



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE INSTALACIONES HIDROSANITARIAS DE UNA  
TIENDA DE AUTOSERVICIO TIPO SUPERMERCADO.**

**TESINA**

QUE PARA OBTENER EL:

GRADO DE ESPECIALISTA

EN:

ESPECIALISTA EN **INGENIERÍA SANITARIA**

PRESENTA:

**ING. LUIS JOSUÉ SANDOVAL VÁZQUEZ**

DIRECTOR DE TESINA: **DR. ENRIQUE CÉSAR VALDEZ**



**CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX, MAYO 2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## Agradecimientos:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Le agradezco la beca recibida durante el curso de la especialidad de Ingeniería Sanitaria.

Le agradezco al Dr. Enrique César Valdez por aceptarme en la especialidad de ingeniería sanitaria y a la realización de esta tesina.

A los profesores de la especialidad de ingeniería sanitaria que me ayudaron a formar un criterio y desarrollar conocimientos sobre esta área de trabajo.

A los miembros administrativos que amablemente me orientaron durante la especialidad.

A los profesores externos que impartieron cursos o clases extras.

A los compañeros con los que estuve en clases durante la especialidad y compartieron su experiencia profesional o conocimientos.

A mi madre por apoyarme siempre.

## Índice

Agradecimientos:.....	1
1. Introducción.....	7
2. Objetivos .....	8
2.1. Objetivo general .....	8
2.2. Objetivo particular.....	8
3. Alcances.....	8
4. Información general.....	9
4.1. Ubicación.....	9
4.2. Descripción general del inmueble .....	10
5. Instalación hidráulica .....	12
5.1. Cisterna .....	12
5.2. Toma de agua potable.....	14
5.3. Diámetro comercial.....	14
5.4. Velocidades permisibles .....	15
5.5. Unidades mueble y gasto de diseño.....	15
5.6. Carga dinámica total.....	22
5.6.1. Carga de equipo .....	22
5.6.2. Carga estática total .....	23
5.6.3. Carga de pérdida por fricción.....	23
5.6.4. Carga de velocidad .....	25
5.6.5. CDT del sistema .....	26
5.7. Carga neta positiva de succión .....	26
5.8. Selección del equipo de bombeo .....	27
5.8.1. Punto de operación en la curva de comportamiento.....	27
5.8.2. Revisión por cavitación .....	28
5.8.3. Determinación de la potencia de la bomba.....	29
5.8.4. Elección de la bomba.....	29
5.9. Selección de tanque hidroneumático.....	30
5.10. Selección de calentador .....	32
5.11. Descripción de equipo de filtración .....	33

5.12.	Purificador modular .....	33
6.	Instalación sanitaria.....	33
6.1.	Redes interiores sanitarias .....	34
6.1.1.	Pendientes del sistema .....	34
6.1.2.	Unidades de descarga para muebles sanitarios .....	34
6.1.3.	Tapón de registro.....	36
6.1.4.	Trampa de grasas interiores .....	37
6.1.5.	Trampa de harinas.....	37
6.1.6.	Conductos de ventilación .....	38
6.2.	Red domiciliaria de atarjeas .....	42
6.2.1.	Registros sanitarios exteriores.....	43
6.2.2.	Pozos de visita.....	44
6.2.3.	Trampa de grasas exterior .....	44
6.2.4.	Determinación de diámetros de colector sanitario exterior .....	45
7.	Instalación de gas L.P. ....	46
7.1.	Uso del gas L. P. ....	46
7.2.	Consumo .....	46
7.3.	Almacenamiento.....	47
7.4.	Caída de presión (baja presión) .....	48
7.4.1.	Baja presión regulada .....	48
7.4.2.	Caída de presión (alta presión).....	48
7.4.3.	Cálculo de diámetros en alta presión regulada .....	48
7.4.4.	Cálculo de diámetros en baja presión regulada .....	49
7.5.	Reguladores .....	49
7.5.1.	Regulador primario (primera etapa) alta presión gas L.P. ....	49
7.5.2.	Regulador secundario (segunda etapa) baja presión gas L.P. ....	49
7.6.	Recomendaciones.....	50
7.7.	Memoria de cálculo de gas L.P. ....	50
8.	Instalación de sistema de protección contra incendios .....	52
8.1.	Análisis de áreas .....	52
8.2.	Análisis de riesgo .....	52
8.2.1.	Clasificación de riesgos según NFPA .....	52

8.2.2.	Selección de riesgo.....	53
8.3.	Método de Densidad-Área de diseño .....	54
8.3.1.	Selección de rociador ESFR.....	56
8.4.	Determinación del número de hidrantes.....	56
8.5.	Gasto del sistema.....	57
8.6.	Carga dinámica total.....	57
8.6.1.	Carga de equipo .....	57
8.6.2.	Carga estática total .....	57
8.6.3.	Carga de pérdidas por fricción .....	58
8.6.4.	Carga de velocidad .....	59
8.6.5.	CDT del sistema .....	59
8.7.	Carga neta positiva de succión .....	59
8.8.	Selección bomba con motor eléctrico.....	60
8.8.1.	Puntos de operación en la curva de comportamiento .....	60
8.8.2.	Revisión por cavitación .....	62
8.8.3.	Determinación de la potencia de las bomba .....	62
8.8.4.	Selección del motor .....	62
8.9.	Selección del equipo de bombeo con motor diésel .....	63
8.9.1.	Leyes de afinidad para el motor diésel.....	63
8.9.2.	Corrección de la potencia del motor diésel .....	65
8.10.	Selección de bomba jockey.....	66
8.11.	Dimensiones de la cisterna de alimentación .....	68
9.	Instalación pluvial .....	69
9.1.	Diseño de instalación pluvial .....	69
9.1.1.	Pendiente mínima .....	69
9.1.2.	Coeficiente de escurrimiento.....	69
9.1.3.	Intensidad de lluvia .....	71
9.1.4.	Cálculo del gasto de diseño .....	71
9.2.	Bajadas de agua pluvial .....	72
9.2.1.	Cálculo de columnas.....	72
9.3.	Colector pluvial.....	73
9.4.	Cisterna pluvial.....	74

9.4.1.	Dotación de baños públicos y jardín .....	75
9.4.2.	Dimensiones de la cisterna pluvial.....	75
9.4.3.	Filtro de arena.....	76
9.5.	Red de agua pluvial.....	76
9.5.1.	Unidades mueble y gasto de diseño pluvial.....	76
9.5.2.	Carga dinámica total de instalación pluvial .....	77
9.5.2.1.	Carga estática total .....	78
9.5.2.2.	Carga de pérdida por fricción .....	78
9.5.2.3.	CDT del sistema.....	79
9.5.3.	Carga neta positiva de succión pluvial.....	80
9.5.4.	Selección del equipo de bombeo .....	80
9.5.4.1.	Punto de operación en la curva de comportamiento .....	80
9.5.4.2.	Revisión por cavitación .....	81
9.5.4.3.	Determinación de la potencia de la bomba .....	81
9.5.4.4.	Elección de la bomba .....	82
9.5.5.	Selección de tanque hidroneumático .....	82
10.	Cuarto de maquinas .....	82
10.1.	Sistema de agua potable.....	83
10.2.	Sistema contraincendios .....	83
10.3.	Sistema de agua pluvial .....	83
11.	Conclusión.....	84
12.	Bibliografía.....	85
12.1.	Reglamento y normas de consulta .....	85
12.2.	Libros y manuales consultados .....	85
12.3.	Sitios web de consulta.....	86
13.	Planos.....	88
14.	Anexo .....	89

## Lista de ilustraciones

Figura 1 Ubicación de tienda de autoservicio.....	10
Figura 2 Planta arquitectónica de la tienda de autoservicio. ....	11
Figura 3 Techumbre de la tienda de autoservicio.....	11
Figura 4 Curva de operación, pt55–2–0–3600. ....	28
Figura 5 Motor marca Armstrong, serie 4030. ....	30
Figura 6 Tapón registro. ....	37
Figura 7 Trampa de grasas interior. ....	37
Figura 8 Trampa de harinas. ....	38
Figura 9 Pozo de visita construido en sitio. ....	44
Figura 10 Esquema general de una trampa de grasas.....	44
Figura 11 Curva de operación de la bomba Serie 912, Modelo 492.....	61
Figura 12 Bomba horizontal, serie 912.....	63
Figura 13 Curva de operación de la bomba Serie 912, Modelo 480.....	64
Figura 14 Curva de operación, de la bomba vertical serie PVM4.....	67
Figura 15 Bomba centrífuga vertical, serie PVM. ....	68
Figura 16 Curva de operación, pt55–2–0–3600 ....	81

## Lista de tablas

Tabla 1 Cálculo de provisión mínima de agua potable en la tienda de autoservicio.....	12
Tabla 2 Cálculo de provisión mínima de agua potable en jardín. ....	13
Tabla 3 Dimensiones de la cisterna.....	13
Tabla 4 Línea de llenado a cisterna.....	14
Tabla 5 Diámetros nominales Tuboplus. ....	15
Tabla 6 Consumo de muebles, equivalencia en unidades mueble.....	16
Tabla 7 Gasto probable. ....	17
Tabla 8 Método de Hunter empleado en el diseño de la red de agua potable. ....	18
Tabla 9 Método de Hunter empleado en el diseño de la red de agua potable (Continuación). ....	19
Tabla 10 Método de Hunter empleado en el diseño de la red de agua filtrada. ....	19
Tabla 11 Método de Hunter para red de agua filtrada (Continuación).....	20
Tabla 12 Método de Hunter para red de agua filtrada (Final). ....	21
Tabla 13 Pérdidas en la tubería de succión.....	24
Tabla 14 Pérdidas en la tubería de descarga. ....	24
Tabla 15 Pérdidas en la tubería de descarga (Continuación).....	25
Tabla 16 Punto de operación de la bomba centrífuga. ....	28
Tabla 17 Descarga de mini split .....	34
Tabla 18 Descarga de sanitarios .....	35
Tabla 19 Descarga de servicios y abarrotes.....	35

