrá como mínimo una pendiente de 10 milésimas (1 por ciento), y el registro interior de la vivienda más próximo al paramento del predio debería tener una profundidad mínima de 60 cm.

Las recomendaciones y especificaciones del fabricante de tubería se deberán considerar para el diseño y construcción del alcantarillado sanitario.

A continuación, se presenta un croquis de los tipos de registros sanitarios utilizados para este proyecto:

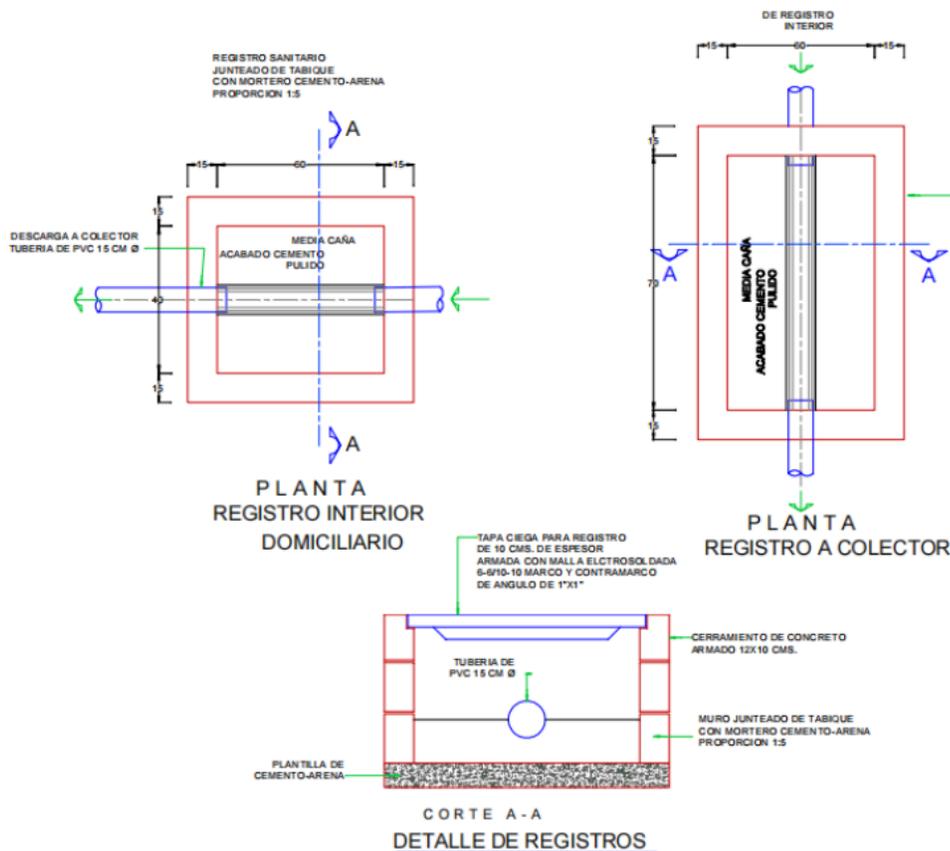


Figura No. 2 Tipos de registros sanitarios a construir
(Fuente: elaboración propia)

Profundidad máxima

La profundidad máxima es función de la topografía del lugar. Se evitará excavar mucho. La profundidad máxima no deberá provocar dificultades constructivas, se deberán estudiar las características del terreno donde se colocará la tubería, y tomando en consideración la resistencia a la compresión o rigidez de las tuberías, se realizará el análisis tomando en cuenta los tipos de materiales de relleno, para la plantilla o cama, el grado de compactación del acostillado y del relleno, las probables cargas vivas y el factor de carga proporcionado por la plantilla a usar.

La recomendación de la CONAGUA en el Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019) indica que cuando la tubería principal se encuentre entre 3 a 4 metros de profundidad, aún será factible recibir las descargas de albañales domiciliarias, pero a mayores profundidades es mejor proyectar atarjeas laterales para recibirlas, ya que resulta más práctico y económico.

Cuando la topografía del terreno tiene pendientes fuertes, se debe hacer un estudio económico comparativo entre el costo de las excavaciones contra el número de pozos de visita, para saber qué es lo más económico y funcional.

5.3.4. Ancho de zanja y espesores de plantilla

Ancho de zanja

Con la finalidad de poder realizar adecuadamente la instalación de la tubería dentro de la zanja, es recomendable que se conserve el ancho de la zanja desde el fondo hasta el lomo del tubo, según se indica en la tabla que se muestra abajo; después de esa altura se podrá darle un talud para no utilizar ademe en la contención de las paredes de la zanja.

Si fuera necesario el empleo de ademe, se deberán respetar los anchos de zanja especificados en la tabla, más las dimensiones que ocupe el ademe.

Tabla 5.1 Dimensiones de ancho de zanja para tubería de alcantarillado (Recomendables)
(Elaboración propia con ayuda de Tabla 5.1, del Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019))

Diámetro nominal del tubo (mm)	Diámetro nominal del tubo (pulgadas)	Ancho (cm)	Espesor de la plantilla (cm)	Colchón mínimo
150	6	60	10	90
200	8	60	10	90
250	10	70	10	90
300	12	75	10	90
350	14	85	10	90
400	16	90	10	90
450	18	100	10	110
500	20	110	10	110
600	24	120	10	110
750	30	145	10	110
900	36	170	10	110
750	30	145	10	110
900	36	170	10	110

Plantilla o cama

La plantilla o cama ofrece a la tubería estabilidad y sirve como su asiento, es necesaria que todas las tuberías que conforman la red estén asentadas de un encamado en todo su desarrollo.

En las cavidades donde se alojan las campanas o coples se deberá realizar la excavación cuidadosamente para que quede bien soportada por la plantilla compactada.

El espesor de la plantilla será de 10 cm y de 5 cm mínimo sobre el eje vertical de la tubería.

En el capítulo 5 del Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019), se indica el tipo de plantilla a colocar, dependiendo de los diversos tipos de tubería.

Cuando se instala tubería de acero no se requiere plantilla si las condiciones del terreno lo permiten. Para tuberías de polietileno, no se requiere de colocación de la plantilla en cualquier material de

terreno, únicamente en roca. En excavaciones donde exista material de roca o tepetate, se colocará en el fondo de la zanja material suave que dará apoyo o sustento uniforme al tubo con tierra o arena suelta con espesor mínimo de 10 cm.

5.3.5. Obras accesorias

Dentro de las obras accesorias de los sistemas de alcantarillado se consideran pozos de visita, cajas unión y disipadores de energía (cajas con caída), tienen la finalidad de permitir la limpieza, inspección de las alcantarillas, también sirven de unión de las tuberías, disipar la energía de llegada de las aguas, así como también ayudan a realizar el cambio de dirección, diámetro y pendiente de la tubería.

Las obras accesorias son pozos de visita (llamados pozo de visita común), cajas unión y disipadores de energía (cajas con caída).

En la Tabla 3.4 se observan los tipos de pozo de visita que se deben instalar en función del diámetro de llegada y salida.

Pozo de visita común construido en sitio

Es el más utilizado al inicio u origen de las redes sanitarias, para este trabajo realizado se proyectó únicamente con este tipo de pozo. De acuerdo con el libro 20 de MAPAS (CONAGUA, 2019) se describe de manera general:

Se pueden construir clásicamente de concreto y tabique rojo recocido, base de concreto reforzado o mampostería, brocal y tapa de concreto armado, existen también prefabricados y están elaborados de polietileno, concreto armado, poliéster reforzado con fibra de vidrio, concreto polimérico (policoncreto), etc.; para todos los casos anteriores, éstos deben asegurar la hermeticidad de la estructura y de las uniones con la tubería para no provocar infiltraciones.

El pozo común tiene un diámetro interior inferior o de base de 1.20 m y se utilizan con tuberías de 200 mm hasta 610 mm de diámetro (ver figura número 3, pozo de visita).

La profundidad mínima para utilizar este tipo de pozo es 1.00 m. Tienen forma cilíndrica; en la base y en la chimenea forma troncocónica, y la base superior de todos los pozos de visita será de 0.60 m de diámetro interior, rematados en un brocal donde se aloja la tapa. Permiten una deflexión máxima de 90° para la continuidad del flujo por medio de las medias cañas que llegan a éste.

Las especificaciones completas de éstos se encuentran en el Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019)

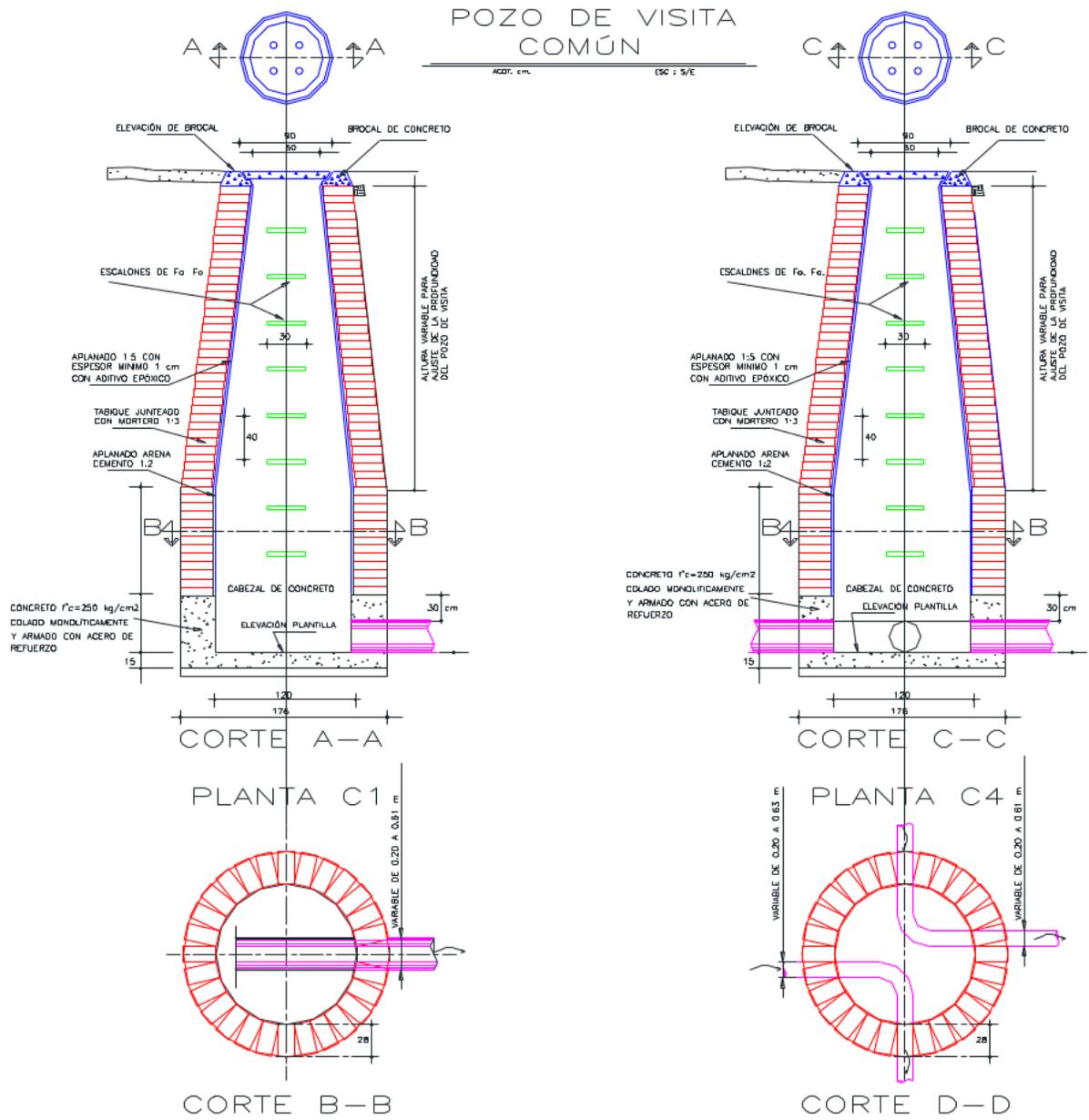


Figura No. 3 Planta, corte y alzado de pozo de visita común
 Elaboración propia con ayuda de ilustración 2.28 del Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019)

5.3.6. Separación entre pozos de visita

La separación máxima entre los pozos de visita debe ser la adecuada para permitir y facilitar las actividades de inspección y limpieza.

La CONAGUA recomienda las distancias de separación en función con el diámetro, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla No. 7 Longitud de tramo o separación entre pozos de visita
(Elaboración propia con ayuda del Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019))

Diámetro	Longitud del tramo o separación entre pozos de visita (metros)
De 20 a 61 cm	100
De 61 a hasta 122 cm	125
Mayor a 122 cm y menor o igual a 305 cm	150

Las separaciones pueden incrementarse de acuerdo con las distancias de los cruceros de las calles, como máximo un 10 por ciento.

5.3.7. Cambios de dirección

Para los cambios de dirección de la tubería, las deflexiones necesarias en los diferentes tramos de tubería se efectúan como se indica a continuación:

Tabla No. 8 Cambio de dirección y número de pozos a emplear de acuerdo al diámetro de tubería a utilizar (Elaboración propia con ayuda del Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019))

Diámetro de la tubería	Cambio de dirección y número de pozos
Hasta 61 cm	Hasta 90° en un sólo pozo común
Entre 61 y 122 cm	Hasta 45° en un pozo de visita especial
Entre 122 y 305 cm	Hasta 45° en un pozo caja deflexión

Cuando se requiera dar deflexiones más grandes que las permitidas, se deberán emplear el número de pozos que sean necesarios, apegándose y respetando el rango de deflexión permisible para el tipo de pozo.

5.3.7. Tipo de tubería a emplear

Para este proyecto se seleccionó tubería de polietileno de alta densidad PEAD corrugada sanitaria, por las siguientes razones:

- a. Resistencia a las cargas externas e impactos
- b. Hermeticidad garantizada (con sello intermedio O-ring)
- c. Nivel de profundidad mínimo
- d. Bajo o mínimo coeficiente de rugosidad
- e. Resistencia a rayos ultravioleta
- f. Resistencia a la corrosión

- g. Resistencia a la abrasión química
- h. Excelentes características hidráulicas que permiten velocidades máximas del caudal sanitario
- i. Resistencia a las bajas temperaturas
- j. Menor peso en comparación de tuberías de concreto o fierro, lo que permite fácil manejo e instalación de tuberías evitando mayores costos
- k. Rigidez anular (el tipo de perfilado anillado o corrugado le permite ser rígido y flexible)
- l. Fácil acoplamiento de tuberías
- m. Buena calidad de materiales y larga duración

La instalación de la tubería debe seguir los lineamientos y recomendaciones del Libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018), para drenaje sanitario, así como lo descrito en la norma ASTM D2321-11 y también a las recomendaciones enunciadas en el Manual de instalación ADS mexicana.

6. Resultados

6.1. Resultados en el diseño hidráulico del edificio de 15 viviendas en la calle de Vicente Eguía No. 11, colonia San Miguel Chapultepec, Cd. De México

6.1. 2. Descripción del proyecto

El proyecto consistió en el diseño de instalación hidráulica para dotar de agua potable a un predio que asienta un edificio de departamentos del tipo de interés social de 15 viviendas o departamentos. Se consideró el diseño de cisterna, la obtención de los volúmenes de almacenamiento de agua de tinacos, los diámetros y las trayectorias de las tuberías para distribuir agua potable a los departamentos.

El edificio se ubicó en la calle de Vicente Eguía, en la colonia San Miguel Chapultepec de la hoy Ciudad de México.