Tabla 20 Número máximo de unidades de descarga para ramales horizontales y bajadas. .....	36
Tabla 21 Longitudes y diámetros de circuitos y anillos de ventilación.....	39
Tabla 22 Longitud máxima de columnas de ventilación en metros. ....	39
Tabla 23 Longitud máxima de columnas de ventilación en metros (Continuación). ....	40
Tabla 24 Cálculo de diámetros para tubería de ventilación sanitaria. ....	40
Tabla 25 Calculo de diámetros para tubería de ventilación sanitaria (Continuación). ...	41
Tabla 26 Calculo de diámetros para tubería de ventilación sanitaria (Final). ....	42
Tabla 27 Diámetros de colectores de aguas residuales. ....	43
Tabla 28 Cálculo hidráulico de red de atarjeas.....	45
Tabla 29 Aparatos de consumo para gas L.P.....	47
Tabla 30 Cálculo de alta presión para gas L.P.....	51
Tabla 31 Cálculo de baja presión para gas L.P.....	51
Tabla 32 Distribución de áreas en la tienda.....	52
Tabla 33 Densidad/Área.....	54
Tabla 34 Datos del rociador.....	56
Tabla 35 Datos de hidrante.....	56
Tabla 36 Pérdidas por fricción en rociadores.....	58
Tabla 37 Pérdidas por fricción en tubería de sistema contraincendios.....	60
Tabla 38 Afinidad para motor diesel.....	64
Tabla 39 Coeficientes de escurrimiento para diferentes áreas.....	70
Tabla 40 Gasto máximo pluvial.....	72
Tabla 41 Diámetros de columnas de aguas pluviales.....	72
Tabla 42 Diámetros de bajadas pluviales.....	73
Tabla 43 Diámetros en derivaciones de aguas pluviales.....	73
Tabla 44 Diámetros del primer ramal del colector.....	74
Tabla 45 Diámetros del segundo ramal del colector.....	74
Tabla 46 Estación pluviométrica 00011113 COMONFORT.....	74
Tabla 47 Cálculo de provisión mínima de agua para los inodoros del sanitario público	75
Tabla 48 Cálculo de provisión mínima de agua para el jardín.....	75
Tabla 49 Propuesta de dimensiones de la cisterna pluvial.....	76
Tabla 50 Método de hunter para red de agua pluvial.....	77
Tabla 51 Pérdida por fricción en la succión.....	78
Tabla 52 Pérdida por fricción en la descarga.....	79
Tabla 53 Punto de operación de la bomba centrífuga.....	80
Tabla 54 Cálculo de equipo hidroneumático.....	82

## 1. Introducción

Las tiendas de autoservicio tipo supermercado están en constante expansión y la remodelación de sus instalaciones cada 5 años, por lo que es una fuente de trabajo segura para un ingeniero sanitario. En este trabajo se ejemplifica el diseño de instalaciones hidráulicas, sanitarias, pluviales, gas L.P. sistema contraincendios al interior, así como instalaciones exteriores en un área de construcción de 1658.27m<sup>2</sup>.

Este trabajo muestra un esquema de tipo de instalaciones que necesitan este tipo de empresas para establecer sus tiendas. Aunque todas las tiendas de autoservicio sean similares entre sí, las condiciones atmosféricas, el tipo de cisterna, la conexión a servicios municipales puede variar, por lo que es recomendable analizar las variantes de cada lugar en donde se desarrollará el proyecto.

En este tipo de proyectos están involucradas otras disciplinas como arquitectura, instalaciones eléctricas y climatización por lo que es importante estar en constante comunicación para evitar el cruce de instalaciones o trabajar en conjunto con las conexiones eléctricas necesarias para el correcto funcionamiento del equipo hidroneumático que se proponga. Para que se puedan implementar sistemas sostenibles en una tienda se debe interactuar con el arquitecto encargado para contemplar zonas para tanques sépticos, biodigestores o zanjas de infiltración, ya que estas obras necesitan estar a una distancia determinada de la edificación para evitar accidentes o malos olores.

Al ser una empresa extranjera se apoya del reglamento propio de su país en el caso de las instalaciones de sistema contraincendios, mientras que las instalaciones hidrosanitarias se rigen con la normatividad mexicana vigente en el año de publicación de este trabajo.

Además de mostrar un proyecto ejecutivo, también se implementará un sistema sostenible para el aprovechamiento de aguas pluviales que ayudará a disminuir el consumo de agua potable en el sanitario de clientes de la tienda.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Diseñar las instalaciones de suministro y evacuación de agua, para gas, contra incendio y pluvial de una tienda de autoservicio, considerando los principios del desarrollo sustentable.

### 2.2. Objetivo particular

Elaborar una guía para el desarrollo de un proyecto ejecutivo del diseño de instalaciones hidrosanitarias de una tienda de autoservicio.

## 3. Alcances

El proyecto incluye con las siguientes instalaciones:

- Instalación hidráulica

Diseño de la toma domiciliaria, cisterna, cuarto de máquinas, red principal de distribución de agua potable y agua filtrada, redes secundarias que bajan a cada zona departamental e instalación de calentadores eléctricos en zona de amasijo y preparado de carnes para alimentar a lavabos y tarjas triples.

- Instalación sanitaria

Diseño de redes de aguas residuales en el interior de la tienda que descargan a registros sanitarios y/o trampas de grasas exteriores, descarga domiciliaria a red de atarjeas, diseño de sistema de ventilación e instalación de trampas de grasas y trampa de harinas en zonas correspondientes.

- Instalación para gas L.P.

Diseño de red principal, cálculo de capacidad del tanque estacionario, toma de gas L.P., sistema de ventilación, redes secundarias para conexión de muebles, válvula de cierre automático y detectores de gas L.P.

- Instalación de sistema de protección contra incendio

Diseño de un sistema contra incendio para la tienda, considerando rociadores, gabinetes tipo bolsa y gabinetes exteriores, toma siamesa y cisterna para abastecer la red en caso de siniestros. El diseño del sistema de protección contra incendio se basa en las normas establecidas por la National Fire Protection Association (NFPA), proporcionados en NFPA 13 y NFPA 20.

- Instalación pluvial

Diseño de bajadas de aguas pluviales, drenado de patios y estacionamiento y descarga a colectores principales, cisterna y red de agua pluvial para el aprovechamiento de sanitarios de la tienda.

## 4. Información general

### 4.1. Ubicación

El predio de la tienda de autoservicio se localiza en salida a Celaya N°1 entre la calle Guerrero, colonia Centro, Comonfort, Guanajuato C.P. 38200, Guanajuato.

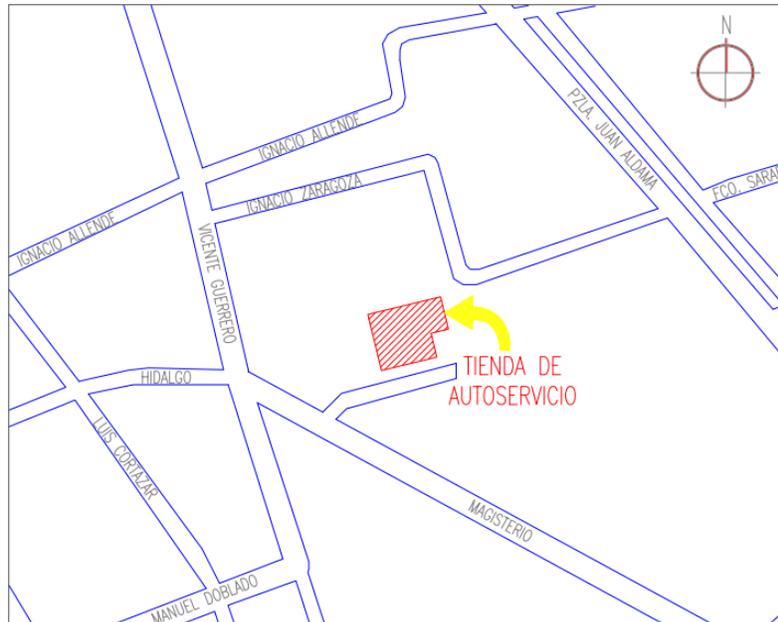


Figura 1 Ubicación de tienda de autoservicio<sup>1</sup>.

#### 4.2. Descripción general del inmueble

La tienda de autoservicio tiene un área de construcción de 1658.27 m<sup>2</sup> y se divide principalmente en el piso de ventas, zonas de abarrotes y servicios, sanitarios para clientes y oficinas administrativas. Al exterior de la tienda se cuenta con un patio de maniobras, áreas verdes y estacionamiento de clientes.

En las figuras 2 y 3 se muestran la planta arquitectónica y la techumbre de la tienda de autoservicio.

---

<sup>1</sup>Google.(s.f.). [Dirección de Google Maps para ubicar la tienda de autoservicio]. Recuperado el 31/01/2022, de <https://www.google.com/maps/place/Mi+Bodega+Aurrera,+Comonfort/@20.7199373,100.7593874,16.25z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x3bfce39110622cb2!8m2!3d20.7201398!4d-100.7586989>

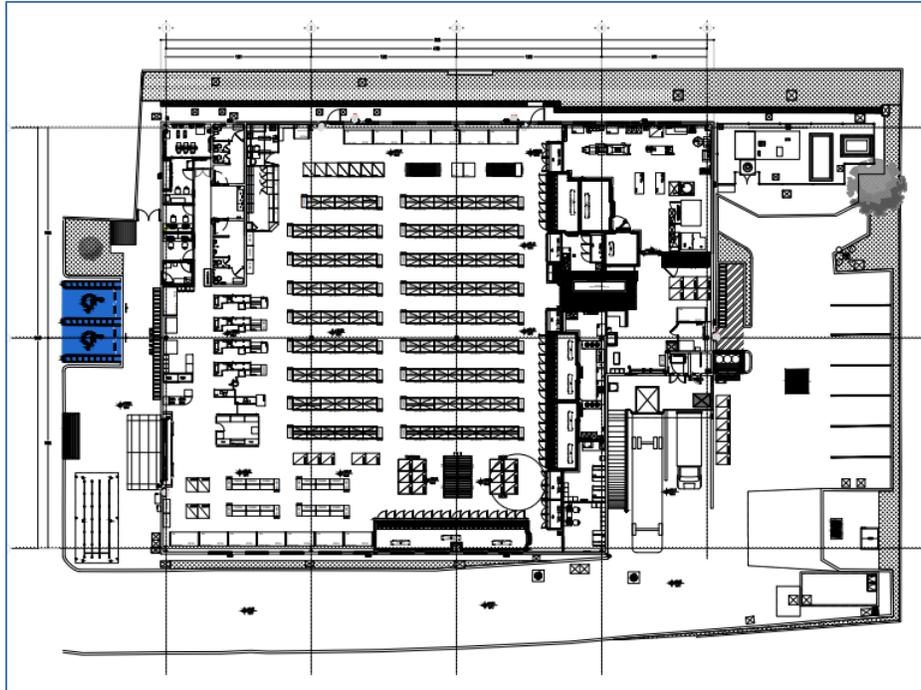


Figura 2 Planta arquitectónica de la tienda de autoservicio<sup>2</sup>.

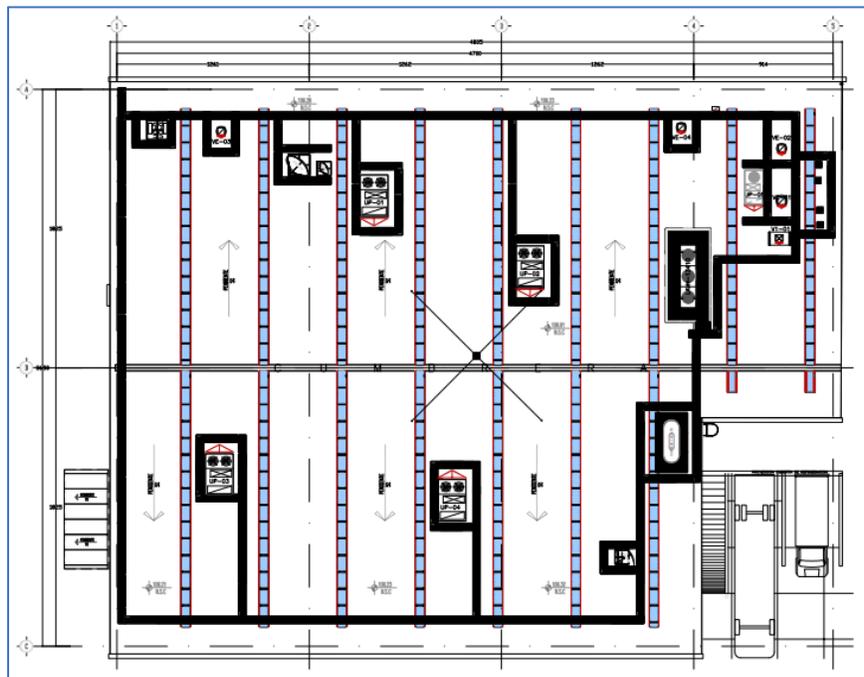


Figura 3 Techumbre de la tienda de autoservicio<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> WAL-MART, S.A. DE C.V. (junio de 2019). 2058-COMONFORT. Ciudad de Mexico , Mexico. Plano de planta arquitectonica, Escala 1:250

<sup>3</sup> WAL-MART, S.A. DE C.V. (junio de 2019). 2058-COMONFORT. Ciudad de Mexico , Mexico. Plano de azotea, Escala 1:250

## 5. Instalación hidráulica

Las edificaciones, sin importar su uso, serán abastecidos de agua potable en cantidad y presión suficientes para satisfacer sus necesidades y servicios<sup>4</sup>.

### 5.1. Cisterna

La capacidad de la cisterna está en función de la demanda de agua que se tenga en el inmueble, con base en los lineamientos de las “NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS”.

Acorde a la normativa para una zona de comercio se considerará una dotación específica de 6 l/m<sup>2</sup>/día y utilizando el área construida de la tienda de 1658.27 m<sup>2</sup>.

Además, se debe considerar el volumen requerido para el jardín de acuerdo a lo especificado en las “NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO” con una dotación de 5 l/m<sup>2</sup>/día para jardines.

Tabla 1 Cálculo de provisión mínima de agua potable en la tienda de autoservicio<sup>5</sup>.

Tipo de edificación	Comercio	
Concepto	Cantidad	Unidad
Dotación mínima	6	l/m <sup>2</sup> /día
Unidad	1658.27	m <sup>2</sup>
Nivel	1	Nivel
Dotación por día	9949.62	l/día
Volumen de reserva	19899.24	l/día
Volumen total requerido	29848.86	l/día
Volumen total requerido	29.8489	m <sup>3</sup> /día

<sup>4</sup>Salud Pública De México. (2014). REGLAMENTO DE INGENIERIA SANITARIA RELATIVO A EDIFICIOS. Ciudad de México. p.115.

<sup>5</sup> Gobierno de México . (2008). NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS. Ciudad de México. Se extrajo el dato de dotacion minima de agua potable, p.61.

Tabla 2 Cálculo de provisión mínima de agua potable en jardín<sup>6</sup>.

Tipo de edificación	Jardín	
Concepto	Cantidad	Unidad
Dotación mínima	5	l/m <sup>2</sup> /día
Unidad	255.55	m <sup>2</sup>
Nivel	1	Nivel
Dotación por día	1277.29	l/día
Volumen de reserva	638.65	l/día
Volumen total requerido	1915.93	l/día
Volumen total requerido	1.9159	m <sup>3</sup> /día

Para obtener la primera parte del volumen de la cisterna se multiplicó el consumo por 3 días de abastecimiento, obteniendo un valor de 31.77 m<sup>3</sup>, mientras que para el sistema contraincendios se calculó un volumen de 170.34 m<sup>3</sup>, el volumen total de la cisterna es 202.11 m<sup>3</sup>

Las dimensiones de la cisterna serán 8.40 metros de ancho por 9 metros de largo con una profundidad de 2.70 metros, resultando 204.12 m<sup>3</sup> de almacenamiento. La altura total interior de la cisterna se debe incrementar un mínimo de 30 cm, considerando que debe haber un bordo libre sobre el nivel del agua para la libre operación de flotadores y elementos de control.

Tabla 3 Dimensiones de la cisterna.

Volumen total	202.11	m <sup>3</sup> /día
Largo	9.00	m
Ancho	8.40	m
Profundidad	2.70	m
Volumen total disponible	204.12	m <sup>3</sup>
Profundidad total (+ colchón de aire)	3.00	m
Volumen total con colchón	226.80	m <sup>3</sup> /día

<sup>6</sup> Gobierno de México. (2011). NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA PARA EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO. Ciudad de Mexico. Se extrajo el dato de dotacion minima de agua potable. de la tabla 3.1,

## 5.2. Toma de agua potable

Para el diseño de la línea de llenado se tomó en cuenta la tabla de dotaciones para diferentes edificaciones de la “NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS”

El diámetro comercial está en función del coeficiente de variación diaria, el área total y la dotación mayor ya que no hay una variación extrema.

Tabla 4 Línea de llenado a cisterna<sup>7</sup>.

Tipo de edificación	Comercio	
	Cantidad	Unidad
Concepto		
Unidad	1913.82	m <sup>2</sup>
Dotación	6	L/m <sup>2</sup> /día
Gasto máximo horario	0.1861	L/s
Gasto máximo horario	0.0002	m <sup>3</sup> /s
Diámetro teórico	12.5673	mm
Diámetro comercial interior	14.4000	mm
Diámetro comercial exterior	20	mm
Área	0.0002	m <sup>2</sup>
Velocidad	1.1425	m/s

Al tener una velocidad entre el margen recomendado de 0.5 m/s a 2 m/s se considera que el diámetro comercial es el correcto para instalarse.

## 5.3. Diámetro comercial

Se usará tubería “Tuboplus” de la marca Rotoplas para el ramal principal, ramales secundarios y conexiones a muebles sanitarios del gimnasio.

<sup>7</sup> Gobierno de México . (2008). *NORMAS...*, *op. cit.*, p.61.

Tabla 5 Diámetros nominales Tuboplus<sup>8</sup>.

Diámetro nominal	Diámetro interior	Espesor	Área	Peso
mm	Mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m
20	14.40	2.80	1.63	0.147
25	18.00	3.50	2.54	0.228
32	23.20	4.40	4.23	0.366
40	29.00	5.50	6.60	0.568
50	36.20	6.90	10.29	0.885
63	45.80	8.60	16.47	1.391
75	54.40	10.30	23.24	1.980
90	65.40	12.30	33.59	2.850
110	79.80	15.10	50.01	4.270

#### 5.4. Velocidades permisibles

En las “NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS” la velocidad mínima permisible será de 0.5 m/s y las velocidad máxima permisible varía según el tipo de material que puede estar en rangos de 3 a 5 m/s<sup>9</sup>.

No obstante, consideramos el rango de 0.5 m/s y 2 m/s tomado del criterio visto en la especialidad de ingeniería sanitaria.

#### 5.5. Unidades mueble y gasto de diseño

La tienda de autoservicio cuenta con zonas departamentales, sanitarios, comedor, cuartos de basura y cuarto de aseo. En estas zonas se conectarán los muebles con agua potable, agua filtrada o agua caliente.

La red de agua potable conectará los sanitarios, llaves de nariz en techumbre, cuarto de basura, tarja de aseo y áreas verdes del patio.

<sup>8</sup> Grupo Rotoplas, S.A.B. de C.V. (s.f.). Rotoplas. Recuperado el 31 de Enero de 2022, de Manual de productos Tuboplus : <https://rotoplas.com.mx/productos/conduccion/tuboplus-hidraulico/>, p.70.

<sup>9</sup> Gobierno de México . (2008). NORMAS, *op. cit.*, p.38 y 39.

La red de agua filtrada abastecerá a las zonas departamentales y comedor, así como los calentadores que ofrecerán agua caliente a zonas de producción alimenticia. La suma acumulada del gasto de agua caliente de cada zona se adicionará al gasto de agua filtrada.

La revisión de velocidades y diámetros comerciales de la instalación de agua potable y agua filtrada se realizó con el método de Hunter. Las unidades mueble que se consideran en el diseño son extraídas de la tabla 6 “Consumo de muebles, equivalencia en unidades mueble o (unidades gasto)” y el gasto de cada ramal se obtuvo de la tabla 7 “Gasto probable”.

Tabla 6 Consumo de muebles, equivalencia en unidades mueble<sup>10</sup>.