Cada vivienda constó de las siguientes áreas o servicios y los datos de proyecto fueron:

Tabla No. 9 Áreas de servicio por departamento
(Fuente: Elaboración propia)

Concepto	Cantidad
Estancia-comedor	1
Cocina equipada con estufa y fregadero	1
Patio de servicio con calentador de 38 L de agua y lavadero	1
Baño con regadera, WC y lavamanos	1
Recámaras	2

La distribución de las viviendas en el edificio se enuncia a continuación:

- En el nivel de semisótano, sólo se alojarían el cuarto de máquinas, la cisterna de agua potable y los cajones de estacionamiento.
- En la planta baja, el acceso peatonal y vehicular al edificio y 3 viviendas.
- En las plantas de 1er, 2º y 3er nivel, se ubicaron 4 departamentos en cada piso.
- En la planta de azotea los depósitos de gas LP y los tinacos de agua potable, así como las coladeras de aguas pluviales.

El terreno se encuentra en una zona topográficamente plana, cubriendo una extensión de 409.69 m². La edificación se desplantó en un terreno de las siguientes dimensiones:

Al norte 17.954 m
 Al sur 16.21 m
 Al oriente 24.27 m
 Al poniente 23.84 m

6.1.3. Objetivo

El objeto de este proyecto fue realizar un diseño hidráulico eficiente para proveer de agua potable a los futuros habitantes de las viviendas del edificio antes mencionado, para ello se realizó el diseño hidráulico, geométrico, funcional y económico de éste, con base en los requerimientos establecidos por los reglamentos y normas que se enuncian en las referencias bibliográficas de este trabajo.

Derivado de la utilización del diseño basado en dichas normas se lograron beneficios para los habitantes, como son: habitabilidad, adecuado funcionamiento hidráulico, eficiencia energética, seguridad, higiene y con ello se proporcionaría bienestar.

6.1.4. Datos básicos del proyecto

Los datos básicos generales que sirvieron para realizar el proyecto hidráulico fueron:

Tabla No. 10 Datos básicos de proyecto hidráulico
 (Fuente: Elaboración propia)

No. De edificios	1
Cantidad de viviendas	15
No. de recámaras por vivienda	2
No. de habitantes por vivienda	4 habitantes
Fuente de abastecimiento	150 mm de diámetro (6") de asbesto cemento en la tubería municipal
Tipo de tubería a emplear	Cobre hidráulico tipo M
Material de la cisterna	Concreto armado
Material de depósitos elevados	Polietileno de triple capa
Fuente de bombeo	Motobombas hidráulicas

6.1.5. Ubicación y referencia de la obra

El predio se encuentra en una vialidad secundaria la cual desemboca a la vía de acceso controlado Circuito Interior (José Vasconcelos) en dirección al sur poniente de la ciudad.

Colonia: San Miguel Chapultepec
 Delegación: Miguel Hidalgo (ahora alcaldía Miguel Hidalgo)
 Tipo de uso de suelo: Habitacional

6.1.6. Información de apoyo

De manera particular, se tuvieron presente los siguientes datos para el desarrollo del proyecto:

La fuente de abastecimiento de agua propuesta para dotar de agua al predio fue a partir de una línea existente de agua potable de la red municipal ubicada en la calle de gobernador Vicente Eguía, de 150 mm (6") de asbesto cemento.

La toma municipal se construiría con tubería de cobre tipo M, la cual conduciría el agua de la línea municipal al medidor de agua y del medidor de agua a la cisterna general, ésta se propuso de cobre tipo M, posteriormente por bombeo se conduciría a los tinacos elevados del edificio, por medio de 2 columnas independientes a 2 conjuntos de tinacos también independientes. Dicha tubería también se propuso de cobre tipo M en ambos casos. Todas las tuberías, conexiones y válvulas para conducir agua potable se seleccionaron también de cobre tipo M, desde los tinacos elevados y para la alimentación de cada uno de los muebles dentro de los departamentos. Las tuberías hidráulicas y sus conexiones deben cumplir con las especificaciones de calidad marcadas en las normas mexicanas.

Con el objeto de hacer más racional el consumo de agua en el Distrito Federal, deberán sustituir accesorios sanitarios ahorradores de agua potable, siempre que reúnan las características siguientes de acuerdo a la Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2003):

- a) Muebles de baño, por mingitorios sin agua e inodoros de bajo consumo, que incorporen en su funcionamiento la menor cantidad de agua por descarga, o con selector de nivel de descarga;
- b) Las regaderas para baño y las llaves de lavabo deberán contar con sistemas que ahorren el consumo de agua; y

En cuanto al servicio de agua caliente para cada vivienda, se tuvo el siguiente requerimiento:

Se colocó un calentador de agua con capacidad de 38 litros de agua en el patio de servicio de cada departamento, pero, tomando medidas que ayuden al ambiente y evitar el consumo de combustible y la contaminación producida por estos aparatos. Se alojaría en la planta de azotea un calentador solar de agua con depósito con de 132 litros de capacidad de agua en el termotanque. Se sugirió un calentador modelo G-132, marca Energisol; que trabaja por gravedad, fácil mantenimiento, eficiente servicio, ayuda en el ahorro de gas, mínimo en un 70%. El nivel mínimo de los tinacos para que pueda operar cada calentador solar es de 1.5 m sobre el nivel del piso terminado, donde se asentaría cada calentador solar.

Las dimensiones y características del calentador son las siguientes:

- Base 0.98 m
- Altura 1.25 m
- Costado 2.20 m

Tabla No. 11 **Características generales del calentador solar** (Fuente: Elaboración propia con datos de especificaciones de la empresa Energisol)

Capacidad Nominal del sistema	132 L
Presión máxima de operación	0.03 kg/cm ²
Peso del equipo	72 kg
Peso del equipo en operación	204 kg
Diámetro de la tubería de entrada y salida	¾"
Diámetro del tanque	500 mm
Material exterior del tanque (espesor de lámina 0.4 mm)	Acero inoxidable grado 304-BA
Material interior del tanque (espesor de lámina 0.5mm)	Acero inoxidable grado 304-2B
Diámetro del tanque interior	340mm
Material aislante	Uretano
Espesor del material aislante	60mm
Material de la estructura	Acero inoxidable grado 430-BA
Material del panel reflector	Acero inoxidable grado 304-BA
Espesor de lámina del panel reflector	0.4mm

6.1.7. Memoria descriptiva

La finalidad del estudio fue proyectar las instalaciones hidráulicas para proporcionar agua potable a los habitantes de un edificio de departamentos del tipo de interés social, el edificio contiene 15 departamentos, cada vivienda consta de las siguientes áreas o servicios:

- a. Estancia
- b. Comedor
- c. Cocina equipada con estufa y tarja
- d. Patio de servicio con calentador de 38 L de agua, y lavadero
- e. Baño con regadera, W.C. y lavamanos
- f. 2 recámaras

La distribución arquitectónica por nivel se describió en el apartado 6.1.

6.1.8. Memoria de cálculo

Para el desarrollo de la memoria técnica hidráulica se utilizaron valores preliminares de los diámetros y materiales de éstas, después se confirmaron para cambiarlos de acuerdo con los cálculos que se realizaron. A continuación, se enlistan los diámetros sugeridos. En todos los casos la tubería a emplear fue de cobre tipo M:

Para la alimentación de la toma domiciliaria al medidor el diámetro seleccionado fue 13 mm

En el tramo del medidor a la cisterna de almacenamiento, el diámetro será de 13 mm también

De La alimentación de la cisterna a los tanques o tinacos elevados, se seleccionará diámetro de 25mm

De los tinacos a los departamentos, se sugirieron diámetros de 25 y 19mm

Para la alimentación del ramal principal de alimentación a cada uno de los muebles dentro de los departamentos, el diámetro sugerido fue de 19 mm y alimentación a muebles fue de 13mm

a. Dotación de agua potable

La dotación de agua se obtiene de acuerdo con el apartado 2.6.2 de las Normas técnicas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004) y considerando la tabla 2-13 de la misma, especificando 150 L/habitante/día como mínimo por ser una vivienda de hasta 90m² construidos.

En lo dispuesto en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, se considera que en las edificaciones nuevas de más de tres niveles se debe contar con un almacenamiento con capacidad para satisfacer dos veces más la demanda diaria de agua potable y estar equipadas con sistema de bombeo (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004)

Así como también se cuenta con los siguientes datos de habitantes y coeficientes de variación de demanda para el diseño hidráulico:

Tabla No. 12 Cálculo de habitantes del edificio, dotación de agua diaria y coeficientes de variación
(Fuente: Elaboración propia)

Número de viviendas	15 viviendas
Numero de recámaras por vivienda	2 recamaras
No. de habitantes en deptos. de 2 recámaras	4 habitantes
Población total = 4 habitantes x núm. de viviendas	60 (habitantes)
Demanda de agua por habitante o dotación de agua potable	150 L
Coeficiente de variación diaria (CVd)	1.2
Coeficiente de variación horaria (CVh)	1.5

Cálculo de la demanda diaria

El consumo diario de agua potable se obtiene de la ecuación:

$$\text{Consumo} = \text{número de habitantes en el edificio} \times \text{demanda de agua potable por habitante}$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$\text{Consumo} = 60 \times 150 = 9,000 \text{ L/día}$$

b. Cálculo de gastos hidráulicos de diseño

c.1.Gasto Medio Anual (Qmed)

Previo a la obtención de los gastos demandados de diseño, se calculó el gasto medio anual, denominado como Qmed, que resulta del probable consumo diario de agua por los habitantes (demanda diaria) entre el número de segundos en un día. Está definido por la formula:

$$Q_{med} = \frac{\text{Demanda diaria}}{\text{número de segundos en un día}}$$

Introduciendo valores se obtiene:

$$Q_{med} = (9,000 \text{ L / día}) / 86,400 \text{ s}$$

$$Q_{med} = 0.104 \text{ L/s}$$

c.2.Gasto máximo diario

El gasto máximo diario es una posible previsión de consumo fuera de lo normal diario, pero que se debe tomar en cuenta, ya que, en ocasiones, por algún evento determinado fuera las actividades cotidianas ordinarias, pueden ocurrir consumos inesperados. Para su obtención se multiplica el gasto medio anual por el coeficiente CVd, equivalente a 1.2, es decir, también se podría interpretar como una variación en el consumo de agua en los días más críticos del año y por lo tanto se requiere de 20% más del líquido.

El gasto máximo diario está definido por formula 2.3 Libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018):

$$QMd = CVd(Qmed) \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Introduciendo valores se obtiene:

$$QMd = 1.2 \times 0.1042 \text{ L/s}$$

$$QMd = 0.125 \text{ L/s}$$

c.3.Gasto máximo horario

Considerando que pueden ocurrir eventos que no son normales en el consumo horario dentro de las actividades diarias de los habitantes, se toma en cuenta el cálculo del Gasto Máximo Extraordinario, para ello se utiliza el factor denominado CVh con valor de 1.5; visto de otra manera, sería considerar una doble previsión del consumo de agua por los habitantes; con ello se estaría cubriendo la demanda de agua más crítica por hora diaria.

El gasto máximo horario está definido por la ecuación 2.4 del Libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018) :

$$QMh = CVh (QMd) \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Introduciendo valores se obtiene:

$$QMh = 1.5 \times 0.125 \text{ L/s}$$

$$QMh = 0.1875 \text{ L/s}$$

d. Cálculo del diámetro de la toma general del predio

La línea de abastecimiento o toma de agua del predio, es la tubería que va desde la inserción de la tubería municipal existente hasta el medidor de agua y de ahí a la cisterna del edificio.

“El diámetro de esta tubería se calcula considerando que el gasto a obtener de la red municipal será el gasto máximo diario (QMd) porque se trata de abastecimiento directo a la cisterna”, de acuerdo con las Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e Instalaciones hidráulicas (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004)

Para todos los cálculos en este trabajo, se considera que el flujo del agua en las tuberías es laminar

La fórmula por emplear para la obtención del diámetro será la de continuidad, la cual se expresa de la siguiente forma:

De la ecuación de continuidad

$$Q = \frac{V}{A}$$

Donde:

- Q gasto Máximo diario QMd en L/s
- V Velocidad del flujo en el conducto
- A Área interior de la tubería

El valor de la velocidad del flujo se considera de 1 a 1.5 m/s, para fines prácticos, por recomendación del organismo operador, ya que resulta complicado obtener ésta hasta antes de realizar la instalación física de la toma municipal. Estos valores garantizan pérdidas de energía mínimas.

Se despeja el área de la formula anterior

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

$$D^2 = 4 \frac{A}{\pi}$$

Sustituyendo A, por $A = Q/V$, el valor del diámetro será

$$D = \sqrt{4Q/\pi v}$$

Sustituyendo valores en la expresión anterior se tiene:

$$D = \sqrt{4\left(\frac{0.125}{1000}\right)/\pi (1)} = 0.0125 \text{ m}$$

Por lo tanto

El diámetro real es de 13 mm

Y la velocidad es: 0.94 m /s, la cual es adecuada.

Las pérdidas por fricción y por velocidad se consideran despreciables, debido a que la toma domiciliaria se encuentra a una distancia muy corta (5.0 m) del tubo de la red delegacional, otro factor que coadyuva es que la válvula de alimentación a la cisterna se encuentra 0.20 m abajo de dicha alimentación.

Se eligió tubería de cobre tipo M para la toma general del predio con diámetro de 13 mm por ser el que más se apeg a las condiciones de servicio del proyecto (se encontrará en el área de

estacionamiento), también se pudo utilizar material de fierro galvanizado tipo M, aunque ya es poco usual debido a la reducción del área interior debido a la formación de capas calcáreas.

e. Cálculo de los volúmenes de almacenamiento de agua para el edificio

La capacidad de almacenamiento está en función del gasto y de las demandas de la población que habita el edificio; para ello se debe tomar en cuenta lo estipulado en el artículo 124, capítulo VI del RCDF, en el que establece tener dos días más de reserva, de tal forma que se tenga un total de tres días de almacenamiento (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004) y Manual de Diseño INVI (Instituto de la Vivienda del Distrito Federal, 2005).

De los cálculos anteriores se obtuvo una demanda diaria de 9,000 litros al día, que se toma en cuenta como el base de los cálculos.

Cálculo del volumen total de almacenamiento

Vol. de almacenamiento = consumo medio diario de edificio x 3 días

Que sería igual:

Vol. de almacenamiento = num. de hab. del edificio x consumo medio diario de edificio x 3 días

Vol. de almacenamiento = 60 habitantes x 150 litros por habitante diarios x 3 días

Vol. de almacenamiento = 27,000 litros

Este volumen de almacenamiento se divide en dos partes, el 70 % aproximadamente se dispondría en una cisterna y el 30 % restante en tinacos o depósitos elevados, debido a las siguientes consideraciones:

- Evitar el bombeo directo y constante por medio de tanques presurizados hidroneumáticos, para evitar costos de energía eléctrica y de mantenimiento especializado.
- Contar con adecuada carga hidráulica para el buen funcionamiento de los muebles hidrosanitarios
- Abatir los gastos de construcción de una gran cisterna, que implica mayor excavación y volúmenes de materiales como concreto hidráulico, acero de refuerzo, cimbra, maquinaria y mano de obra.
- Los tinacos propuestos fueron de plástico reforzado tipo tricapa, material inocuo, de relativo fácil izamiento al área de azoteas por su ligero peso, menor transmisión de carga muerta a la estructura, larga vida útil, adecuado fácil limpieza, fácil acoplamiento por medio de piezas especiales para diversos tipos materiales de tuberías.