Mueble o aparato	Unidad mueble
Inodoro público de tanque	5
Inodoro público con fluxómetro	10
Fregadero público	4
Lavabo público	2
Mingitorio de pared público de tanque	3
Mingitorio de pared público con fluxómetro	5
Regadera pública	4
Tina de baño pública	4
Vertedero	3
Cuarto de baño privado con tanque	6
Cuarto de baño privado con fluxómetro	8
Inodoro privado de tanque	3
Inodoro privado con fluxómetro	6
Fregadero privado	2
Lavabo privado	1
Lavadero privado	3
Llave de jardín	3
Regadera privada	2

<sup>10</sup>César Valdez, E. (1997). *Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 2*. Ciudad de México: Facultad de Ingeniería, p.71.

Tabla 7 Gasto probable<sup>11</sup>.

Número de unidades mueble	Gasto probable (l/s)		Número de unidades mueble	Gasto probable (l/s)		Número de unidades mueble	Gasto probable (l/s)	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
1	0.10	No Hay	75	2.34	3.78	245	4.59	6.31
2	0.15	No Hay	80	2.40	3.91	250	4.64	6.37
3	0.20	No Hay	85	2.48	4.00	255	4.71	6.43
4	0.26	No Hay	90	2.57	4.10	260	4.78	6.48
5	0.38	1.51	95	2.68	4.20	265	4.86	6.54
6	0.42	1.56	100	2.78	4.29	270	4.93	6.60
7	0.44	1.61	105	2.88	4.36	275	5.00	6.66
8	0.49	1.67	110	2.97	4.42	280	5.07	6.71
9	0.53	1.71	115	3.06	4.52	285	5.15	5.76
10	0.57	1.77	120	3.15	4.61	290	5.22	6.83
12	0.63	1.86	125	3.22	4.71	295	5.29	6.89
14	0.70	1.95	130	3.28	4.80	300	5.36	6.94
16	0.76	2.03	135	3.35	4.86	320	5.61	7.13
18	0.83	2.12	140	3.41	4.92	340	5.86	7.22
20	0.89	2.21	145	3.48	5.02	360	6.12	7.52
22	0.75	2.29	150	3.54	5.11	380	6.37	7.71
24	1.04	2.36	155	3.60	5.18	400	6.62	7.90
26	1.11	2.44	160	3.66	5.24	420	6.87	8.09
28	1.19	2.51	165	3.73	5.30	440	7.11	8.28
30	1.26	2.59	170	3.79	5.36	460	7.36	8.47
32	1.31	2.65	175	3.85	5.41	480	7.60	8.66
34	1.36	2.71	180	3.91	5.42	500	7.85	8.85
36	1.42	2.78	185	3.98	5.55	520	8.06	9.02
38	1.46	2.84	190	4.04	5.58	540	8.32	9.20
40	1.52	2.90	195	4.10	5.60	560	8.55	9.37
42	1.58	2.96	200	4.15	5.63	580	8.79	9.55
44	1.63	3.03	205	4.23	5.70	600	9.02	9.72
46	1.69	3.09	210	4.29	5.74	620	9.24	9.89
48	1.74	3.16	215	4.34	5.80	640	9.46	10.05
50	1.80	3.22	220	4.39	5.84	660	9.67	10.22
55	1.94	3.35	225	4.42	5.92	680	9.88	10.38
60	2.06	3.47	230	4.45	6.00	700	10.10	10.55
65	2.16	3.57	235	4.50	6.10	720	10.32	10.74
70	2.27	3.66	240	4.54	6.20	740	10.54	10.93

<sup>11</sup> Ibídem, p. C.1.



Tabla 9 Método de Hunter empleado en el diseño de la red de agua potable (Continuación).

Zona	Tramo	Mueble o aparato	U.M.	Total U.M.	Qmi (L/s)	Qmi (m³/s)	Diámetro (mm)			Área (m²)	Velocidad (m/s)	
Jardín	P-Q	Llave de jardín	3	3.00	9.00	0.5300	0.0005	21.2103	23.2000	32	0.0004	1.2537
	Q-O	Llave de jardín	6	3.00	18.00	0.8300	0.0008	26.5429	23.2000	32	0.0004	1.9634
	O-R	Inodoro público con fluxómetro	5	10.00	86.00	4.0200	0.0040	58.4147	65.4000	90	0.0034	1.1967
		Lavabo público	3	2.00								
		Llave de jardín	8	3.00								
		Vertedero	2	3.00								

U.M.= Unidad mueble  
Qmi= Gasto máximo instantáneo

Tabla 10 Método de Hunter empleado en el diseño de la red de agua filtrada.

Zona	Tipo de agua	Tramo	Mueble o aparato		U.M.	Total de U.M.	Qmi (L/s)	Qmi (m³/s)	Diámetro (mm)			Área (m²)	Velocidad (m/s)
			Descripción	Cant.					Teórico	Interno	Nominal		
Tortillería y panadería	Agua filtrada	A-B	Llave de nariz	2	1.00	2.00	0.1500	0.0002	11.2838	14.4000	20	0.0002	0.9210
	Agua filtrada	C-J	Llave de nariz	1	1.00	1.00	0.1000	0.0001	9.2132	14.4000	20	0.0002	0.6140
	Agua filtrada	D-E	Llave de nariz	2	1.00	2.00	0.1500	0.0002	11.2838	14.4000	20	0.0002	0.9210
			Tarja triple	1	3.00	5.00	0.3800	0.0004	17.9598	18.0000	25	0.0003	1.4933
		E-F	Llave de nariz	2	1.00								
			Tarja triple	1	3.00	6.00	0.4200	0.0004	18.8814	18.0000	25	0.0003	1.6505
		F-G	Llave de nariz	2	1.00								
			Lavamanos	1	1.00								
	Agua Caliente	H-I	Tarja triple	1	3.00	3.00	0.2000	0.0002	13.0294	14.4000	20	0.0002	1.2280
			Tarja triple	1	3.00	4.00	0.2600	0.0003	14.8558	14.4000	20	0.0002	1.5965
		I-G	Lavamanos	1	1.00								
	Agua filtrada	G-J	Tarja triple	2	3.00	0.5700	0.0006	21.9962	23.2000	32	0.0004	1.3484	0.5700
			Lavamanos	2	1.00								
			Llave de nariz	2	1.00								

Tabla 11 Método de Hunter para red de agua filtrada (Continuación).

Zona	Tipo de agua	Tramo	Mueble o aparato		U.M.	Total de U.M.	Qmi (L/s)	Qmi (m3/s)	Diámetro (mm)			Área (m2)	Velocidad (m/s)	
			Descripción	Cant.					Teórico	Interno	Nominal			
Tortillería y panadería	Agua filtrada	J-B	Tarja triple	2	3.00	11.00	0.6000	0.0006	22.5676	23.2000	32	0.0004	1.4193	
			Lavamanos	2	1.00									
			Llave de nariz	3	1.00									
	Agua filtrada	B-K	Tarja triple	2	3.00	13.00	0.6650	0.0007	23.7586	23.2000	32	0.0004	1.5731	
			Lavamanos	2	1.00									
			Llave de nariz	5	1.00									
	Agua filtrada	L-K	Llave de nariz	3	1.00	3.00	0.2000	0.0002	13.0294	14.4000	20	0.0002	1.2280	
	Agua filtrada	K-M	Tarja triple	2	3.00	16.00	0.7600	0.0008	25.3990	23.2000	32	0.0004	1.7978	
			Lavamanos	2	1.00									
			Llave de nariz	8	1.00									
	Salchichonería	Agua filtrada	N-O	Llave de nariz	1	1.00	1.00	0.1000	0.0001	9.2132	14.4000	20	0.0002	0.6140
			O-P	Lavamanos	1	1.00	2.00	0.1500	0.0002	11.2838	14.4000	20	0.0002	0.9210
Llave de nariz				1	1.00									
Agua filtrada		Q-R	Llave de nariz	1	1.00	1.00	0.1000	0.0001	9.2132	14.4000	20	0.0002	0.6140	
		R-P	Tarja triple	1	3.00	4.00	0.2600	0.0003	14.8558	14.4000	20	0.0002	1.5965	
			Llave de nariz	1	1.00									
Agua filtrada		P-M	Tarja triple	1	3.00	6.00	0.4200	0.0004	18.8814	18.0000	25	0.0003	1.6505	
			Lavamanos	1	1.00									
			Llave de nariz	2	1.00									
Agua filtrada	M-S	Tarja triple	3	3.00	22.00	0.7500	0.0008	25.2313	23.2000	32	0.0004	1.7742		
		Lavamanos	3	1.00										
		Llave de nariz	10	1.00										
Comedor	Agua filtrada	T-U	Llave de nariz	1	1.00	1.00	0.1000	0.0001	9.2132	14.4000	20	0.0002	0.6140	
		U-V	Lavamanos	1	1.00	2.00	0.1500	0.0002	11.2838	14.4000	20	0.0002	0.9210	
			Llave de nariz	1	1.00									

Tabla 12 Método de Hunter para red de agua filtrada (Final).

Zona	Tipo de agua	Tramo	Mueble o aparato	U.M.	Total de U.M.	Qmi (L/s)	Qmi (m3/s)	Diámetro (mm)			Área (m2)	Velocidad (m/s)		
Carnes	Agua filtrada	X-Y	Llave de nariz	1	1.00	1.00	0.1000	0.0001	9.2132	14.4000	20	0.0002	0.6140	
		Y-Z	Llave de nariz	1	1.00	4.00	0.2600	0.0003	14.8558	14.4000	20	0.0002	1.5965	
			Tarja triple	1	3.00									
		Z-AA	Llave de nariz	1	1.00	5.00	0.3800	0.0004	17.9598	18.0000	25	0.0003	1.4933	
			Tarja triple	1	3.00									
			Lavamanos	1	1.00									
		BB-AA	Llave de nariz	1	1.00	1.00	0.1000	0.0001	9.2132	14.4000	20	0.0002	0.6140	
		AA-CC	Llave de nariz	2	1.00	6.00	0.4200	0.0004	18.8814	18.0000	25	0.0003	1.6505	
			Tarja triple	1	3.00									
			Lavamanos	1	1.00									
	Agua Caliente	DD-EE	Tarja triple	1	3.00	3.00	0.2000	0.0002	13.0294	14.4000	20	0.0002	1.2280	
		FF-EE	Lavamanos	1	1.00	1.00	0.1000	0.0001	9.2132	14.4000	20	0.0002	0.6140	
		FF-CC	Tarja triple	1	3.00	4.00	0.2600	0.0003	14.8558	14.4000	20	0.0002	1.5965	
			Lavamanos	1	1.00									
	Agua filtrada	CC-V	Llave de nariz	2	1.00	10.00	0.5700	0.0006	21.9962	23.2000	32	0.0004	1.3484	
			Tarja triple	2	3.00									
			Lavamanos	2	1.00									
	Agua filtrada	V-S	Llave de nariz	3	1.00	12.00	0.6300	0.0006	23.1249	23.2000	32	0.0004	1.4903	
			Tarja triple	2	3.00									
Lavamanos			3	1.00										
Agua filtrada	S-GG	Tarja triple	5	3.00	34.00	1.3600	0.0014	33.9765	36.2000	50	0.0010	1.3214		
		Llave de nariz	13	1.00										
		Lavamanos	6	1.00										