Cálculo del volumen para la cisterna

Volumen = 70% (27,000 litros) = 18,900 litros

Para determinar las dimensiones específicas de la cisterna, se analiza el área libre con que se cuenta en el plano de sótano; de acuerdo con ello se toma una superficie rectangular libre de 2.5 m por 5.34 m, resultando un área de 13.35 m², la profundidad requerida se obtiene de dividir el volumen de 18,900 litros entre el área disponible, obteniendo 1.90 m de altura. Es importante considerar para el diseño de ésta, se tiene que incluir una cámara de aire de 20 cm de altura mínima, la cual funciona para amortiguar el movimiento del agua, instalar la válvula de flotador y tener espacio al realizar el mantenimiento de esta.

Como prediseño, la cantidad de tinacos que se instalarían en la azotea dependió de la cantidad de agua a almacenar y de la selección del modelo de tinaco, en este caso será de 1,100 litros de capacidad.

$$\text{Cantidad requerida de tinacos} = \frac{(27,000 - 18,900)L}{1,100 L}$$

$$\text{Cantidad requerida de tinacos} = \frac{8,100 L}{1,100 L}$$

$$\text{Cantidad requerida de tinacos} = 7.36 \text{ tinacos de } 1,100 L \text{ cada uno}$$

Para fines prácticos se seleccionan 8 tinacos y la nueva capacidad de 8,800 litros

En resumen, se tienen los siguientes datos de capacidad de almacenamiento:

Tabla No. 13 Distribución de almacenamiento de agua en el edificio considerando cisterna y tinacos
(Fuente: Elaboración propia)

DEPÓSITO	TOTAL (m ³)	PORCENTAJE
1 cisterna con capacidad de 2 celdas x (2.5 x 2.67) x 1.70 m = 2.5m x 5.34m x 1.70m	22,695	72.06
8 tinacos con capacidad de 1,100 L cada uno	8,800	27.94
Volumen total	31,495	100.00 %

Dimensiones libres de la cisterna = 2.50 x 5.34 x 1.9 m
(incluyendo cámara de aire de 20 cm)

Las dimensiones precisas de la cisterna se revisarían de acuerdo con el proyecto estructural, ya que por necesidad de espacio ésta se construye enterrada.

Los tinacos y su propuesta de funcionamiento se presentan en el plano de instalación hidráulica de azotea IH-04 e IH-05.

Comparando los dos volúmenes totales de almacenamiento, se observa que la suma de las capacidades de cisterna más tinacos (31,495 L) es mayor al necesario estipulado por la norma (27,000 L).

A continuación, se presenta el prediseño de la cisterna, el que será adecuado a los requerimientos estructurales, tomando en cuenta que el funcionamiento hidráulico de esta debería permanecer en esencia.

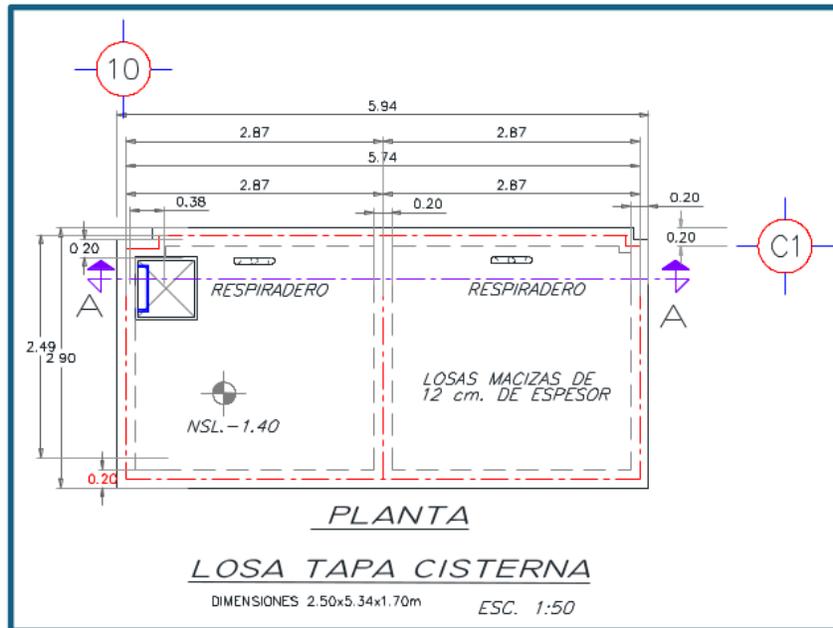


Figura No. 4 Planta de losa tapa de cisterna hidráulica
(Fuente: elaboración propia)

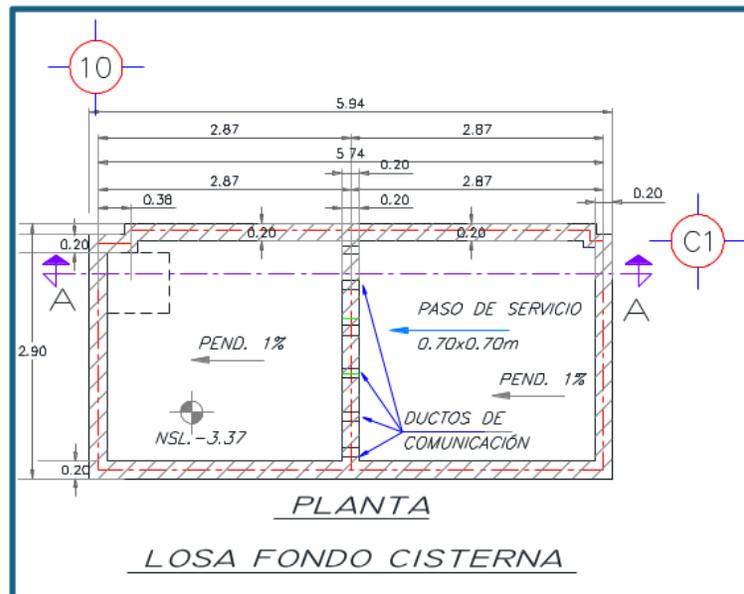


Figura No. 5 Planta de losa fondo de cisterna hidráulica
(Fuente: elaboración propia)

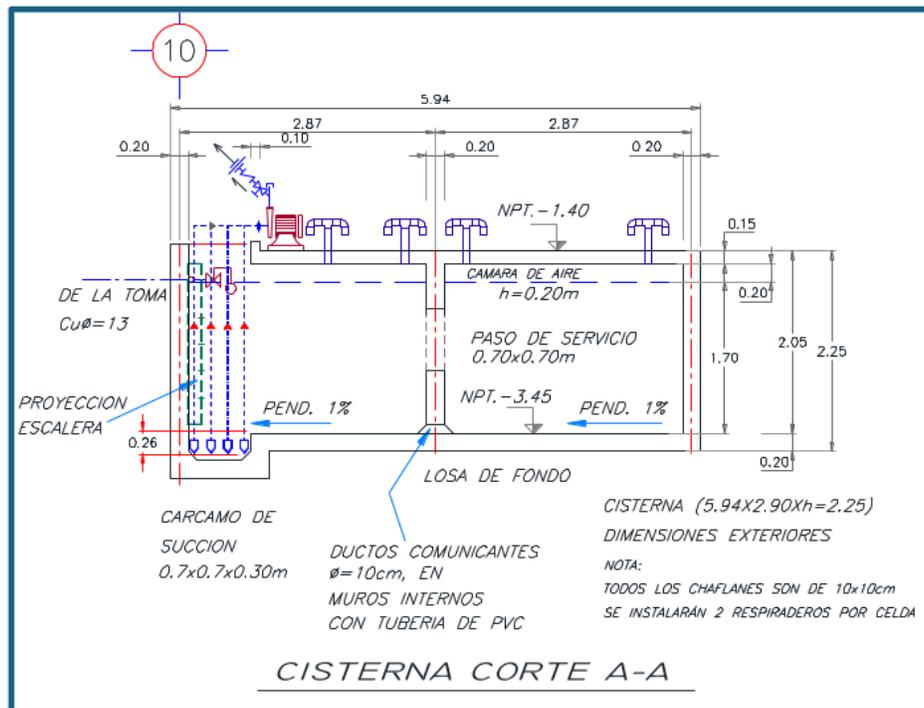


Figura No. 6 Corte de cisterna hidráulica
(Fuente: elaboración propia)

f. Selección de diámetros de distribución de los tinacos a medidores

Considerando que existirá un arreglo de 4 tinacos de 1,100 L que alimentaran a 7 departamentos en el ala norte y la misma cantidad de tinacos para 8 departamentos en el ala sur, se calcularon los diámetros de la tubería que suministrarían agua a los medidores para viviendas, el ramal más desfavorable fue para alimentar a 5 departamentos (ala SUR, ramal derecho), aunque para todos los casos las condiciones de posición o de altura son las mismas, en la siguiente figura se muestra la distribución de estos:

Se calcularán los diámetros de la tubería que suministran agua a estos grupos de viviendas según el plano de instalación hidráulica IH-04, IH-05 e IH-06.

La demanda se reparte en dos alas; para el diseño de las líneas de alimentación a medidores se aplicará la ecuación de continuidad (Sotelo Avila, 1994) para calcular el diámetro de las tuberías que abastezcan a las viviendas usando el gasto máximo horario (Q_{mh}) determinado mediante el método de la "Unidades Mueble" o Modelo de Hunter, cuidando que la velocidad máxima de 3 m/s que garantiza que no haya grandes pérdidas por fricción ni movimiento en las tuberías causado por el golpe de ariete.

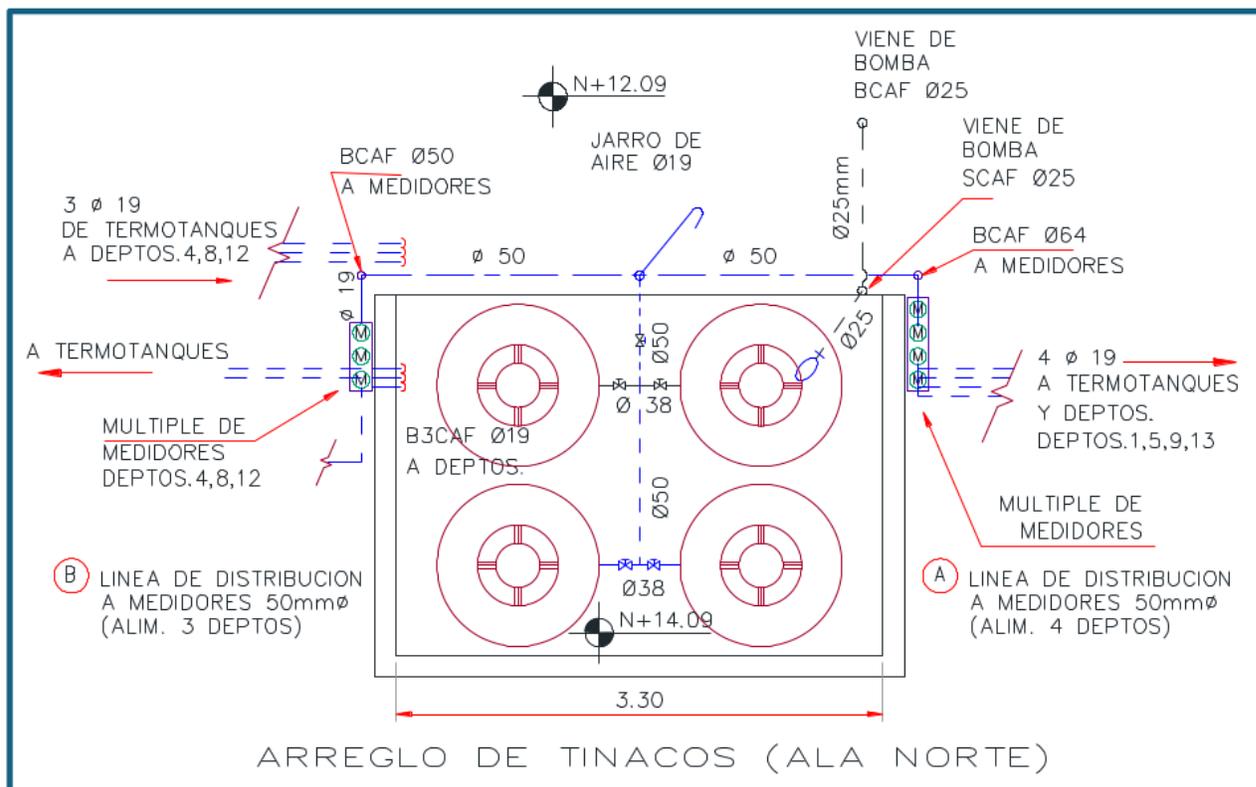


Figura No. 8 Ubicación de tinacos de agua en cuerpo ala norte
(Fuente: elaboración propia)

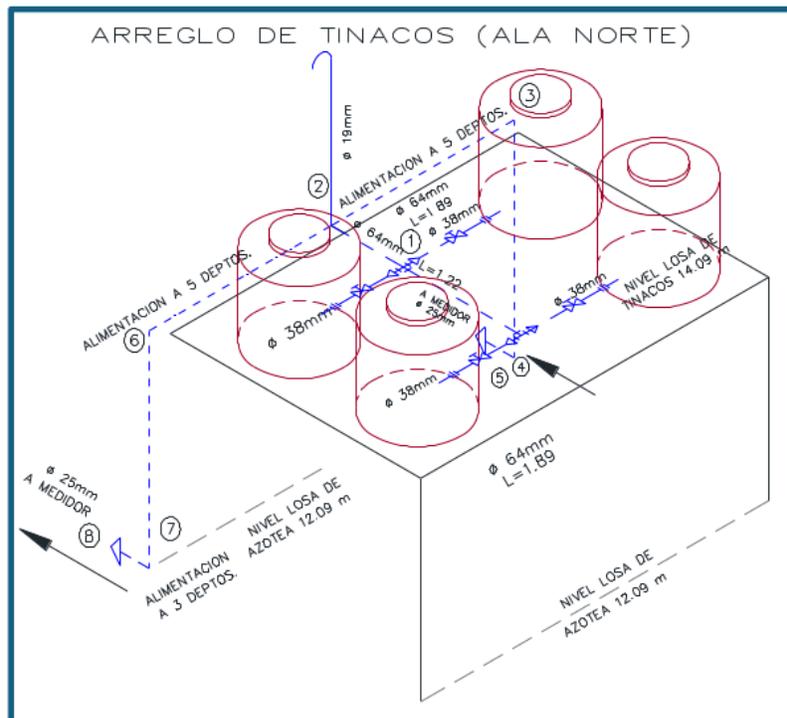


Figura No. 10 Isométrico de tuberías de alimentación a medidores en ala norte
(Fuente: elaboración propia)

$$Q = V A$$

Donde:

- Q gasto hidráulico demandado en m^3/s
- V velocidad del agua en la tubería en m/s
- A área interior de la tubería en m^2 ($A = \pi D^2 / 4$)
- D diámetro de la circunferencia

La fórmula para obtener las pérdidas por fricción (Manning):

$$hf = k L Q^2$$

Donde

- hf pérdidas por fricción (m)
- L longitud de la tubería que recorre el agua (m)
- Q gasto que fluye por el conducto (m^3/s)
- K coeficiente de fricción

$$K = 10.3 \frac{n^2}{D^{16/3}}$$

- n coeficiente de rugosidad (para cobre $n = 0.011$)
- D diámetro seleccionado de la tubería

De manera general el método del Modelo del Dr. Hunter indica que la demanda de agua de un edificio depende de la clase y cantidad de accesorios o muebles hidrosanitarios, así como de la probabilidad de su operación simultánea. Todos los accesorios se alimentan con diferentes gastos debido a su uso o propósito. Por conveniencia y variación de aplicación, los diferentes accesorios se alimentan con gastos distintos (César, 1998).

Ya que es poco probable que todos los accesorios del sistema de un edificio consuman agua o la descarguen al mismo tiempo, el Dr. Roy B. Hunter realizó estudios probabilísticos de la frecuencia en que eran utilizados y posteriormente publicó en el año de 1940 una serie de artículos que tuvieron el propósito de reunir de manera organizada los datos de información que había realizado durante casi dos décadas antes a la publicación de éstos.

Entonces, por el método del Modelo de Hunter, se asignará un "número de unidades mueble" al consumo que tendrá cada mueble. Los valores se seleccionan de la Tabla 2-14 de las Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004).

El valor factor de consumo en unidad mueble se puede obtener de la misma Tabla 2-14 (Gobierno del Distrito Federal, 1995)

Cada número de unidades mueble puede convertirse a unidades de gasto en L/s según una relación obtenida por el Dr. Hunter, se utilizará la tabla de equivalencias 2.2.6.2 de las normas técnicas antes mencionadas o de las Normas de Diseño de ingeniería, Ingeniería Hidráulica, Sanitaria y Especiales. Capítulo 5 Distribución de agua fría. Tabla 5.4. Gastos en función de Unidades- Mueble. Método de Hunter-Nielsen (IMSS, 1999).

Se considera en este método, que disminuye el grado de simultaneidad con que se usarán los muebles conforme aumenta el número de éstos.

En el análisis de los tramos de tubería se utiliza el número acumulado de unidades mueble por consumo total en cada vivienda, al transformarlas en unidades de gasto; se obtiene el gasto instantáneo que tendrá que satisfacer dicho tramo y así de manera acumulativa en los ramales de distribución desde el tinaco hasta los medidores.

En el croquis y tabla presentado, se muestran los datos de la instalación hidráulica de la distribución de agua de tinacos a medidores; para el cálculo del diámetro dichas tuberías, en la tabla de cálculo se observan las cargas de trabajo disponible, la cual está en función de las pérdidas de energía por fricción y de la carga piezométrica disponible.

Para distribuir agua a medidores, se suman las unidades muebles por departamento, de acuerdo con la siguiente tabla número 2-14.- Unidades - mueble para instalaciones hidráulicas (Gobierno del Distrito Federal, 1995)

Tabla No. 14 Resumen de unidades mueble demandadas por departamento
(Fuente: Elaboración propia)

MUEBLE	TOTAL	AGUA FRÍA	AGUA CALIENTE
Cocineta	1	1	1
Fregadero	2	1.5	1.5
Grupo de baño (WC, lavamanos regadera)	2	1.5	1.5
Lavadora	3	2	2
Totales	8	8	7

Para 8 departamentos (serian 8 U.M. por departamento)

UM Totales = $8 \times 8 = 64$ UM
64 UM = 2.163 L/s

Para cinco departamentos

UM Totales = $5 \times 8 = 40$ UM
40 UM = 1.533 L/s

Para un departamento

UM Totales = $1 \times 8 = 8$ UM
8 UM = 0.44 L/s

Por ejemplo, para el primer tramo 1-2 en el ala sur:

Longitud de 75 cm
Gasto de 2.163 L/s
Diámetro de 64 mm (diámetro propuesto)

$$hf = k L Q^2$$

$$K=2901.768312$$

$$H_f = (2901.768312) (0.75) (0.002163)^2 = 0.01 \text{ m}$$

Para el 2o tramo 2-3 en el ala sur:

Longitud de 1.89 m
Gasto de 1.533 L/s
Diámetro de 64 mm (diámetro propuesto)

$$K=2901.768312$$

$$H_f = (2901.768312) (1.89) (0.001533)^2 = 0.013 \text{ m}$$

Para el 5o tramo, hacia el medidor de agua en el ala sur:

Longitud de 0.25 m

Gasto de 0.44 L/s

Diámetro de 19 mm (diámetro propuesto)

$$K=1886267.969$$

$$H_f = (1886267.969) (0.25) (0.00044)^2 = 0.091 \text{ m}$$

Se calcularon, tabularon los datos y resultados, como se presentan en la siguiente tabla:

Tabla No. 15 Cálculo de la carga de trabajo hidráulica en nodos de la red
(Fuente: Elaboración propia)

TRAMO	LONG. DEL TRAMO m	U.M. UNIDADES MUEBLE	Q AGUA FRÍA DEMANDADO L/s	DIAM. COMERCIAL PROPUESTO mm	ÁREA DEL CONDUCTO m ²	V V= Q/A m/s	PÉRDIDAS POR LONG. hf= KLQ ² POR TRAMO (m)	NIVEL DE UBICACIÓN	CARGA DE TRABAJO DISPONIBLE (m)
ALA SUR	ALIMENTACIÓN A 8 DEPARTAMENTOS							14.51	
1-2 Der	0.75	64	2.163	64	0.0032	0.672	0.010	14.09	0.410
2-3 Der	1.89	40	1.533	64	0.0032	0.477	0.013	14.09	0.397
3-4 Der	1.93	40	1.533	64	0.0032	0.477	0.013	12.54	1.934
4-5 Der	0.1	8	0.44	25	0.0005	0.896	0.008	12.54	1.925
5 a medidor	0.25	8	0.44	19	0.0003	1.552	0.091	12.54	1.834
2-6 Izq	1.89	24	1.07	50	0.002	0.545	0.023	14.09	0.397
6-7 Izq	1.93	24	1.07	50	0.002	0.545	0.024	12.54	1.923
7-8 Izq	0.1	8	0.44	25	0.0005	0.896	0.008	12.54	1.914
8 a medidor	0.25	8	0.44	19	0.0003	1.552	0.091	12.54	1.823
ALA NORTE	ALIMENTACIÓN A 7 DEPARTAMENTOS							14.51	
1-2 Der	0.75	56	1.95	64	0.0032	0.606	0.008	14.09	0.412
2-3 Der	1.89	32	1.32	50	0.002	0.672	0.036	14.09	0.376
3-4 Der	1.93	32	1.32	50	0.002	0.672	0.036	12.54	1.890
4-5 Der	0.1	8	0.44	25	0.0005	0.896	0.008	12.54	1.881
5 a medidor	0.25	8	0.44	19	0.0003	1.552	0.091	12.54	1.790
2-6 Izq	1.89	24	1.07	50	0.002	0.545	0.023	14.09	0.397
6-7 Izq	1.93	24	1.07	50	0.002	0.545	0.024	12.54	1.923
7-8 Izq	0.1	8	0.44	25	0.0005	0.896	0.008	12.54	1.914
8 a medidor	0.25	8	0.44	19	0.0003	1.552	0.091	12.54	1.823

De los cálculos anteriores se determina que los diámetros propuestos son correctos para el buen funcionamiento de los medidores y conducirán el caudal de agua fría a los termotanques y a las alimentaciones generales para cada vivienda.

El cálculo de las pérdidas por fricción en el ramal de tinacos a medidores de 1 a 2 se considera el caso más desfavorable, cuando el nivel de tinaco de agua se encuentra a 1/3, es decir 0.46m sobre la base del tinaco, aun así, el agua fluirá a los tinacos. Las bombas se deberán programar para que trabajen inmediatamente al llegar a ese nivel.

g. Cálculo y diseño de los ramales de distribución de las tuberías que bajan a los departamentos y a la red interna hidráulica

El diseño hidráulico de los ramales de suministro de agua se enfoca a conocer el funcionamiento en las condiciones de diseño y de trabajo más desfavorables, es decir, a calcular los gastos de cada tramo, cargas piezométricas disponibles en los cruceros y conocer la carga hidráulica de trabajo en muebles más alejados en cada departamento de la red, puesto que en ellos se presentan menores cargas piezométricas, debido a las pérdidas por fricción en las tuberías.

En cuanto a la carga mínima de trabajo en los muebles sanitarios se atiende lo mencionado en el apartado 2.6.3. de las Normas Técnicas del año 2004 (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004), que indican:

“En el cálculo de pérdidas de carga en las tuberías también se usará la fórmula de Manning”.

Las presiones mínimas del agua en los muebles y llaves se enuncian en la tabla 2-15 (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004)

Tabla 2-15.- Cargas mínimas de trabajo en muebles hidrosanitarios (Elaboración propia con ayuda de *Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas*) (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004) .Mueble o equipo

	Diámetro mm	Carga de trabajo m.c.a
inodoro (fluxómetro)	32	10.0
Inodoro (tanque)	13	3
Lavabo	13	3
Lavadero	13	3
Mingitorio (fluxómetro)	25	10
Mingitorio (llave de resorte)	13	5
Regadera	13	10 *
Salida para riego con manguera	19	17
Vertedero de aseo	13	3
Fregadero (por mezcladora)	13	3
Lavadora de loza	13	14

* Tomando en cuenta el capítulo 6, apartado 6.1.2 de las Normas Técnicas (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004) , que menciona:

“La salida de los tinacos debe ubicarse a una altura de por lo menos 2 m por arriba de la salida de la regadera o mueble sanitario más alto de la edificación; entonces, para la regadera es más razonable utilizar el criterio anterior que utilizar 10 mca, aplicado al caso del departamento más próximo a la azotea o de tercer nivel.”

Así también lo indica el Manual para la presentación de proyectos y diseño de viviendas INVI, sección B) en **2.1.8** (Instituto de la Vivienda del Distrito Federal, 2005):

Para el cálculo de las cargas disponibles en los muebles hidrosanitarios se tomaron con base a los valores que aparecen en la siguiente tabla 2-15 (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004).

Tabla 2-15 Cargas mínimas de trabajo por mueble hidrosanitario
(Elaboración propia con ayuda de *Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas*)

MUEBLE SANITARIO	CARGA DE TRABAJO (m.c.a)
Inodoro (tanque)	3
Lavabo	3
Regadera	1
Fregadero	3
Lavadero	3
Lavadora	3

Los datos que se requieren para este cálculo son:

- Longitudes
- Gastos
- Diámetros (que se proponen)
- Materiales de la tubería en cada tramo

El cálculo de las presiones en las llaves de los centros de consumo se hará partiendo de la carga disponible que se tiene desde el tinaco y hacia el mueble más desfavorable desde el punto de vista de ubicación topográfica y lejanía del punto de alimentación general, acumulando las pérdidas de carga en el transcurso de la tubería.

Para este proyecto las condiciones de carga hidráulica más desfavorable fueron para el ramal de distribución de agua caliente, que se suministraría al departamento ubicado en el tercer nivel del edificio y precisamente para la salida de regadera y tarja o cocineta (departamento 14 en el ala sur y departamento 13 en el ala norte), para los demás niveles inferiores no existe carga de trabajo desfavorable puesto que mientras el nivel o piso sea inferior, se cuenta con mayor carga hidráulica debido a la diferencia de alturas. En la tabla de cálculo también se presentan las pérdidas por fricción realizadas desde salida de tinacos hasta el punto donde bajan las tuberías a estos departamentos (a nivel losa de azotea). Ver hoja de cálculos en Anexo de Cálculo.

Así como en el cálculo de los tinacos a los medidores, se realizó el cálculo para el diseño de las líneas de alimentación, aplicando la ecuación de continuidad (Sotelo Avila, 1994) y con ella se obtuvo el diámetro de las tuberías que abastecerían a las viviendas usando el gasto máximo horario (Q_{mh}) determinado mediante el método de "Unidades Mueble" o Modelo de Hunter descrito en el apartado anterior, cuidando nuevamente la velocidad máxima de 3 m/s, que garantiza que no haya grandes pérdidas por fricción, ni movimiento en las tuberías causado por el golpe de ariete.

A continuación, se presenta un croquis y tabla con los datos de la instalación hidráulica para el cálculo del diámetro de las tuberías en el departamento número 14, en la tabla de cálculo se

2 observen las cargas de trabajo disponible, la cual está en función de las pérdidas de energía por fricción y de la carga piezométrica disponible.

Los diámetros de alimentación general a departamentos para agua caliente y fría se calculan de la siguiente manera:

El número de unidades mueble es 8 UM, equivalentes a 0.44 L/s

Se propone diámetro comercial de 19mm será (¾") para la alimentación principal de la vivienda

El área de la tubería es:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \pi D^2 / 4 = 0.00028353$$

Velocidad

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.00044}{0.00028353} = 1.55 \text{ m/s}$$

Se considera correcto el diámetro, ya que la velocidad de alimentación del agua es menor a 3.0 m/s y por lo tanto será de ¾", el material será de cobre tipo M.

La carga de trabajo que requieren los muebles es de 3 m.c.a, exceptuando el de regadera (1 mca), por lo que, con las cargas disponibles que cuenta la red en el último nivel pueden considerarse aceptables. Se observa que en los niveles inferiores se cuenta con mayor carga debido a la mayor altura que se tendrá al ir bajando de nivel; derivado de lo anterior se opta por utilizar los mismos diámetros que los propuestos en el último nivel para los departamentos de nivel inferior.

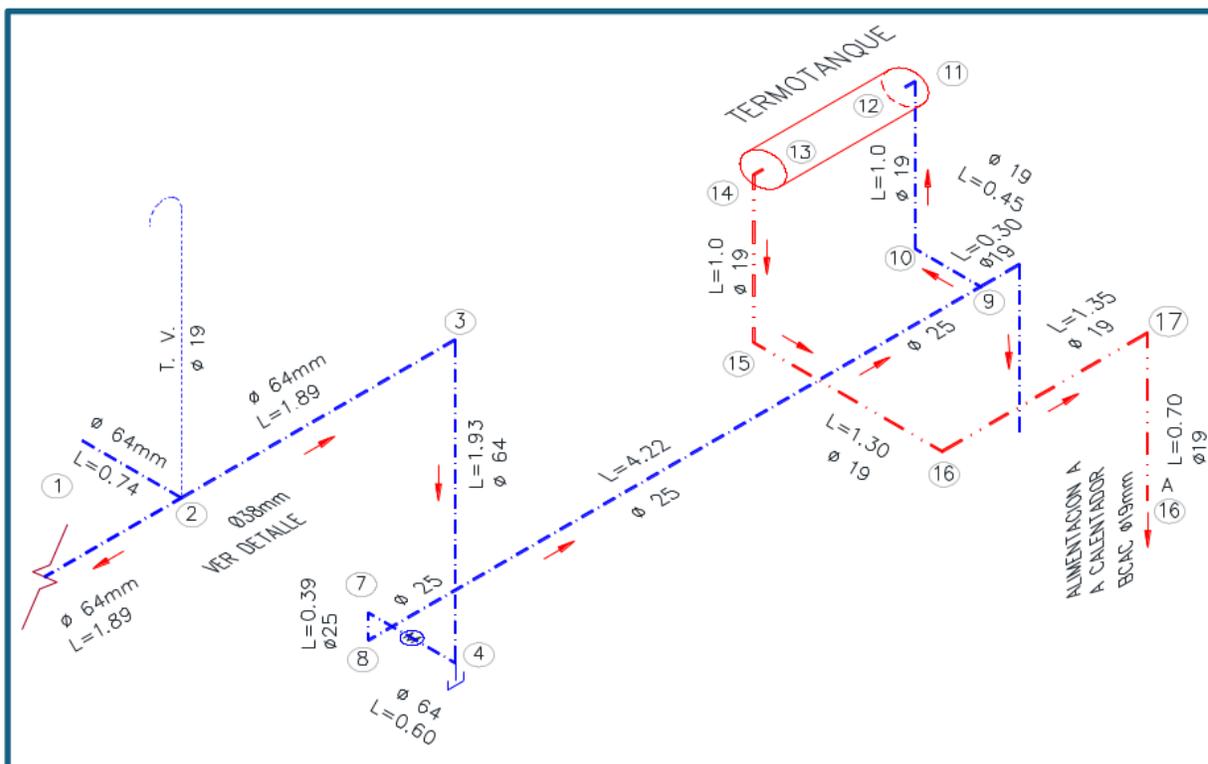


Figura No. 11 Isométrico de tuberías desde medidores a calentador solar en nivel de azotea y entrada a Departamento No. 14
(Fuente: elaboración propia)