U.M.= Unidad mueble  
Qmi= Gasto máximo instantáneo

Utilizando el método de Hunter para obtener el gasto total se realiza la sumatoria del gasto de agua potable y agua filtrada para obtener el gasto que consumirán los usuarios; que es el gasto máximo instantáneo del edificio.

$$Q = 4.02 \frac{l}{s} + 1.36 \frac{l}{s} = 5.38 \frac{l}{s} = 0.0054 \frac{m^3}{s}$$

## 5.6. Carga dinámica total

Carga dinámica total ( $H_t$ ) es la carga contra la cual debe trabajar la bomba. La carga dinámica total sobre la bomba, comúnmente abreviada CDT<sup>12</sup>, se puede determinar teniendo en cuenta la carga estática de succión y descarga, las pérdidas debidas a la fricción, las cargas de velocidad y las pérdidas de carga menores.”

La ecuación de la Carga Dinámica Total (CDT) puede entonces escribirse como:

$$CDT = H_{\text{equipo}} + H_{\text{est}} + h_{fs} + \Sigma h_{ms} + h_{fd} + \Sigma h_{md} + \frac{v_d^2}{2g}$$

Donde:

- $H_{\text{equipo}}$  = Carga de equipo, m;
- $H_{\text{est}}$  = Carga estática total ( $h_{es} \pm h_{ed}$ ), m;
- $h_{es}$  = Carga estática de succión, m;
- $h_{ed}$  = Carga estática de descarga, m;
- $h_{fs}$  = Pérdida de carga debida a la fricción en la tubería de succión, m;
- $h_{fd}$  = Pérdida de carga debida a la fricción en la tubería de descarga, m;
- $h_{ms}$  = Pérdidas menores en conexiones y válvulas de la tubería de succión, m;
- $h_{md}$  = Pérdidas menores en conexiones y válvulas de la tubería de descarga, m;
- $v_d$  = Velocidad en el chiflón de descarga, m/s;
- $g$  = Gravedad de  $9.81 \text{ m/s}^2$ .

### 5.6.1. Carga de equipo

Se tomó en cuenta el equipo más desfavorable, siendo este el último inodoro con fluxómetro del sanitario de hombres de 10 m.c.a.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Ibídem, p. 104.

<sup>13</sup> Gobierno de México. (2008). NORMAS..., op. cit., p.64.[Valor de la tabla cargas minimas de trabajo]

### 5.6.2. Carga estática total

La cisterna se encuentra en el traspatio del edificio, a un lado del cuarto de máquinas que está bajo el nivel de piso, lo que nos provee de una succión positiva para las bombas. La tubería de succión se encuentra a una altura de 2.2m con respecto al fondo de la cisterna, La altura máxima de la red de agua potable se encuentra por debajo de la estructura del techo de la tienda.

$$h_{es} = 2.2m - 0.3m$$

$$h_{es} = 1.9m$$

$$h_{ed} = 4.8 + 0.1 + 0.3m + 0.5m + 2.2m - 0.3m$$

$$h_{ed} = 7.6m$$

La carga estática total es:

$$H_{est} = 7.6m - 1.9m$$

$$H_{est} = 5.7m$$

### 5.6.3. Carga de pérdida por fricción

Las pérdidas de la tubería de succión se calcularon usando la fórmula de Hazen-Williams<sup>14</sup>:

$$h_f = \left( \frac{Q}{35.834 \times 10^{-7} C d^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} * L_{virtual}$$

Donde:

- h<sub>f</sub>= Pérdida por fricción, en m;
- Q= Gasto de diseño del tramo, en l/s;

---

<sup>14</sup>César Valdez, E. (1997). *Instalaciones...*, op. cit., p.85.

**C=** Coeficiente de capacidad hidráulica;  
**d=** Diámetro interior de la tubería, en mm;  
**L<sub>VIRTUAL</sub>=** Longitud virtual del tramo, en m.  
**L<sub>VIRTUAL</sub> = L<sub>REAL</sub> + L<sub>equivalente</sub>**

Tabla 13 Pérdidas en la tubería de succión.

Tramo	Pzas Especiales		Ø	Long. Equivalente		Q	C	Long. Real	Long. Virtual	Ø Interior	V	hf
	Descripción	Cant.		mm	Pza.							
Succión	Válvula de compuerta abierta 3"	1	75	0.81	0.81	5.38	120	5.02	39.79	77.92	1.1282	0.9426
	Válvula de globo 3"	1	75	25	25							
	Codo de 90° 3"	4	75	2.01	8.04							
	Unión 3"	1	75	0.12	0.12							
	"Te" (paso recto) 3"	1	75	0.80	0.80							
g= 9.81m/s <sup>2</sup>											Σ hf <sub>s</sub>	0.9426
Ø = Diámetro Q= Gasto C= Coeficiente de fricción para tubería de acero galvanizado V= Velocidad hf= Perdidas por fricción												

Para calcular las pérdidas en la tubería de descarga y por piezas especiales se usó el método en el manual de Tuboplus<sup>15</sup>.

Tabla 14 Pérdidas en la tubería de descarga.

Tramo	Piezas Especiales		Ø	Long. Equivalente		Q mi	Long. Real	Long. Virtual	Ø	Ø	V	hf virtual	hf real
	Descripción	Cant.		mm	Por Pza.								
a-b	Válvula de compuerta abierta 3"	1	90	0.69	0.69	5.38	4.00	41.69	65.40	0.0654	1.6015	3.3970	0.1560
	Válvulas de Esfera 90mm	1	90	29.00	29.00								
	Codo a 90°	4	90	2.00	8.00								
	Tee normal	2	90	1.80	3.60								
	Conector macho	1	90	0.40	0.40								
b-c	Válvulas de Esfera 75mm	1	75	25.00	25.00	4.02	3.74	29.15	54.40	0.0544	1.7296	2.5651	0.1982
	Tee normal	2	75	1.80	3.60								
	Reducción de diámetros inmediatos	1	75	0.55	0.55								

<sup>15</sup> Grupo Rotoplas, S.A.B. de C.V. (s.f.),..., op. cit., p.54 y 55. [Para mayor información revisar el ejemplo del manual.]

Tabla 15 Pérdidas en la tubería de descarga (Continuación).

Tramo	Piezas Especiales		Ø mm	Long. Equivalente		Q mi L/s	Long. Real m	Long. Virtual m	Ø mm	Ø m	V m/s	hf virtual m	hf real m
	Descripción	Cant.		Por Pza.	Tramo								
c-d	Codo a 90°	3	75	2.00	6.00	3.62	28.07	9.30	54.40	0.0544	1.5575	0.7369	1.3474
	Cople	6	75	0.25	1.50								
	Tee normal	1	75	1.80	1.80								
d-e	Tee normal	1	75	1.80	1.80	3.57	2.91	1.80	54.40	0.0544	1.5360	0.1407	0.1396
e-f	Tee normal	1	75	1.80	1.80	3.51	9.51	4.30	54.40	0.0544	1.5101	0.3304	0.3994
	Codo a 90°	1	75	2.00	2.00								
	Cople	2	75	0.25	0.50								
f-g	Tee normal	1	75	1.80	1.80	3.446	51.02	8.30	54.40	0.0544	1.4826	0.6261	2.1429
	Codo a 90°	2	75	2.00	4.00								
	Cople	10	75	0.25	2.50								
g-h	Tee normal	1	75	1.80	1.80	3.374	0.23	1.80	54.40	0.0544	1.4516	0.1329	0.0097
h-i	Tee normal	1	63	1.80	1.80	2.440	7.77	6.60	45.80	0.0458	1.4810	0.4973	0.3809
	Codo a 90°	2	63	2.00	4.00								
	Cople	1	63	0.25	0.25								
	Reducción	1	63	0.55	0.55								
i-j	Tee normal	1	63	1.80	1.80	2.210	6.57	28.80	45.80	0.0458	1.3414	1.9656	0.2761
	Codo a 90°	3	63	2.00	6.00								
	Válvulas de Esfera 63mm	1	63	21.00	21.00								
j-k	Tee normal	1	63	1.80	1.80	1.770	5.24	7.05	45.80	0.0458	1.0744	0.3854	0.4664
	Codo a 90°	2	50	0.55	1.10								
	Tee normal	1	50	1.80	1.80								
	Conector macho	1	50	1.80	1.80								
	Reducción	1	50	0.55	0.55								
											Σ hf <sub>D</sub>	10.7775	5.5164

Mueble ms desfavorable= W.C.  
 Gravedad= 9.81m/s<sup>2</sup>  
 Aceleración= 998.23kg/m<sup>3</sup>  
 Ø = Diámetro  
 Q= Gasto  
 V= Velocidad  
 hf= Perdidas por fricción

#### 5.6.4. Carga de velocidad

La carga de velocidad se obtiene a partir del último tramo, siendo este la conexión con el fluxómetro del inodoro.

$$\frac{v_d^2}{2g} = 0.0588 \text{ m}$$

### 5.6.5. CDT del sistema

Entonces sustituimos todos los valores que hemos calculado:

$$CDT = 10 + 5.7 + 0.9426 + 10.7775 + 5.5164 + 0.0588 = 32.995 \text{ m. c. a.}$$

### 5.7. Carga neta positiva de succión

La carga neta positiva de succión se puede definir como la energía mínima que requiere el ojo del impulsor para que el líquido llegue a este mismo; en otras palabras, es la energía mínima requerida para establecer un flujo a través del elemento de succión al ojo del impulsor de una bomba y cuyo valor no deberá reducirse al correspondiente a la presión de vapor del líquido manejado. Se expresa en unidades de carga (m.c.a. ó ft.c.a.)<sup>16</sup>.