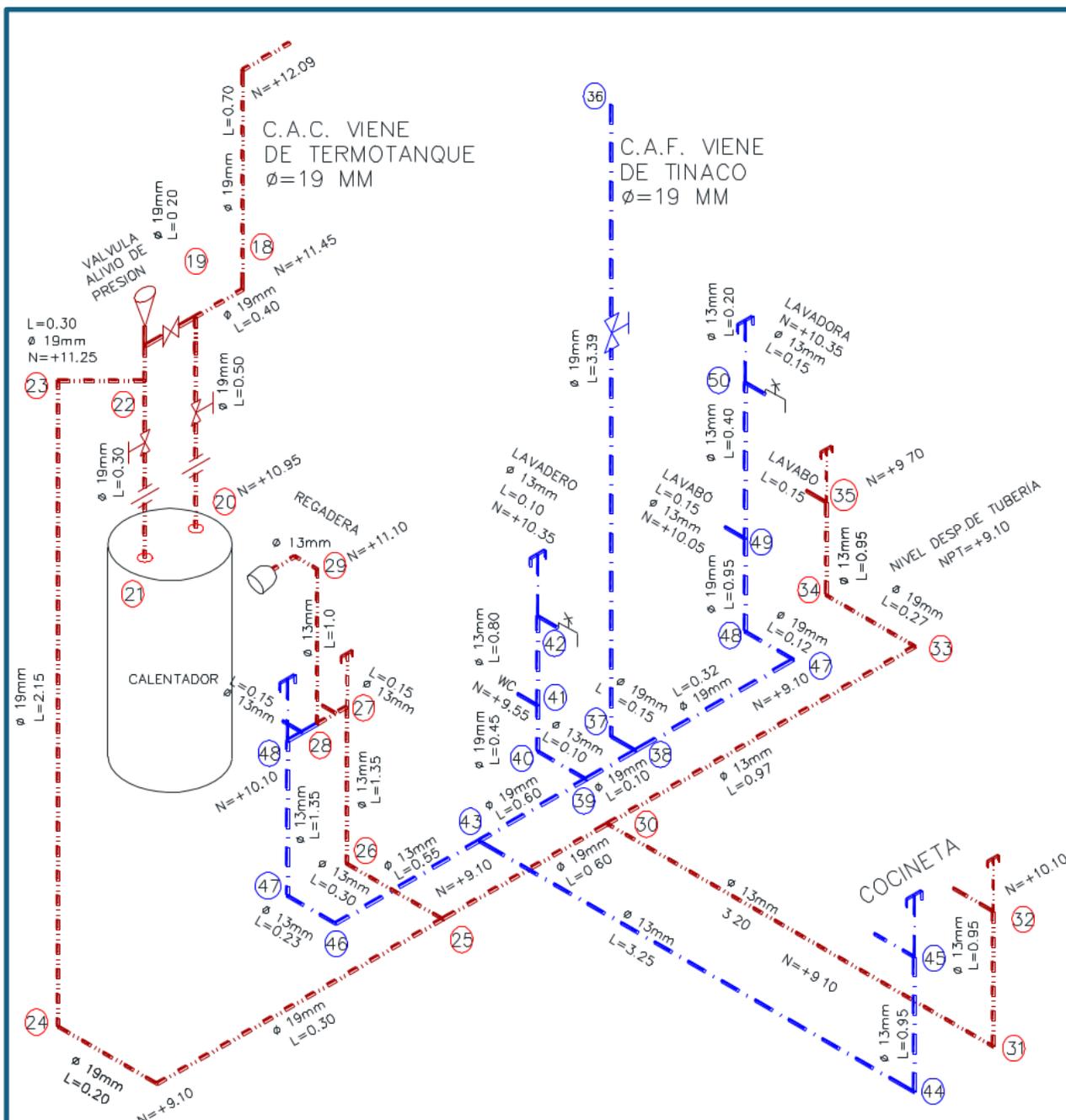


Figura No. 12 Isométrico de tuberías desde entrada a Departamento No. 14 hacia muebles hidrosanitarios (Fuente: elaboración propia)

Tabla No. 16 Cálculo de la carga de trabajo hidráulica en muebles hidrosanitarios de Departamento No. 14

(Fuente: Elaboración propia)	LONGITUD m	U.M. UNIDADES MUEBLE (DEL TRAMO)	Q DEMANDADO L/s	DIÁMETRO COMERCIAL mm	ÁREA DEL CONDUCTO m ²	Velocidad V=Q/A m/s	PÉRDIDA POR LONGITUD EN TRAMO (m) $h_f = K L Q^2$	NIVEL DE UBICACIÓN PZA. O MUEBLE O TRAMO DE TUBERÍA	CARGA DE TRABAJO DISPONIBLE (m)
								14.51	
1-2	0.74	64	2.16	64	0.00322	0.671	0.010	14.09	0.410
2-3	1.89	40	1.533	64	0.00322	0.477	0.013	14.09	0.397
3-4	1.93	40	1.533	64	0.00322	0.477	0.013	12.54	1.934
4-5	0.1	8	0.44	64	0.00322	0.137	0.000	12.54	1.934
5-6	0.4	8	0.44	19	0.000284	1.552	0.146	12.54	1.788
6-7	0.1	8	0.44	25	0.000491	0.896	0.008	12.54	1.779
7-8	0.39	8	0.44	25	0.000491	0.896	0.033	12.15	2.136
8-9	4.22	8	0.44	25	0.000491	0.896	0.357	12.15	1.780
9-10	0.45	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.026	12.15	1.754
10-11	1.00	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.058	13.15	0.696
11-12	0.07	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.004	13.15	0.692
12-13	1.00	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.058	13.15	0.634
13-14	0.07	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.004	13.15	0.630
14-15	1.00	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.058	12.15	1.572
15-16	1.30	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.075	12.15	1.497
16-17	1.35	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.078	12.15	1.419
17-18	0.7	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.040	11.45	2.079
18-19	0.4	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.023	11.45	2.056
19-20	0.5	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.029	10.95	2.527
20-21	0.2	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.000	10.95	2.527
21-22	0.3	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.017	11.25	2.210
22-23	0.3	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.017	11.25	2.192
23-24	2.15	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.124	9.10	4.218
24-25	0.5	2.5	0.175	19	0.000284	0.617	0.029	9.10	4.189
25-26	0.3	1.5	0.145	13	0.000133	1.092	0.090	9.10	4.099
26-27	1.35	1.5	0.145	13	0.000133	1.092	0.054	10.10	3.046
27-28	0.15	1.5	0.145	13	0.000133	1.092	0.045	10.10	3.001
28-29	1.00	1.5	0.145	13	0.000133	1.092	0.300	11.10	Regadera 1.700
25-30	0.6	2	0.16	19	0.000284	0.564	0.029	9.10	4.160
30-31	3.19	1	0.13	13	0.000133	0.979	0.770	9.10	3.420
31-32	0.95	1	0.13	13	0.000133	0.979	0.229	9.95	Fregadero 2.311
30-33	0.97	1	0.13	13	0.000133	0.979	0.234	9.10	3.926
33-34	0.27	1	0.13	13	0.000133	0.979	0.065	9.10	3.861
34-35	0.95	1	0.13	13	0.000133	0.979	0.229	9.70	Lavabo 2.612

De acuerdo con los datos calculados en la tabla, los diámetros seleccionados son los adecuados, ya que presentarán velocidades menores a 3.0 m/s para surtir el agua a cada bloque de departamentos. Cada mueble cuenta con una carga hidráulica adecuada para su funcionamiento.

De la tabla No.14, se describen los encabezados de cada columna:

Tramo	Sección de tubería analizada
Longitud	Longitud propia del tramo en metros
Unidades muebles del tramo y acumuladas	Cantidad de unidades mueble que consumen los muebles hidrosanitarios asociados al tramo del cual depende el suministro de agua
Q	Gasto hidráulico (L/s) que circulan por el tramo o ramal analizado y que es demandado
Diámetro	Diámetro interior (mm) del tramo de tubería analizada
Área	Área interior de la tubería propuesta (m ²)
V(m/s)	Velocidad (m/s) del tramo de tubería analizada
Pérdida por longitud en tramo (m)	Pérdidas de energía del flujo debido a la fricción con la tubería
Nivel de ubicación	Nivel o cota en el que se encuentra ubicado el tramo de análisis
Carga de trabajo disponible	Cantidad de energía disponible en el nodo o punto de análisis dada en metros de columna de agua
Nivel salida de mueble	Nivel (metros) sobre el nivel piso terminado en este caso con relación al tercer nivel de la vivienda y partiendo del nivel banqueta $n \pm 0.000$
Hf Tramo	Pérdidas por fricción (m) del tramo analizado (obtenida por el método de Manning)
Hf acumulada	Pérdidas por fricción (m) acumuladas del tramo analizado
H Estática	Carga estática de agua en el punto de salida del mueble hidrosanitario (h estática=nivel a 1/3 de tinaco menos nivel de salida de mueble hidrosanitario)
H Disponible	Carga estática de agua en el punto de salida del mueble hidrosanitario (h disponible=h estática-hf acumulada)

h. Diseño del sistema de bombeo

h.1. Diseño del sistema de bombeo para el primer arreglo

11

Para la elevación del agua de cisterna a los tinacos se propusieron dos equipos de bombeo dúplex, que alternarían su servicio cada uno; un equipo para alimentar 4 tinacos, ubicado entre los ejes 4 y 6 y otro conjunto similar, ubicado entre los ejes 7 y 9.

Los datos para el cálculo de la potencia de la bomba son:

Gasto de bombeo:

Volumen de tinacos = $4 \times 1,100 = 4,400$ L

Tiempo de llenado = 1 hora (3,600 s)

$$\text{Gasto en 1 hora} = \frac{4,400 \text{ L}}{3,600 \text{ s}} = 1.222 \text{ L/s} \quad \text{Gasto en 1 hora} = 0.001222 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Alimentación a tinacos:

Diámetro de tubería de descarga = 25 mm

De la ecuación de continuidad, se despejó la velocidad:

$$Q = V A$$

Por lo tanto

$V = Q / A$ y sustituyendo valores:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi 0.025^2}{4} = 0.0004908738523 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0.001222}{0.0004908738} = 2.49 \text{ m/s}$$

La velocidad es la adecuada, menor a 3.0 m/s

Cálculo de la carga dinámica total a vencer:

$$\text{Longitud total} = 2.25 + 0.2 + 1.0 + 0.2 + 5.76 + 2.53 + 1.65 + 10.96 + 1.14 + 2.0 + 1.3$$

$$\text{Longitud total} = 28.99 \text{ m}$$

- Pérdidas por fricción:

Las pérdidas por fricción se calcularon por medio de la ecuación de Manning:

$$hf = k L Q^2$$

Donde

hf	Pérdidas por fricción en el flujo (m)
L	Longitud de la tubería que recorre el agua (m)
Q	Gasto demandado que fluye por el conducto (m ³ /s)
K	Coefficiente de fricción

8

$$K = 10.3 \frac{n^2}{D^{16/3}}$$

Donde

n coeficiente de rugosidad (para cobre n = 0.011)
D diámetro (comercial) seleccionado de la tubería (m²)

Sustituyendo valores se tiene:

$$K = 10.3 \frac{(0.011)^2}{(0.025)^{16/3}}$$

$$K = 436,458.091$$

$$H_f = (436,458.091)(28.99)(0.001222)^2$$

$$H_f = 18.914 \text{ m}$$

• Pérdidas por velocidad
están dadas por la fórmula

$$H_v = \frac{v^2}{2g}$$

Donde

- H_v pérdidas por carga de velocidad del flujo dentro del conducto (m)
- V velocidad del flujo por la tubería (m/s)
- g fuerza de aceleración de la gravedad (9.81m/s)

Sustituyendo valores se obtiene

$$H_v = \frac{(2.49 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}$$

$$H_v = 0.32 \text{ m}$$

- Pérdidas locales

Cuando la velocidad del flujo es considerable, se presentan las pérdidas locales, y son debidas al recorrido del flujo cuando se encuentran o chocan con las piezas especiales de unión, como codos, tes, válvulas, etc. Para el cálculo de éstas se cuantificó el número y, de acuerdo con el diámetro, se asignan valores tomados de la Tabla 17.12 de las Normas de diseño de ingeniería electromecánica (IMSS, 1999). O de la tabla 5.7.3 Longitudes equivalentes de conexiones de cobre. En metros de tubo. Diámetro: 25mm) de la misma publicación.

Las pérdidas están dadas en longitud equivalente a metros.

Para el llenado de los tinacos se considera que todos los diámetros fueron de 25 mm

Tabla No. 17 Pérdidas locales por fricción en piezas de unión para suministro de agua por bomba número 1

(Fuente: Elaboración propia)

ARREGLO	CODO 90°(m)	CODO 45°(m)	Válvula flotadora(m)	Pichancha (m)	Suma de longitud Equivalente	Gasto hidráulico (L/s)	Perdida de carga $hf = K L Q^2$
LONG. EQUIVALENTE	1.58	0.4	0.26	3.35			$K = 10.3n^2 / (D^{16/3})$
No. 1 (Cant. de pzas.)	6	4	1	1	14.69	0.0012	9.58
No.2 (Cant. de pzas.)	7	4	1	1	16.27	0.0012	10.61

Se reúnen los datos en la siguiente tabla para el cálculo de la potencia de la bomba:

Tabla No. 18 Cálculo de potencia de la bomba número 1 para suministro de agua a tinacos (Fuente: Elaboración propia)

CALCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA		
BHP = $\gamma Q C.D.T. / 76xe$ (en caballos de potencia HP) $e=0.60$	BOMBA No 1	BOMBA No 2
H altura al flotador	16.99	16.99
Hs altura de succión	2.45	2.45
Hf fricción en el recorrido	18.904	22.72
Ha pérdidas por carga de velocidad	0.316	0.316
H locales (por pzas. especiales)	9.58	10.61
CDT	48.238	53.082
POTENCIA=	1.293	1.423

CDT = 48.238 m

Determinación de la potencia de la bomba (Potencia en HP):

Potencia en HP (en caballos de potencia)

$$POTENCIA = \frac{\gamma Q (C.D.T.)}{76e}$$

Donde

- Peso específico del agua = 1 ton / m³
- Q gasto de llenado de tinacos (m³ / s)
- CDT Carga dinámica total para vencer por la bomba
- Factor de conversión a caballos de potencia
- e eficiencia del equipo (60%)

Sustituyendo valores:

$$BHP = \frac{\left(\frac{1 \text{ ton}}{\text{m}^3} \times 1.222 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 48.238 \right)}{76 \times 0.60}$$

$$BHP = 1.293 \text{ HP}$$

Las características de los motores de las bombas a elegir son:

C.P. = 1.5 HP (como mínimo, se sugiere que sean de 2.0 de H.P.)