Para asegurar un correcto funcionamiento del motor a elegir se tiene que considerar la carga neta positiva de succión que esta influenciada por varios elementos como la elevación a la que estará el motor, la temperatura promedio del agua que circulará en la tubería de succión, la presión atmosférica del lugar, la presión de vapor, la carga estática de succión y las pérdidas por fricción de la tubería de succión.

La carga neta positiva de succión está dada por la siguiente expresión:

$$CNPS_D = H_{atm} - H_{vap} + h_{ES} - h_{FS}$$

Donde:

- H<sub>atm</sub>= Presión atmosférica, en m.c.a;
- H<sub>vap</sub>= Presión de vapor, en m.c.a;
- h<sub>ES</sub> = Altura de succión, en m.c.a;
- h<sub>FS</sub>= Pérdida de fricción en la tubería de succión, en m.c.a.

---

<sup>16</sup>Sánchez Lievano, G. (2008). Sistema hidroneumático de abastecimiento de agua potable para el hotel el Dorado Manzanillo. Ciudad de México: I.P.N., p.32.

Para la tienda de autoservicio se tienen los siguientes datos:

- Elevación=1795.10 m
- Temperatura= 20°C
- Densidad del agua a 20°C= 998,08 kg/m<sup>3</sup>
- $H_{\text{vap}}$  a 20°C= 0.2380 m.c.a.
- $H_{\text{ES}}$ = 2.7 m.c.a.
- $\Delta H_s$ = 0.9426 m.c.a.
- $H_{\text{atm}}$  = 8.2049 m.c.a.

Sustituyendo los valores, obtenemos la  $CNPS_D$ :

$$CNPS_D = 8.2049 - 0.2380 + 2.7 - 0.9426 = 9.7243 \text{ m. c. a.}$$

## 5.8. Selección del equipo de bombeo

El bombeo es uno de los procesos más comunes tanto en las actividades industriales como en los hogares, en cualquier caso, el principal problema es el movimiento del líquido de un punto a otro.

“La solución de problemas concretos de bombeo necesita de manera directa el conocimiento del comportamiento tanto de la bomba en si, como del sistema al que deberá acoplarse<sup>17</sup>.”

### 5.8.1. Punto de operación en la curva de comportamiento

El punto de operación para la selección de la bomba está definido en la tabla siguiente.

---

<sup>17</sup>Aguilar Reyes, J. (1997). *Diseño y selección de bombas*. Ciudad de Mexico: Facultad de Ingeniería, p.1.

Tabla 16 Punto de operación de la bomba centrífuga.

Puntos de operación		
Q	5.38 l/s	85.28 g.p.m.
H	32.995 m.c.a.	108.25 ft.c.a.
NPSH <sub>disponible</sub>	9.724 m.c.a.	31.90 ft.c.a.
Diámetro de succión	75 mm	3"
Diámetro de descarga Tuboplus	90 mm	≈ 2 1/2"

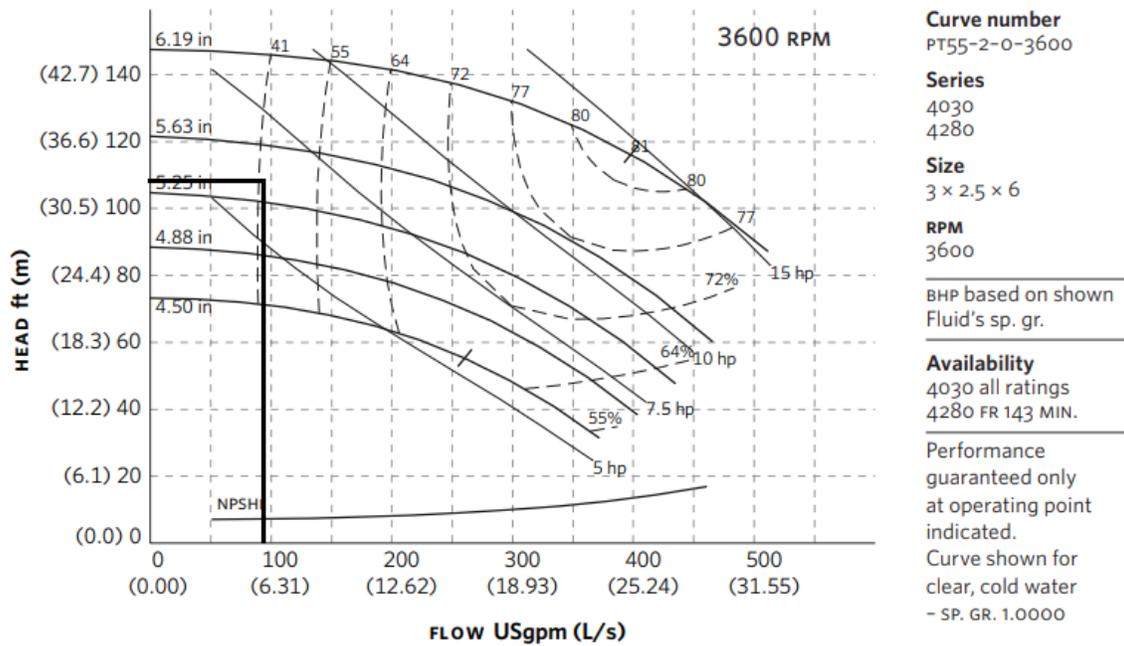


Figura 4 Curva de operación, pt55-2-0-3600<sup>18</sup>.

### 5.8.2. Revisión por cavitación

Para evitar el riesgo de cavitación por succión, se debe cumplir que:

<sup>18</sup> Armstrong. (10 de Mayo de 2016). *Armstrong*. Recuperado el 31 de Enero de 2022, de Performance curves: [https://armstrongfluidtechnology.com/~media/documents/specifications/performance-curves-documents/4030-performance-curves/40-4106\\_4030\\_60hz\\_3x2-5x6\\_performance\\_curves.pdf?la=en&display=1](https://armstrongfluidtechnology.com/~media/documents/specifications/performance-curves-documents/4030-performance-curves/40-4106_4030_60hz_3x2-5x6_performance_curves.pdf?la=en&display=1)

$$CNPS_D > CNPS_R$$

$$31.90 \text{ ft. c. a} > 8 \text{ ft. c. a.}$$

### 5.8.3. Determinación de la potencia de la bomba

La potencia del motor de la bomba se obtiene con la siguiente expresión:

$$P_B = \frac{Q * H * \gamma}{\eta}$$

Donde:

P<sub>B</sub> es la potencia de la bomba, en H.P.

Q es el gasto, en l/s.

H es la carga estática, en m.c.a.

η es el porcentaje de eficiencia de la bomba.

γ es el peso específico del líquido, en  $\frac{kN}{m^3}$

Sustituyendo los valores, obtenemos:

$$P_B = \frac{\left(5.38 \frac{l}{s}\right) \left(\frac{1m^3}{1000l}\right) \left(9.789 \frac{kN}{m^3}\right) (32.995 \text{ m})}{(0.42)} = 4.137 \text{ H.P.}$$

### 5.8.4. Elección de la bomba

La potencia teórica de la bomba es 4.137 H.P., En la práctica, es común considerar un factor de seguridad entre 1,15 y 1,2<sup>19</sup> por lo que se seleccionará un motor comercial de 5 H.P.

Se usarán 2 bombas horizontales de succión final (ES) que trabajarán alternadamente, marca Armstrong, serie 4030, carcasa de hierro fundido con medidas de 3x2.5x6 y 3600

<sup>19</sup> Aguilar Reyes, J. (1997). *Diseño...*, op. cit., p.50.

R.P.M. e impulsor cerrado a 60 Hz.



Figura 5 Motor marca Armstrong, serie 4030<sup>20</sup>.

### 5.9. Selección de tanque hidroneumático

El dimensionamiento del tanque a presión se realiza en función del caudal de bombeo ( $Q_b$ ), el caudal de demanda ( $Q_d$ ), los ciclos por hora ( $U$ ) y el tiempo transcurrido entre dos arranques consecutivos de las bombas llamado  $T_c$ , y se expresa como<sup>21</sup>:

$$T_c = \frac{1h}{U}$$

Para este caso se proponen 12 ciclos por tener dos bombas, cada una trabajará después de la otra.

$$T_c = \frac{3600s}{12} = 300 s$$

Para el dimensionamiento del tanque hidroneumático se cuenta con los siguientes datos:

$$Q_d = 5.38 l/s$$

---

<sup>20</sup> Armstrong Fluid Technology. (s.f.). 4030 end suction base mounted pumps. Recuperado el 01 de Febrero de 2022, de <https://armstrongfluidtechnology.com/en/products/4030-end-suction-base-mounted-pumps>.

<sup>21</sup> Gómez Muñoz, M., Resendíz González, M., & Herrera Jiménez, A. (2008). Cálculo y selección del tanque hidroneumático para el abastecimiento de agua potable al hospital Cundallini. Ciudad de México: I.P.N., p.38.

$$H_{est} + \text{muelle más desfavorable} = 16.2m$$

$$\Sigma hfD = 17.6007 m$$

Presión mínima en el muelle más desfavorable= 3 m

Presión de operación diferencial=14 m

Presión atmosférica 0.82 kg/cm<sup>2</sup>

La presión mínima se obtiene de la sumatoria de la carga estática, las pérdidas por fricción y la presión mínima, mientras que la carga máxima es la adición de la presión diferencial.

$$P_{min} = 36.8 m (3.68 kgf/cm^2)$$

$$P_{máx} = 50.8 m (5.08 kgf/cm^2)$$

Volumen útil del tanque (Vu):

$$Vu = \frac{Tc * Qd}{4} = \frac{300 * 5.38}{4} = 403.5 l$$

Porcentaje del volumen útil:

$$\%Vu = 90 * \frac{P_{máx} - P_{min}}{P_{máx}}$$

$$\%Vu = 90 * \frac{5.08 + 0.82 - 3.68 + 0.82}{5.08 + 0.82}$$

$$\%Vu = 21.36 \%$$

Cálculo del volumen total del tanque (vt):

$$Vt = \frac{Vu}{\frac{\%Vu}{100}}$$

$$Vt = \frac{403.5 \text{ l}}{\frac{21.36}{100}} = 1889.40 \text{ l}$$

Teniendo el volumen total se selecciona el tanque hidroneumático vertical de la marca “Pedrollo”, capacidad de 2000 litros, máxima presión 16 bar, conexión de 2” y dimensiones 1.10 m de ancho y 2.52 m de alto.