Fases = 3

Volts = 220

Hz = 60

Se seleccionaron dos bombas de las siguientes características:

Diámetro de tubería de succión por bomba = 25 mm

Diámetro de tubería de descarga por bomba = 25 mm

Diámetro de tubería de descarga común = 25 mm

h.2. Diseño del sistema de bombeo para el 2º arreglo

Para la elevación del agua de cisterna a los tinacos elevado del 2º arreglo se contó de igual manera que el primero, con un equipo de bombeo dúplex, el cálculo se realizó en forma similar al anterior:

$$\text{Gasto en 1 hora} = 4\,400/3600$$

$$\text{Gasto en 1 hora} = 1.222 \text{ Lps} = 0.001222 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Para la conducción del agua hacia los tinacos se propone tubería de cobre, con diámetro $\varnothing = 25 \text{ mm}$.

Cuantificación de la velocidad en la línea de alimentación a tinacos:

Diámetro de tubería de descarga = 25 mm

De la ecuación de continuidad, se despeja la velocidad:

$$V = Q / A$$

y sustituyendo valores:

$$V = 0.001222/0.0004908738523$$

$$V = 2.49 \text{ m/s}$$

La velocidad es la adecuada, por ser menor de 3.0 m/s

Cálculo de la carga dinámica total a vencer:

$$\text{Longitud total} = 2.25 + 0.2 + 1.2 + 0.2 + 6.3 + 2.53 + 1.67 + 10.96 + 0.1 + 6.13 + 2.0 + 1.3$$

$$\text{Longitud total} = 34.84 \text{ m}$$

Pérdidas por fricción:

Las pérdidas por fricción se calcularán por medio de la ecuación de Manning:

$$hf = k L Q^2$$

$$K = 10.3 \frac{n^2}{D^{16/3}}$$

$$K = 10.3 \frac{(0.011)^2}{(0.025)^{16/3}}$$

$$K = 436,45 \times 2.724$$

$$Hf = (436,452.724)(34.84)(0.001222)(0.001222)^2$$

$$Hf = 22.72 \text{ m}$$

Pérdidas por velocidad

Están dadas por la formula

$$Hv = \frac{v^2}{2g}$$

Donde

- Hv pérdidas por carga de velocidad del flujo dentro del conducto (m)
- V velocidad del flujo por la tubería (m/s)
- g fuerza de aceleración de la gravedad (9.81m/s)

Sustituyendo valores se obtiene $Hv = (2.49 \text{ m/s})^2 / (2 \times 9.81 \text{ m/seg}^2) = 0.32 \text{ m}$

$$Hv = \frac{(2.49 \frac{m}{s})^2}{2(9.81 \frac{m}{s^2})}$$

- Pérdidas locales

De igual manera al arreglo 1, se cuantificaron las pérdidas debidas a las piezas como codos, tes, válvulas, etc., y se realiza el cálculo. Las pérdidas están dadas en longitud equivalente a metros.

Se consideran todos los diámetros de 25 mm

Tabla No. 19 Pérdidas locales por fricción en piezas de unión para suministro de agua por bomba número 2

(Fuente: Elaboración propia)

ARREGLO	CODO 90°(m)	CODO 45°(m)	Válvula flotad(m)	Pichancha (m)	Suma de long. Equivalente	Gasto hidráulico (L/s)	Perdida de carga hf = K L Q ²
LONG. EQUIVALENTE	1.58	0.4	0.26	3.35			$K = (10.3 n^2) / (D^{16/3})$
No. 1(Cant. de pzas.)	6	4	1	1	14.69	0.0012	9.58
No.2 (Cant. de pzas.)	7	4	1	1	16.27	0.0012	10.61

Se reúnen los datos en la siguiente tabla para el cálculo de la potencia de la bomba:
 Tabla No. 20 Cálculo de potencia de la bomba número 2 para suministro de agua a tinacos
 (Elaboración propia)

CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA		
BHP = $\gamma Q C.D.T. / 76xe$ (en caballos de potencia HP) e=0.60	BOMBA No 1	BOMBA No 2
H altura al flotador (m)	16.99	16.99
Hs altura de succión(m)	2.45	2.45
Hf fricción en el recorrido (m)	18.904	22.72
Hv pérdidas por carga de velocidad (m)	0.316	0.316
H locales (por pzas especiales)	9.58	10.61
CDT	48.238	53.082
POTENCIA=	1.293	1.423

CDT = 48.238 m

Determinación de la potencia de la bomba (en HP):

Potencia en HP (en caballos de potencia HP)

$$POTENCIA = \frac{\gamma Q(C.D.T.)}{76e}$$

Donde

- Peso específico del agua = $1 \text{ T} / \text{m}^3$
- Q gasto de llenado de tinacos (m^3 / s)
- CDT Carga dinámica total para vencer por la bomba
- Factor de conversión a caballos de potencia
- e eficiencia del equipo (60%)

Sustituyendo valores:

$$BHP = \left(\frac{1 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 1.222 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 53.082}{76 \times 0.60} \right)$$

BHP = 1.423 H.P.

Las características de los motores de las bombas a elegir son:

C.P. = 1.5 HP (como mínimo, se sugiere que sean de 2.0 de HP)
Fases = 3
Volts = 220
Hz = 60

Se seleccionan dos bombas de las siguientes características:

Diámetro de tubería de succión por bomba = 25 mm
Diámetro de tubería de descarga por bomba = 25 mm
Diámetro de tubería de descarga común = 25 mm

6.2. Resultados para el diseño del proyecto sanitario “Residencial Chicoloapan (Condominio1) ubicado en la colonia El Arenal, localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, Estado de México

6.2.1. Descripción del proyecto

Se elaboró un proyecto de instalación sanitaria para desalojar las aguas sanitarias de un conjunto habitacional horizontal, el cual contendría 54 casas en su primera etapa. El drenaje fue del tipo separado de las aguas pluviales.

El tipo de uso del terreno es habitacional y comercial.

El condominio se desplantó en un predio de 5700 m², la topografía que presenta el terreno es con relieve semi plano.

El tipo de uso de suelo es habitacional y comercial.

6.2.2. Objetivo

El objeto de este proyecto fue realizar el diseño hidráulico eficiente para desalojar las aguas negras y grises que desechen habitantes del condominio; para ello se realizó el diseño hidráulico sanitario, geométrico, funcional y económico de éste, con base en los requerimientos establecidos por los reglamentos y normas que se describen en las referencias bibliográficas de este trabajo, algunas de ellas son:

1. Reglamento de Construcciones para el D.F.
2. Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas (publicadas en la Gaceta del Departamento del distrito federal del 6 de octubre de 2004)
3. Normas Técnicas de Ingeniería parte II del Instituto de la Vivienda del Distrito Federal (ahora Ciudad de México)
4. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Alcantarillado Sanitario, Libros número 19 y 20 MAPAS)
5. Libro 4 MAPAS. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado

Derivado de la utilización del diseño basado en dichas normas se logran beneficios para los habitantes, como son, habitabilidad, adecuado funcionamiento hidráulico sanitario, ahorro de energía eléctrica, seguridad, higiene, economía y bienestar.

6.2.3. Datos básicos del proyecto

Los datos básicos que sirvieron para realizar el proyecto hidráulico sanitario del condominio son:

Tabla No. 21 Datos para el cálculo de tuberías de la red sanitaria
(Fuente: Elaboración propia)

Cantidad de viviendas	54
No. De recámaras por vivienda	3
No. De habitantes por vivienda	5 habitantes
Tipo de tubería a propuesta emplear	Polietileno de alta densidad (PEAD)
Tipo de tubería en la red sanitaria municipal	Concreto armado
Diámetro de la tubería de descarga	20
Lugar de la descarga sanitaria	A pozo de visita de la red sanitaria municipal

6.2.4. Ubicación y referencia de la obra

Tabla No. 22 Datos de ubicación del proyecto sanitario
(Fuente: Elaboración propia)

Nombre del Fraccionamiento	Residencial Chicoloapan
Calle	Cerrada los Cedros
Colonia	Arenal 1
Municipio	San Vicente Chicoloapan

Propietario: Desarrollos Inmobiliarios S.A. de C.V.

Tipo de uso de suelo: habitacional

Extensión de terreno: 5700 m² = 0.57 ha.

6.2.5. Información de apoyo

Con la información de apoyo se realiza un planteamiento de desalojo de las aguas servidas de la unidad habitacional hacia la atarjea sanitaria municipal.

Se enunciarán el tipo de material de la tubería, conexiones con registros sanitarios y pozos de visita, , las especificaciones de los materiales y muebles hidrosanitarios, de acuerdo con las leyes, reglamentos y normas correspondientes.

En este proyecto se desarrolló el diseño de las instalaciones de drenaje sanitario para un conjunto habitacional de 54 viviendas de interés residencial medio, en su primera etapa constructiva.

El desalojo de las aguas sanitarias se realizará de manera separada. Para el cálculo de las pendientes y profundidades de la tubería de desalojo y conexión a la red pública se consideró que el terreno

presenta relieve plano y la tubería municipal se encuentra poco profunda, por lo que se debió tener presente en el cálculo hidráulico, lo que indicó, que la cota de plantilla de la tubería de desalojo en el sitio de descarga debería tener un nivel de menor profundidad, para evitar el regreso de las aguas que se verterían.

Con lo anterior se evitó la construcción de infraestructura especializada, como son, tanque de captación de las aguas sanitarias, cárcamos de bombeo, equipamiento de bombeo, acometida eléctrica especial, etc., y poder desalojar las aguas servidas.

Todo ello de acuerdo con los requerimientos establecidos por las normas descritas en las referencias bibliográficas.

De manera particular, se tuvieron presente los siguientes datos para el desarrollo del proyecto:

La conexión de descarga sanitaria del predio desembocó a una la red de alcantarillado sanitario, precisamente en un pozo de visita.

6.2.6. Memoria descriptiva

Todas las viviendas contienen las siguientes áreas:

- a) Cochera
- b) Jardín
- c) Patio de servicio
- d) Estancia
- e) Comedor
- f) Baño
- g) Cocina
- h) 3 recámaras

Para el desalojo de las aguas servidas de fregadero, lavadero, lavamanos, regadera y W.C de las casas, se contemplaron tuberías o ramales de PVC sanitario; estos muebles sanitarios captan por medio de céspedes, canastas y coladeras las aguas utilizadas, las transportan en tuberías con diámetro de acuerdo con la salida de cada mueble hidrosanitario. Para unir las anteriores tuberías, se construirían ramales que se unirían por medio de piezas especiales. Debido al arreglo sanitario que se tiene a nivel casa, el desalojo de las aguas sanitarias se realizó en dos grupos de descargas:

- a. Aguas negras o desalojadas por el WC y
- b. Aguas de grises o jabonosas, desalojadas por:

- Fregadero
- Lavadero
- Lavamanos
- Regadera

Las descargas de aguas negras se conducirían por medio de tuberías de PVC reforzado con diámetros de 100 mm (4"), los diámetros de las tuberías que sirvan para el desalojo de aguas grises, dependen del diámetro de descarga de cada mueble hidrosanitario, variando de 32mm, hasta 50mm, utilizando mayores diámetros conforme se vayan uniendo más descargas. Ambos desalojos se conducirían hasta

registros sanitarios con dimensiones mínimas de 40 por 60 cm hechos de tabique, con plantilla y brocal con tapa de concreto y aplanados interiores con mortero cemento-arena acabado pulido.

Las tuberías y registros sanitarios dentro y fuera de las casas, se consideraron separados de los pluviales, puesto que se tiene un sistema de este tipo.

Dentro de las viviendas los registros se unirán entre sí por medio de tubos de PVC sanitario reforzado, con diámetros de 100mm o hasta 150mm y tendrán separación máxima de 10.0 m.

En las vialidades se proyectaron tuberías que colectarían las aguas sanitarias domiciliarias, estas se unirán entre sí por medio de coples o pozos de visita; para los cambios de dirección o aportación de otros ramales, también se proyectaron pozos de visita.

La infraestructura pública municipal no posee sistema de alcantarillado separado, lo que trae como consecuencia la necesidad de unir todas las aguas de desecho del fraccionamiento a un pozo de visita final dentro del predio, en la proximidad de la vialidad externa para desalojarlas a la red sanitaria pública, es decir, las aguas sanitarias y pluviales se unirán antes de verterlas a la red municipal.

6.2.7. Memoria de cálculo

Se realizará el diseño y cálculo de la instalación sanitaria separada de las aguas pluviales para el conjunto habitacional.

a. Criterio de diseño

Para el diseño y cálculo de la red se definieron los siguientes criterios particulares:

a.1. El sistema de drenaje será de aguas sanitarias y pluviales separado.

a.2. El cálculo del gasto sanitario se realizó con la fórmula del método de Harmon y se comparó con el de Hunter, dejando este cálculo como definitivo, ya que éste se recomienda y se emplea en poblados menores a 1,000 habitantes.

La aportación sanitaria se calculó por el método de unidades mueble de drenaje (UMD) o de descarga (Método de Hunter), con fundamento en las Normas Técnicas Complementarias (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004), que expresan lo siguiente:

“Cuando en la edificación se contemplen poblaciones de proyecto de hasta **1,000** habitantes, el diseño de redes que conforman el sistema, así como el cálculo para la evaluación de gastos se podrá realizar por el método de las unidades mueble de gasto; el cual asigna determinado número de unidades de descarga por mueble sanitario” (Normas técnicas complementarias, 2004).

a.3. Para el planteamiento del cálculo hidráulico se partió considerando que los diámetros de las redes planteadas fueran los adecuados, para que en estos circule el gasto máximo extraordinario, sin que este provoque velocidades menores a 0.30 m/s ni mayores a 3.00 m/s.

a.4. El sistema de alcantarillado sanitario que nos ocupa, se diseñó con base a la información topográfica, plataformas de desplante de viviendas, así como siguiendo los niveles de rasantes de calles y tratando de no forzar los escurrimientos naturales del terreno, es decir, se trató de emplear

pendientes hidráulicas mínimas sin llegar a excavaciones exageradas, ya que el terreno presenta una pendiente semiplana, según se puede observar en el plano topográfico, en las visitas de campo y en el plano de proyecto de vialidades.

a.5. Para el cálculo de las tuberías se utilizó la ecuación de Manning y de continuidad.

a.6. Debido a la magnitud de los diámetros (20 cm.) propuestos para la red sanitaria en cuestión y las longitudes de las vialidades no se manejaron tramos con longitudes de tubería superiores a 100 metros, previendo adecuado desazolve para la red, que pueda ocasionar el entorpecimiento del flujo, ya que en ocasiones es generado por agentes naturales, como es el arrastre superficial de partículas sólidas, producido por las precipitaciones pluviales y por los hundimientos diferenciales que sufre el terreno natural; asimismo la interferencia del mismo usuario el cual hace uso inadecuado de la infraestructura arrojando objetos sólidos y líquidos de alta densidad.

b. Cálculo de los gastos sanitarios de aguas

Para el cálculo de gastos hidráulicos de diseño sanitario se siguieron las consideraciones de población y aportación de agua que se vierten a la red, de acuerdo a los Libros 4 y 20 del MAPAS (CONAGUA, 2018), en los cuales se menciona que el alcantarillado para aguas negras de una localidad es el reflejo del servicio de agua potable, por la relación que existe entre el consumo y la aportación de agua proporcionada.

La CONAGUA sugiere tomar como aportación de aguas residuales entre el 70 y el 75 por ciento de la dotación de agua potable, en L/hab al día, considerando que el restante se consume antes de llegar a las atarjeas. Debido a que el tipo de material seleccionado para las redes generales es hermético y construido con polietileno de alta densidad y en los lotes a base de PVC (clase sanitaria), se considera el criterio de aceptar como aportación de aguas negras el 100% del consumo de agua potable. Para este caso en particular, por tratarse de uso habitacional y no existir zonas industriales dentro de ella, se omite parte del agua de consumo debe de emplearse en el reúso del proceso industrial y áreas verdes.

De la Tabla 3.1 (gasto mínimo de aguas residuales), relacionado con las descargas sanitarias, según Libros 4 y 20 del MAPAS (CONAGUA, 2019), se debe tomar en cuenta que el gasto mínimo de diseño deberá ser de 1.0 o 1.5 L/s (dependiendo si el WC fuese de 6 o 16 litros) para una tubería de 20 cm de diámetro. En este caso por tratarse de una unidad habitacional nueva se instalaron WC de 6 litros de descarga.

b.1. Gasto medio diario (Q_{MED})

$$Q_{MED} = \frac{Ap \cdot P}{86400}$$

Donde

Q_{MED} es el gasto medio de aguas residuales en L/s

Ap es la aportación en litros por habitante al día (150 L/hab/día)

P es la población en número de habitantes (270 hab)

86 400 es el número de segundos al día

El gasto medio diario también se puede calcular con la fórmula

$$Q_{MED} = \frac{(Población)(dotación)(aportación\ 100\% \text{ del consumo})}{86,400}$$

$$Q_{MED} = \frac{Ap. P}{86400}$$

$$Q_{MED} = \frac{(270\ hab)(150\ L/hab)(1)}{86400}$$

$$Q_{MED} = 0.469\ L/s.$$

b.2. Gasto mínimo ($Q_{mín}$)

El gasto mínimo se enuncia por la ecuación 3.2 del Libro 4 MAPAS (CONAGUA, 2018).

$$Q_{mín} = 0.5 Q_{MED}$$

El gasto mínimo no deberá ser menor a 1.5 L/s, de acuerdo con las especificaciones marcadas en la Tabla 3.1 del libro 20 MAPAS de CONAGUA, en ésta se indican valores del gasto mínimo, que pueden ser usados en el diseño de atarjeas o tuberías sanitarias. Se observa que el límite inferior es de 1.5 L/s, que corresponde a la descarga sanitaria de un WC (los WC antiguos tenían depósito de agua de 16 litros), este valor se puede ocupar en los tramos iniciales de las redes de alcantarillado, cuando en el cálculo resulten valores de gasto mínimo menores a 1.5 L/s.

Por otra parte, en la actualidad los depósitos de WC tienen 6 litros de agua o menos, por lo que la descarga que provocan es de 1.0 L/s, derivado de lo anterior, se podrá utilizar este último valor en tramos iniciales de la red, cuando existan en ese tramo de análisis este tipo de mueble y que la descarga calculada sea menor a 1.0 L/s.

Sustituyendo datos se tiene:

$$Q_{mín} = 0.5(0.469\ L/s)$$

$$Q_{mín} = 0.235\ L/s$$

b.3. Gasto máximo instantáneo (Q_{Minst})

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento de aguas de desecho sanitario que se puede presentar en un instante dado.

La fórmula para el cálculo del gasto máximo instantáneo es la 3.4 del Libro 4 MAPAS:

$$Q_{Minst.} = M \cdot Q_{MED}$$

donde:

$Q_{Minst.}$ = Gasto máximo instantáneo, en L/s

M = Coeficiente de Harmon o de variación máxima instantánea

Q_{MED} es el gasto medio de aguas residuales en L/s

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}}$$

donde:

p = Población servida acumulada hasta el punto final (aguas abajo) del tramo de tubería considerada o analizada en miles de habitantes

$$Q_{MED} = 0.469 \text{ L/s}$$

Cálculo del Coeficiente de Harmon

Recordando que, si la población es menor de 1,000 habitantes, entonces $M=3.8$

Por lo que:

$$Q_{Minst} = (Q_{MED})(\text{Coef. Harmon})$$

$$Q_{Minst} = (0.469 \text{ L/s})(3.8) = 1.782 \text{ L/s}$$

b.4 Gasto máximo extraordinario (Q_{Mext})

Es el gasto de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como, por ejemplo, bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado, de ahí su nombre de extraordinario.

En el diseño de las tuberías sanitarias, este gasto es el que se utilizó para determinar el diámetro de los conductos, ya que proporciona margen de seguridad que prevé los excesos de las aportaciones que puedan ingresar a la red sanitaria de manera extraordinaria.

Para los sistemas de alcantarillado nuevos, en donde no existirán crecimientos anexos o desordenados y no se considerarán aportaciones pluviales debido a que existirá un sistema de aguas pluviales separado, el coeficiente de seguridad será uno.

La expresión para el cálculo del gasto máximo extraordinario es la 3.5 del mismo Libro 4 MAPAS:

$$Q_{Mext} = CSQ_{Minst}$$

donde:

Q_{Mext} = Gasto máximo extraordinario, en L/s

CS = Coeficiente de seguridad

En caso de que el alcantarillado sanitario sea separado del alcantarillado pluvial, el coeficiente de seguridad es igual a uno.

$$Q_{Mext} = CS Q_{Minst}$$

Sustituyendo los datos en la fórmula:

$$CS = 1.0$$

$$Q_{Minst} = 1.782 \text{ L/s}$$

$$Q_{Mext} = (1.0)(1.782) = 1.782 \text{ L/s}$$

c. Cálculo de la red sanitaria

Antes de proceder al cálculo se tomó en cuenta que el sistema es separado de las aguas pluviales y desalajo por gravedad, el desalajo de las aguas sanitarias se condujo a la red pública municipal.

El tipo de tubería utilizado fue PEAD sanitario negro corrugado por fuera y liso por dentro, con tipo de acoplamiento o conexión campana y espiga, la hermeticidad de la junta se realiza a base de empaques elastoméricos colocados en la espiga.

Para realizar estos cálculos, se toman los datos más desfavorables de la aportación sanitaria que recibe cada tramo que influyen en éste, si la población es mayor a 1,000 se utiliza el gasto máximo extraordinario y cuando es menor, se utiliza el método de las unidades mueble, de acuerdo a las Normas técnicas complementarias para instalaciones de abastecimiento de agua potable y drenaje (Gobierno del Distrito Federal, 1995)

Para obtener los resultados se utilizó una hoja de cálculo de Excel para sistematizarlos. Los cálculos se presentan en la tabla número 25, que se anexa y fueron descritos en el apartado de metodología.

6.2.8. Cálculo de la red sanitaria

En el diseño de los diámetros, pendientes y profundidades se tomaron en cuenta las especificaciones del Libro 20 MAPAS de la CONAGUA y del fabricante de tuberías, algunas de éstas son:

Velocidades mínimas y máximas, pendientes, profundidades y ancho de zanja, espesores de plantilla, separación entre pozos. El tipo de pozo de visita proyectado fue el tipo común.

A continuación, se presenta la tabla correspondiente a la cantidad de muebles por cada vivienda y los respectivos valores de unidades mueble desagüe que se tomaron en cuenta para los cálculos y diseño del sistema sanitario:

Tabla No. 23 Cantidad y tipo de muebles hidrosanitarios, consumo en UMD por mueble y cantidad equivalente en L/s, por vivienda (Elaboración propia con ayuda de la Tabla 2.2.6.2 de las Normas Técnicas 2004)

MUEBLE O GRUPO DE MUEBLES (por vivienda)	Cant. de muebles	UMD	EQUIVALENCIA (Tabla 2.2.6.2) L/s
Grupo de WC-regadera-lavamanos	1	6	0.32
Grupo de WC-lavamanos	1	5	0.29
Fregadero cocineta	1	2	0.16
Lavadora	1	3	0.19
Lavadero	1	2	0.16
Coladera de piso	1	1	0.13
Totales		19	0.85

Las UMD se deberán ir sumando de acuerdo con las aportaciones por cada casa hacia el tramo de aportación (de pozo a pozo de visita), posteriormente se convierten las UMD a L/s. Para el análisis de

los tramos subsiguientes no se acumula el gasto, sino las unidades mueble desagüe y posteriormente se convierten a L/s y así sucesivamente.

Obteniendo el gasto por el método de las unidades desagüe:

Tabla No. 24 Cálculo del gasto sanitario total en el conjunto habitacional en L/s
(Fuente: Elaboración propia con ayuda de la Tabla 2.2.6.2 de las Normas Técnicas, (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004))

CONCEPTO	Cantidad
Cantidad de casas	54
UMD por casa	19
Cantidad total, de UMD en el conjunto hab.	1,026
Equivalencia de UMD a gasto en L/s	13.32 L/s

Comparando los resultados del gasto obtenido por el método de Harmon (1.782 L/s) y el de Hunter (13.32 L/s), se aprecia que por este último es mayor, por lo que se selecciona para el diseño de las tuberías el método de Hunter de las unidades desagüe.

La siguiente tabla de cálculo muestra el análisis de los tramos de tubería, se observa que el diámetro de 20 cm de diámetro y la pendiente mínima de 4 milésimas es suficiente para el desalojo de las aguas residuales.

TABLA DE CALCULO SANITARIO

PARA RED DE DRENAJE SANITARIA

PREDIO: RESIDENCIAL CHICLOAPAN		RED SANITARIA		FORMULAS :		HOJA 1 DE 1								
DIRECCION: CDA. LOS CEDROS; COL. EL ARENAL 1		SISTEMA: SEPARADO		MANNING		RED INTERNA								
MUNICIPIO: CHICLOAPAN; EDO. MEXICO						GENERAL								
TRAMO	LONGITUDES [m]		UIM	GASTO	COTAS DE TERRENO		PENDIENTE	DIA-ME- TRO	TUBO LLENO	VELOCIDAD		COTAS PLANTILLA		
	PROPIA	TRIB. ACUMI.			ACUMI- LADA	GASTO SANITA- RIO				Qsanitario [l/seg]	INICIAL [m]		FINAL [m]	TERRENO [millesimas]
P1-P2	33.97	0.00	33.97	152.00	3.49	100.05	100.06	-0.29	4.00	20.744	0.660	0.490	99.211	99.075
P2-P4	32.70	33.97	66.67	342.00	5.86	100.06	100.05	0.31	4.00	20.744	0.660	0.490	99.075	98.944
P3-P4	34.40	0.00	34.40	190.00	3.98	100.05	100.05	0.00	4.00	20.744	0.660	0.481	99.082	98.944
P4-P5	40.00	101.07	141.07	722.00	10.43	100.05	100.03	0.50	4.00	20.744	0.660	0.612	98.944	98.784
P5-P6	11.25	141.07	152.32	722.00	10.43	100.03	100.33	-26.67	4.00	20.744	0.660	0.612	98.784	98.739
P6-P9	5.16	152.32	157.48	722.00	10.43	100.33	100.24	17.44	4.00	20.744	0.660	0.612	98.739	98.719
P9-COLECTOR	7.04	157.48	164.52	1,026.00	13.32	100.24	100.14	14.20	4.00	20.744	0.660	0.683	98.719	98.691
	164.52													
P7-P8	46.18	0.00	46.18	304.00	5.42	100.20	100.17	0.65	4.00	20.744	0.660	0.484	98.924	98.739
P8-P9	5.16	46.18	51.34	304.00	5.42	100.17	100.24	-13.57	4.00	20.744	0.660	0.484	98.739	98.719
LONG. TOTAL	215.86													

Tabla No. 25 Datos básicos para el cálculo de gastos sanitarios por tramos de tubería y aportación sanitaria total a la red municipal

7. Conclusiones

De forma general, concluyo que, para la elaboración de este trabajo de titulación, se han cumplido los dos objetivos planteados:

La realización el análisis y diseño de una instalación hidráulica para el abastecimiento de agua potable en un edificio de departamentos con 15 viviendas ubicado la calle de Vicente Eguía en la Ciudad de México, así como un proyecto para desalojar las aguas sanitarias de una unidad habitacional, en la calle de cerrada de Los Cedros, colonia El Arenal, "Residencial Chicoloapan" ubicado en la localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, en el Estado de México.

Esto lo logré, gracias a los conocimientos adquiridos por la enseñanza de los profesores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, así como a la experiencia en mi vida laboral, y precisamente a la empresa URBASIC S.A. de C.V., en la cual me formé como proyectista de instalaciones hidrosanitarias, primero a nivel urbanización y posteriormente a nivel edificación vertical.

Espero que este trabajo realizado, sirva de consulta no solo para estudiantes, sino también para los profesionistas que incursionan en el área de la ingeniería sanitaria, haciéndoles saber, que para resolver un proyecto no solamente es necesario el conocimiento de fórmulas, se deben tomar en cuenta varios aspectos que impactarán la solución, como son, la topografía del lugar, donde se obtendrá el agua a surtir a los habitantes, dónde y cómo será la descarga de las aguas servidas, si existe factibilidad de servicios de agua y drenaje sanitario. Se deben de estudiar las normas emitidas por las dependencias respectivas.

En la actualidad existen tuberías hidráulicas y sanitarias de diversos materiales; se deberá seleccionar la que más se apegue a los requerimientos y dé solución a las necesidades que deseamos resolver de cada proyecto específico.

En mi vida laboral como diseñador de sistemas hidrosanitarios he de mencionar que no existen proyectos idénticos, habrá similares que sirvieron de guía para realizar otros proyectos.

7.1. Conclusiones para el diseño hidráulico del edificio de 15 viviendas en la calle de Vicente Eguía No. 11, colonia San Miguel Chapultepec, Cd. De México

Se cumple el objetivo de realizar el diseño del proyecto hidráulico del edificio de viviendas.

A pesar de ser un proyecto pequeño, este se caracteriza por determinados detalles, como son, poco espacio en el área de azotea para instalar tinacos de agua potable, ubicación en azoteas de calentadores solares para agua, depósitos de gas LP, desarrollo de tuberías hidráulicas de agua fría y agua caliente provenientes de los termotanques de agua caliente y que van dirigidos a las viviendas.

La recomendación para el constructor es seguir las especificaciones que se indican en el desarrollo de este trabajo, ubicando los tinacos de agua potable y cisterna en los niveles indicados en los planos, así

como seguir el desarrollo de todas las tuberías. Los calentadores solares deberán ser ubicados exactamente como se indica en plano respectivo.

Las tuberías deberán ser de cobre hidráulico M, con los respectivos diámetros indicados en planos, ya que el diseño se basó en este tipo de material de tubería.

7.2. Conclusiones para el diseño del proyecto sanitario “Residencial Chicoloapan ubicado en la calle de Cerrada de Los Cedros, colonia El Arenal, localidad de San Vicente Chicoloapan, municipio de Chicoloapan, Estado de México

Derivado del análisis y diseño del sistema de alcantarillado sanitario, se realizaron las siguientes conclusiones:

La empresa desarrolladora de las viviendas, así como la constructora se debieron apegar a las especificaciones descritas en este proyecto, las cuales están basadas en las normas técnicas de los libros 4 MAPAS (CONAGUA, 2018) y Libro 20 MAPAS (CONAGUA, 2019) , así como Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004), las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas (Consejería Jurídica y de Servicios Legales, 2004). Es necesario utilizar la tubería de polietileno de alta densidad para que el desalojo de las aguas residuales sea eficiente, puesto que con sus características de se realizaron los cálculos. Esta tubería presenta muchas ventajas, como son bajo coeficiente de rugosidad, acople sencillo y hermético, fácil instalación, poco peso, buena resistencia, duración y otras que se describieron en el apartado 5.3.7.

El desarrollo o trazo de las tuberías, así como niveles de plantilla, serán los indicados para poder realizar una descarga a gravedad y evitar el uso de una estación de bombeo para las aguas servidas del conjunto residencial.

En la parte del proceso constructivo de la red de alcantarillado, también la constructora debe utilizar los métodos descritos por parte de la CONAGUA y las recomendaciones del fabricante.