#### 5.10. Selección de calentador

Para seleccionar el equipo se recomienda contar con 1/5 parte de la dotación de agua potable como agua caliente.

La dotación de acuerdo con las “NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS”:

$$Dotación = 9949.62 \frac{l}{día}$$

Dotación requerida de agua caliente:

$$Dotación * \frac{1}{5} = 9949.62 * \frac{1}{5} = 1989.904 \frac{l}{día}$$

Dotación requerida por departamento:

$$\frac{1989.904}{2} = 994.952 \frac{l}{día} = 0.691 \frac{l}{min}$$

El equipo por seleccionar es el calentador eléctrico de la marca "CALOREX" tipo ELECTRICO, VATTIUM, modelo: E-10, 220V por tener una capacidad de servicio de 1 l/min.

#### 5.11. Descripción de equipo de filtración

El muestreo para el análisis físico, químico y bacteriológico del agua no se llevó a cabo, sin embargo, los siguientes equipos son los recomendables para este tipo de establecimiento:

- Bomba dosificadora de cloro marca "LMI" de MILTON ROY MOD P121-358-TI con alimentación de 127 v.
- Filtro de discos "AMIAD" modelo: 3" TWIN LITE automatizado para la filtración de sólidos suspendidos con válvula solenoide y temporizador para su control.
- Filtro de carbón activado, marca "AQUAPLUS", MOD.CAF-24
- Filtro y cartucho pulidor marca "ACUAPLUS" MOD. 20X1.
- Tanque suavizador marca. "AQUAPLUS ", mod. SF 450 con capacidad 15 pies cúbicos
- Tanque de salmuera, diámetro 76mm y altura 127mm.

#### 5.12. Purificador modular

Previo a la conexión hidráulica de cada departamento que esté destinado a la alimentación se usará un purificador modular "4-SS-UV-M/B" con sistema con filtro hilado de PPL, filtro de carbón activado y lámpara de luz ultravioleta.

### 6. Instalación sanitaria

El diseño de la instalación sanitaria está en función del gasto y la presión de descarga de cada mueble. Se utilizará tubería de PVC para la red sanitaria en general.

## 6.1. Redes interiores sanitarias

Las aguas residuales que se generen durante la operación diaria de la tienda de autoservicio serán conducidas por medio de redes interiores que descargarán a un registro o trampa de grasas exterior en donde formarán un colector principal para el desalajo a la red municipal de aguas residuales.

### 6.1.1. Pendientes del sistema

El sistema funciona por gravedad, la red sanitaria se proyectará con una pendiente mínima del 2%

### 6.1.2. Unidades de descarga para muebles sanitarios

La tienda de autoservicio cuenta con tres descargas separadas que se conectan a registros sanitarios y/o trampa de grasas exteriores.

Para obtener el gasto en cada descarga se utilizó el método de Hunter-Nielsen.

Tabla 17 Descarga de mini split

Descarga 1			
Mueble	U.M.	Cantidad	Total
Mini Split	1	1	1
		U.M.	1
		Q	0.10 l/s
U.M.= Unidad mueble Q= Gasto			

Tabla 18 Descarga de sanitarios

Descarga 2			
Mueble	U.M.	Cantidad	Total
Lavamanos	2	3	6
Inodoro de válvula	8	5	40
Mingitorio	2	2	4
Mini Split	1	1	1
C6	1	5	5
		U.M.	16
		U.M. con V.	40
		Q	2.99 l/s
U.M.= Unidad mueble V= Válvula Q= Gasto			

Tabla 19 Descarga de servicios y abarrotos

Descarga 3			
Mueble	U.M.	Cantidad	Total
Tarja Triple	3	3	9
Tarja simple	2	4	8
C1	1	6	6
C2	1	11	11
C3	3	8	24
C4-C5	3	11	33
C6	1	2	2
		U.M.	93
		Q	2.68 l/s
U.M.= Unidad mueble Q= Gasto			

Una vez determinadas las unidades mueble en cada descarga, de acuerdo con el proyecto, se revisarán los diámetros utilizando la tabla 16 “Número máximo de unidades de descarga para ramales horizontales y bajadas”, posteriormente se seleccionará el diámetro comercial más adecuado.

Para la selección de diámetros de la descarga de sanitarios se toma un diámetro de 150 mm después de la conexión del segundo inodoro.

Tabla 20 Número máximo de unidades de descarga para ramales horizontales y bajadas<sup>22</sup>.

Diámetro (mm)	Cualquier ramal horizontal	Bajada de 3 pisos o menos	Mas de tres pisos	
			Total en la bajada	Total en un piso
32	1	2	2	1
38	3	4	8	2
50	6	10	24	6
63	12	20	42	9
75	20(*)	30(+)	60(+)	16(*)
100	160	240	500	90
125	360	540	1100	200
150	620	960	1900	350
200	1400	2200	3600	600
250	2500	3800	5600	1000
300	3900	6000	8100	1500

(\*) No más de 2 inodoros  
(+) No más de 6 inodoros

### 6.1.3. Tapón de registro

El tapón de registro es un elemento importante para limpiar la red sanitaria o verificar su buen funcionamiento.

En el diseño de la red sanitaria de la tienda se deben instalar tapones de registro en los siguientes casos:

- Al principio de cada línea sanitaria, principal o secundaria con 2 codos de 45° y el diámetro correspondiente a la línea, dejando un nivel de arrastre de 0.3m.
- A cada 10 metros de la línea sanitaria se colocará un tapón de registro con un codo 45° y una "Y", respetando la pendiente de la línea sanitaria.

<sup>22</sup> Carballido Zamora, A. (2002). Ingeniería del manejo y disposición de aguas residuales y pluviales de edificios. Ciudad de México: Facultad de Ingeniería, p.35.

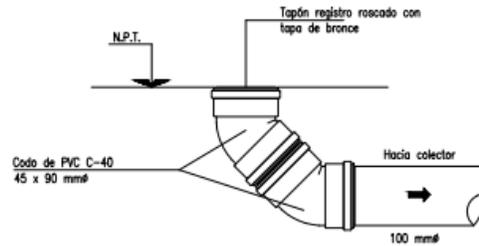


Figura 6 Tapón registro.

### 6.1.4. Trampa de grasas interiores

Se instalarán trampas de grasas en las zonas de preparación de alimentos como tortillería, salchichonería y preparado de carnes, marca “PISA UNIVERSAL”, modelo UP700.

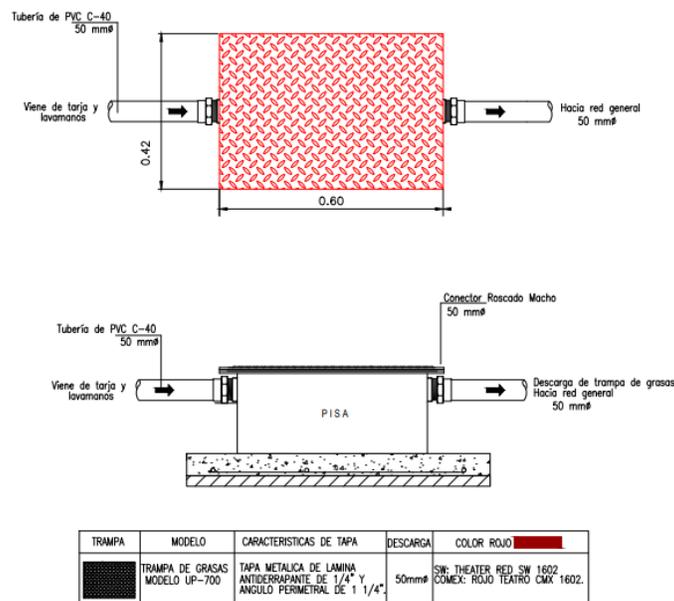


Figura 7 Trampa de grasas interior.

### 6.1.5. Trampa de harinas

Se instalará una trampa de harinas en amasijo para captar los sólidos en la descarga.

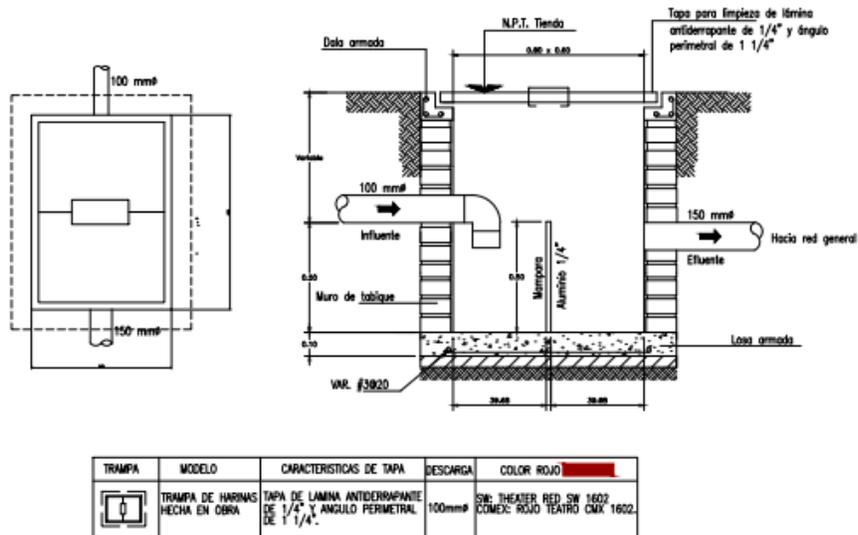


Figura 8 Trampa de harinas.

### 6.1.6. Conductos de ventilación

El propósito de la ventilación general del sistema de instalación sanitaria es permitir que el aire exterior ingrese a este para facilitar la circulación y asegurar la expulsión de olores por el techo.

El conducto de ventilación en los sanitarios se proyectará por el plafón, mientras que la ventilación de cada departamento estará sobre el muro divisorio más cercano.

Para el diseño se empleará tubería de hierro fundido como indica la normativa mexicana. Además de las tablas de longitudes de ventilación para tubería horizontal y vertical se obtendrá el diámetro de cada tramo de ventilación.

Tabla 21 Longitudes y diámetros de circuitos y anillos de ventilación<sup>23</sup>.