8.

Bibliografía

- Cesar Vádez, E. (1998). *Estudio del modelo de Hunter y actualización de su método de cálculo de gastos de diseño de instalaciones hidráulicas en edificio*. (U. Facultad de Ingeniería, Ed.) Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. Recuperado el Enero de 2020, de <http://132.248.9.195/pdbis/266338/266338.pdf>
- CONAGUA. (2011). *Norma Oficial Mexicana CONAGUA-NOM-001-2011* (Vol. Primera Sección). Ciudad de México, Ciudad de México, México: Diario Oficial. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134358/27.-_NORMA_OFICIAL_MEXICANA_NOM-001-CONAGUA-2011.pdf
- CONAGUA. (2018). *Libro 4 MAPAS* (Vol. VOLUMEN 4). Ciudad de México: SEMARNAT. Recuperado el 2022, de <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>
- CONAGUA. (2019). *Libro 10, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Conducciones* (Vol. 10). (SEMARNAT, Ed.) Ciudad de México, México: SEMARNAT. Recuperado el 2022, de <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro10.pdf>
- CONAGUA. (2019). *Libro 20 MAPAS, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Alcantarillado Sanitario* (Vol. 20). Ciudad de México, Ciudad de México, México: SEMARNAT. Recuperado el 2022, de <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro20.pdf>
- Consejería Jurídica y de Servicios Legales. (06 de 10 de 2004). *Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas* (Vols. TOMO II, No. 103-BIS). Ciudad de México, Ciudad de México, México: Gaceta Oficial del Distrito Federal. Recuperado el 2022, de https://paot.org.mx/centro/gaceta/2004/octubre04/06octubre04_ter.pdf
- Consejería Jurídica y de Servicios Legales. (2003). *Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México*. Ciudad de México, Ciudad de México, México. Obtenido de https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/images/leyes/leyes/LEY_DERECHO_ACC_DISP_Y_SANEAMIENTO_DEL%20AGUA_DE_LA_CIUADAD_DE_MEXICO_4.1.pdf
- Consejería Jurídica y de Servicios Legales. (29 de 01 de 2004). *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*. Ciudad de México, México: Gaceta del Distrito Federal. Recuperado el 2022, de https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/images/leyes/reglamentos/RGTO_DE_CONSTRUCCIONES_DEL_DISTRITO_FEDERAL_8.pdf
- Gobierno del Distrito Federal. (1995). *Normas técnicas complementarias para instalaciones de abastecimiento de agua potable y drenaje* (Vols. TOMO II(103-BIS), 12,). Ciudad de México, México: Gaceta del Distrito Federal. Recuperado el 2022
- IMSS. (1999). *Normas de diseño de ingeniería electromecánica*. Ciudad de México, Distrito Federal, México: IMSS. Recuperado el 2022, de Normas de diseño de ingeniería electromecánica. (<https://www.piaa.com.mx/informacion/documentos/normas-del-imss-para-dise%C3%B1o-de-aire-acondicionado/>)
- Instituto de la Vivienda del Distrito Federal. (2005). *Normas técnicas de ingeniería parte II* (Vol. II). Ciudad de México, México: INVI. Recuperado el 2022, de <https://pdfcoffee.com/qdownload/manual-de-diseo-invi-2-ingenierias-5-pdf-free.html>

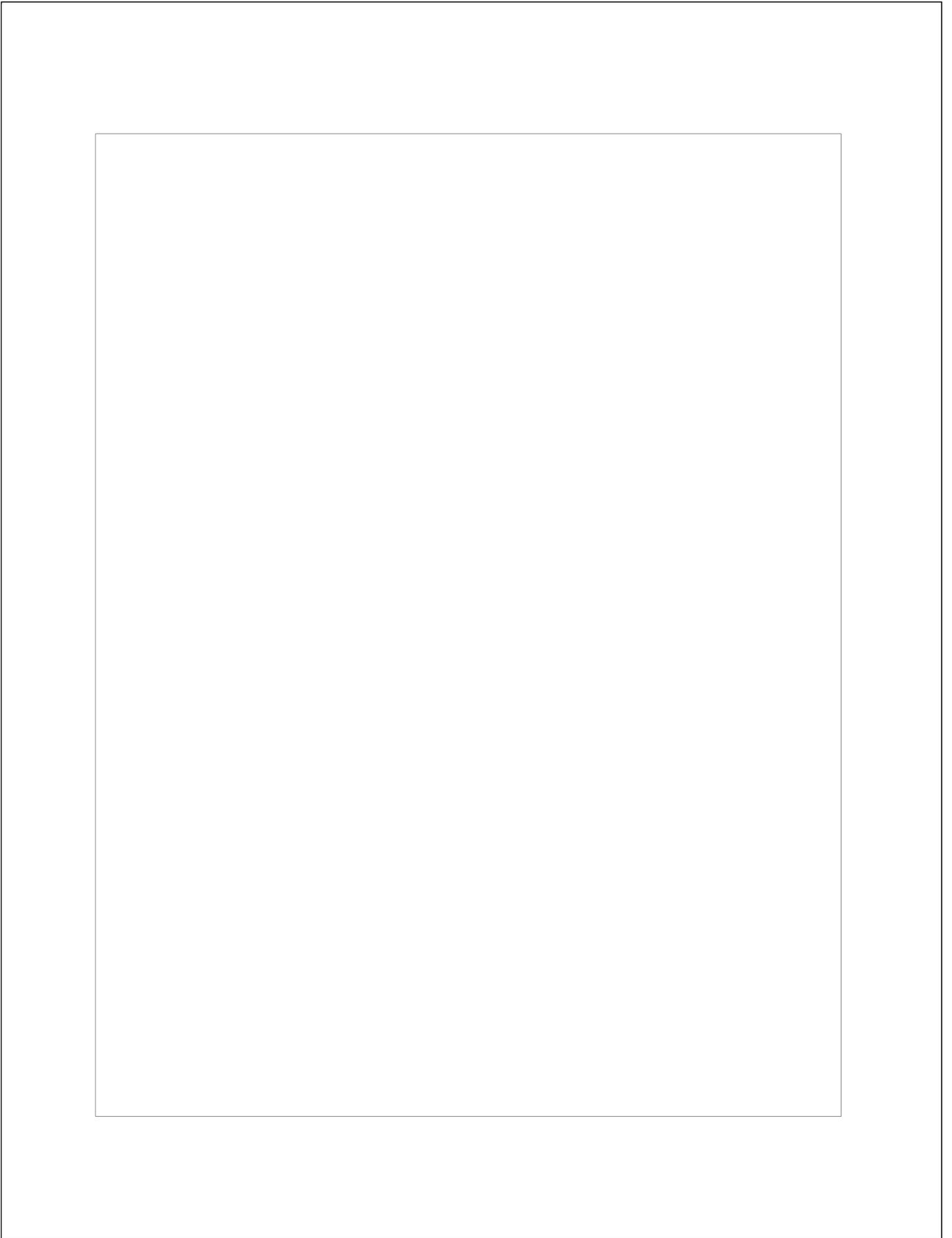
México, G. d. (6 de octubre de 2004). <https://www.consejeria.cdmx.gob.mx>. Obtenido de <http://www.consejeria.df.gob.mx/gaceta/index>
Sotelo Avila, S. (1994). *Hidráulica General Volumen I* (Vol. I). Ciudad de México: Limusa Noriega editores 10. Recuperado el 2022, de https://www.academia.edu/38544755/Hidr%C3%A1ulica_General_Vol_1_Fundamentos_Gilberto_Sotelo_%C3%81vila

BibGuru. (s. f.). BibGuru. https://app.bibguru.com/p/92709184-36a9-4d77-b9d4-111f28026f5c#google_vignette

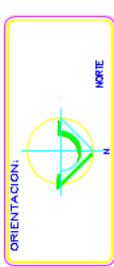
Ludwigpc. (2019). URL acortadas en Normas APA, Séptima edición . *Normas APA PRO*. <https://normasapa.pro/url-acortadas-en-normas-apa-septima-edicion-%E2%9C%85/>

Scribbr. (2025, 3 febrero). *Formato APA con el Generador APA de Scribbr*. <https://www.scribbr.es/citar/generador/apa/>

9. Anexos







NOTAS GENERALES:

1. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.
2. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.
3. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.
4. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.
5. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.
6. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.
7. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.
8. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.
9. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.
10. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

SIMBOLOGIA:

TIPO DE CABLE: 1. PUNTO DE MONTAJE
2. TIPO DE CABLE
3. TIPO DE CABLE
4. TIPO DE CABLE
5. TIPO DE CABLE
6. TIPO DE CABLE
7. TIPO DE CABLE
8. TIPO DE CABLE
9. TIPO DE CABLE
10. TIPO DE CABLE

LEYENDA:

TIPO DE CABLE: 1. PUNTO DE MONTAJE
2. TIPO DE CABLE
3. TIPO DE CABLE
4. TIPO DE CABLE
5. TIPO DE CABLE
6. TIPO DE CABLE
7. TIPO DE CABLE
8. TIPO DE CABLE
9. TIPO DE CABLE
10. TIPO DE CABLE

NOTAS:

1. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

2. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

3. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

4. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

5. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

6. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

7. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

8. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

9. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

10. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

NOTAS:

1. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

2. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

3. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

4. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

5. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

6. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

7. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

8. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

9. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

10. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

NOTAS:

1. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

2. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

3. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

4. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

5. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

6. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

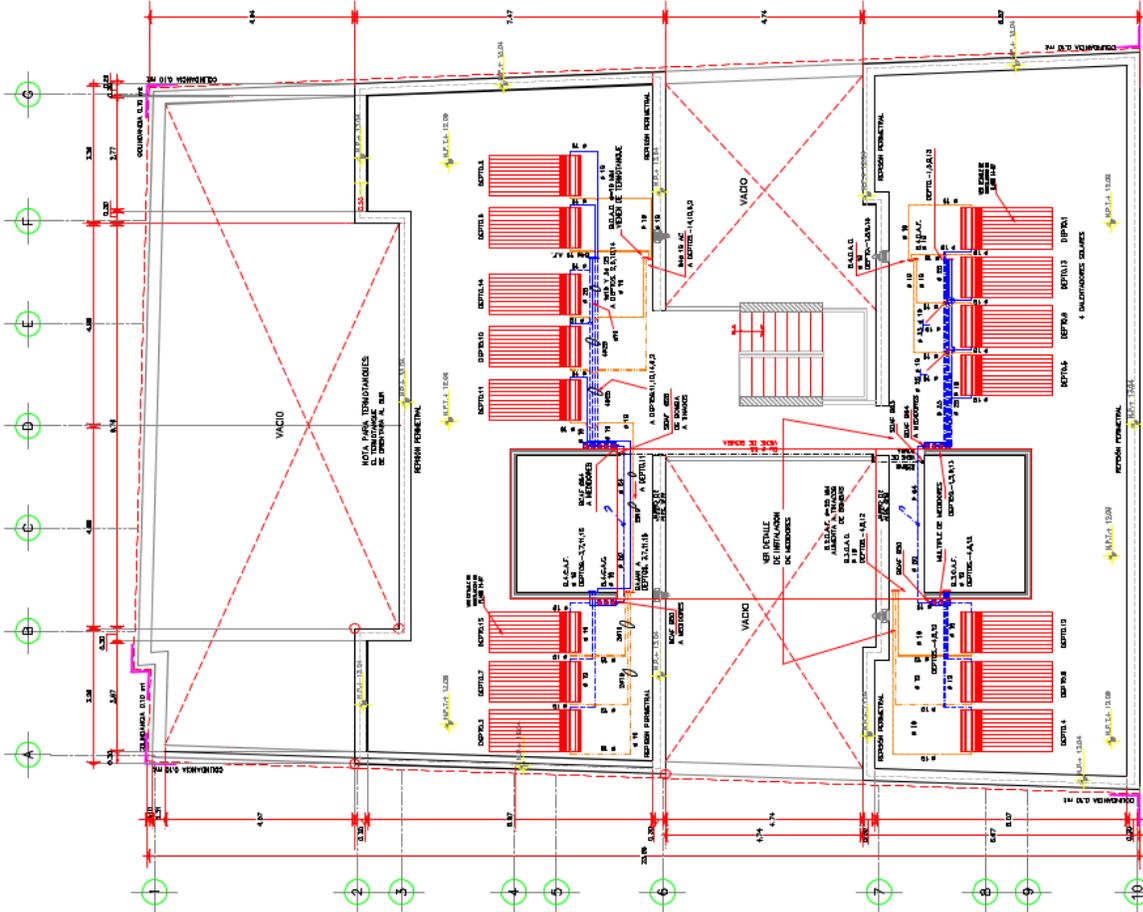
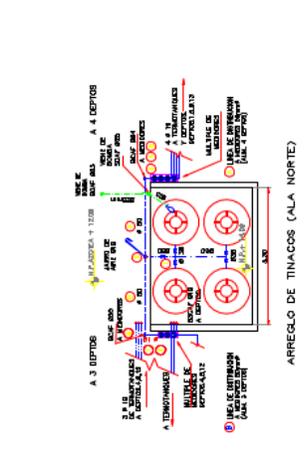
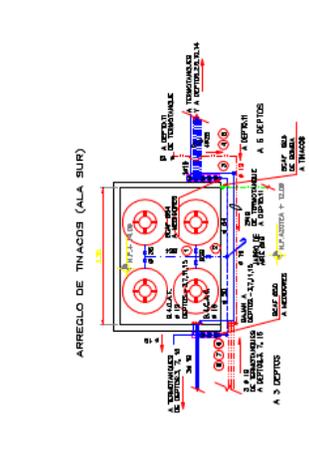
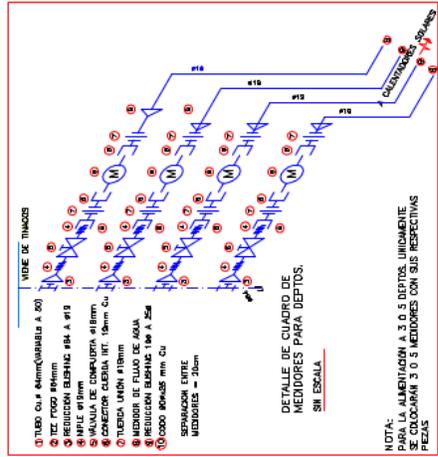
7. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

8. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

9. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

10. SE DEBE MANTENER LA DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

PROYECTANTE:	INGENIERO
CLIENTE:	ROBERTO A. VENTURA EGUILA
UBICACION:	CIUDAD DE BOGOTA, COLOMBIA
FECHA:	15/03/2018
ESCALA:	1:50
PROYECTO:	PLANTA AZOTEA
HOJA:	IH-04



PLANTA AZOTEA

ESCALA: 1:50

Elaboración de proyectos de ingeniería hidráulica y sanitaria en edificaciones y unidades habitacionales

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	idoc.pub Internet	112 palabras — < 1%
2	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Internet	61 palabras — < 1%
3	www.coursehero.com Internet	46 palabras — < 1%
4	vsip.info Internet	35 palabras — < 1%
5	files.conagua.gob.mx Internet	26 palabras — < 1%
6	bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083 Internet	24 palabras — < 1%
7	dokumen.tips Internet	16 palabras — < 1%
8	edoc.pub Internet	13 palabras — < 1%
9	docplayer.es Internet	12 palabras — < 1%

10	ru.coursera.org Internet	12 palabras — < 1%
11	www.ceaqueretaro.gob.mx Internet	10 palabras — < 1%
12	www.slideshare.net Internet	10 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 10 PALABRAS