Diámetro de la tubería de desagüe		Unidades de descarga (Máximo)	Diámetro de la ventilación del circuito del anillo						
			1 ½	2	2 ½	3	4	5	
mm	Pulgadas		38	50	64	75	100	125	
			Máxima longitud horizontal (metros)						
38	1 ½	10	6.10						
50	2	12	4.55	12.20					
50	2	20	3.05	9.15					
75	3	10		6.10	12.20	30.50			
75	3	30			12.20	30.50			
75	3	60			4.85	24.50			
100	4	100			6.10	15.80	61.00		
100	4	200			5.50	15.80	55.00		
100	4	500			4.52	11.00	42.50		
125	5	200				4.90	21.50	61.00	
125	5	1100				3.00	12.20	42.50	

Tabla 22 Longitud máxima de columnas de ventilación en metros<sup>24</sup>.

Diámetro de la bajada (mm)	U.M.	Diámetro de la ventilación requerida								
		32	38	50	64	75	100	125	150	200
32	2	9								
38	8	15	46							
64	10	9	30							
50	12	9	23	61						
50	20	8	15	46						
38	42		9	30	91					
75	10		9	30	61	183				
75	30			18	61	152				
75	60			15	24	122				
100	100			11	30	79	305			
100	200			9	28	76	274			
100	500			6	21	55	213			
125	200				11	24	107	305		
125	500				9	21	91	274		

<sup>23</sup>González Castillo, J. L. (2008). Diseño y construcción del sistema de ventilación de la instalación para la evacuación de aguas residuales en edificios. Ciudad de México : Facultad de Ingeniería, p.68.

<sup>24</sup> Carballido Zamora, A. (2002). Ingeniería..., op. cit., p.40.

Tabla 23 Longitud máxima de columnas de ventilación en metros (Continuación).

Diámetro de la bajada (mm)	U.M.	Diámetro de la ventilación requerida								
		32	38	50	64	75	100	125	150	200
125	1100				6	15	61	213		
150	350				8	15	61	122	396	
150	620				5	9	38	91	335	
150	960					7	30	76	305	
150	1900					6	21	61	213	
200	600						15	46	152	396
200	1400						12	30	122	366
200	2200						9	24	107	335
200	3600						8	18	76	244
250	1000							23	38	305
250	2500							15	30	152
250	3800							9	24	107
250	5600							8	18	76

Nota: El 20% de la longitud anotada puede ser instalada en posición horizontal

En este caso cada departamento que cuente con tarjas triples y lavabos serán considerados para la instalación de tubería sanitaria y para el sanitario en general solo se consideran inodoros y lavabos.

Tabla 24 Cálculo de diámetros para tubería de ventilación sanitaria.

Tubería de ventilación									
Espacio	Tramo	Mueble	Cant.	U. M.	Σ U.M.	Columna	Anillo	Long. Horizontal	Long. Vertical
						φ (mm)	φ (mm)	m	m
Tortillería y panadería	A-B	Tarja triple	1	3	3	38	38	1	1.8
	B-C	Lavabo	1	2	2	38	-	2.4	1.8
	B-D	Tarja triple	1	3	5	-	38	0.3	-
		Lavabo	1	2					
	D-E	Tarja triple	1	3	5	50	50	5.3	3.6
		Lavabo	1	2					

Tabla 25 Calculo de diámetros para tubería de ventilación sanitaria (Continuación).

Tubería de ventilación									
Salchichonería	F-G	Lavabo	1	2	2	50	50	4.98	1.8
	G-H	Tarja triple	1	3	3	32	-	-	1.8
	H-I	Lavabo	1	2	5	-	50	-	3.6
		Tarja triple	1	3					
Carnes comedor	J-K	Tarja triple	1	3	3	38	38	1	1.8
	K-L	Lavabo	1	2	2	32	-	-	1.8
	K-M	Tarja triple	1	3	5	-	38	0.15	-
		Lavabo	1	2					
	M-N	Lavabo	1	2	2	32	-	-	1.8
	N-O	Tarja triple	1	3	7	38	38	0.2	3.6
		Lavabo	2	2					
Sanitarios	1-2	Excusado de válvula	1	8	8	-	50	1.5	-
	2-3	Excusado de válvula	2	8	16	64	64	0.4	2.7
	3-4	Mingitorio de pared	1	4	4	32	-	-	1.6
	3-5	Excusado de válvula	2	8	20	64	-	0.9	-
		Mingitorio de pared	1	4					
	5-6	Mingitorio de pared	1	4	4	32	-	-	1.6
	5-7	Excusado de válvula	2	8	24	64	-	5.87	-
		Mingitorio de pared	2	4					
	7-8	Lavabo	1	2	2	32	-	-	1.6
	7-9	Excusado de válvula	2	8	26	64	-	0.6	-
		Mingitorio de pared	2	4					
		Lavabo	1	2					
	9-10	Lavabo	1	2	2	32	-	-	1.6
	9-11	Excusado de válvula	2	8	28	64	-	0.6	-
		Mingitorio de pared	2	4					
		Lavabo	2	2					
	11-12	Lavabo	1	2	2	32	-	-	1.6
	9-11	Excusado de válvula	2	8	30	64	-	6	-
		Mingitorio de pared	2	4					
		Lavabo	3	2					

Tabla 26 Calculo de diámetros para tubería de ventilación sanitaria (Final).

Tubería de ventilación									
Sanitarios	12-13	Excusado de válvula	1	8	8	-	50	1	-
	13-11	Excusado de válvula	2	8	16	64	64	0.4	2.7
	11-14	Excusado de válvula	4	8	46	64	-	2.5	-
		Mingitorio de pared	2	4					
		Lavabo	3	2					
	14-15	Excusado de válvula	1	8	8	50	50	0.4	2.7
	14-16	Excusado de válvula	5	8	54	64	-	-	3.6
		Mingitorio de pared	2	4					
		Lavabo	3	2					

Observando los datos obtenidos en la tabla 19. tenemos el diámetro de salida hacia el techo de cada zona; en el departamento de tortillería y la salchichonería tendrán un diámetro final de 50mm, el comedor y la carnicería tendrán un diámetro de 38mm y por último el sanitario en general tendrá una salida de ventilación de 64mm.

## 6.2. Red domiciliaria de atarjeas

La red sanitaria exterior de la tienda de autoservicio está conformada por registros sanitarios, pozos de visita y trampa de grasas. La primera línea sanitaria se encuentra en la zona noroeste de la tienda que recibe la descarga de los sanitarios para uso de clientes y la segunda línea se encuentra en la zona sureste de la tienda y recibe la descarga de abarrotes y comedor de empleados. Estas dos líneas de descarga sanitaria se unen a un pozo de visita en la entrada de la tienda para descargar a la red municipal.

Para el diseño del colector exterior se usó la tabla “Diámetros de colectores de aguas residuales”.

Tabla 27 Diámetros de colectores de aguas residuales<sup>25</sup>.

Diámetros de colectores de aguas residuales			
Diámetro del colector (mm)	Colectores de aguas residuales		
	Máximo número de unidades de descarga		
	Pendiente		
	1%	2%	4%
35	1	1	1
40	2	2	3
50	7	9	12
70	17	21	27
80	27	36	48
100	114	150	210
125	270	370	540
150	510	720	1050
200	1290	1860	2640
250	2520	3600	5250
300	4390	6300	9300

### 6.2.1. Registros sanitarios exteriores

El Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativo a Edificios dicta en el artículo 85 establece los parámetros para registros sanitarios.<sup>26</sup>

- Para profundidad hasta de un metro 40 x 60 cm.
- Para profundidad hasta de dos metros 50 x 70 cm.
- Para profundidad de más de dos metros 60 x 80 cm.

<sup>25</sup>Ibidem, p.36.

<sup>26</sup>Salud Pública De México. (2014). REGLAMENTO..., op. cit., p.118.



#### 6.2.4. Determinación de diámetros de colector sanitario exterior

Por seguridad para la descarga de sanitarios generales se tiene un diámetro de salida hacia el primer registro de 150mm que conectará con varios registros hasta llegar al “pozo de visita 2”.

La descarga de los departamentos de alimentos de la tienda termina en una trampa de grasas exterior con un diámetro de 100mm que descargará al pozo de visita 3 y llegará al pozo de visita 2 para finalizar en el colector sanitario municipal.

Tabla 28 Cálculo hidráulico de red de atarjeas.

Tramo	$\Sigma$ Unidad Mueble	Ramal		
		S	Capacidad máxima en Unidades Mueble	$\phi$ (mm)
D1-R1	56	2%	510	150
R1-R2	56	1%	510	150
D2-R2	1	2%	9	50
R2-R3	57	1%	510	150
R3-PV1	57	1%	510	150
PV1-PV2	57	1%	510	150
D3-TG	93	1.5%	150	100
TG-PV3	93	1%	114	100
PV3-PV4	93	1%	114	100
PV4-PV2	150	1%	510	150
PV2-E	150	1%	510	150
D=Descarga R=Registro PV=Pozo de visita TG= Trampa de grasas E=Exterior				

## 7. Instalación de gas L.P.

Para realizar las actividades relacionadas con las instalaciones internas de gas y las características de estas en el suministro, se debe tener apoyo en el reglamento de distribución de gas<sup>29</sup>.

El diseño se realizará apegándose a los lineamientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEDG-2004 “ESTACIONES DE GAS L.P. PARA CARBURACION. DISEÑO Y CONSTRUCCION”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de abril del 2005 y NOM-EM-004-SEDG-2002 “NORMA OFICIAL MEXICANA DE EMERGENCIA, INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P. DISEÑO Y CONSTRUCCION”.

Al ser una edificación comercial se desarrollará el proyecto para el aprovechamiento de gas L.P. de clase “C”<sup>30</sup>.

### 7.1. Uso del gas L. P.

Se utilizará como combustible en los diferentes aparatos de consumo para satisfacer las necesidades de la tienda.

### 7.2. Consumo

El consumo de los aparatos de la tienda que necesitan gas L.P. se encuentra en la siguiente tabla:

---

<sup>29</sup>Enriquez, H. (2004). El ABC de las instalaciones de gas, hidráulicas, y sanitarias. Ciudad de México: Limusa, p.20.

<sup>30</sup> Gobierno de México. (2002). NORMA OFICIAL MEXICANA DE EMERGENCIA, INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P. DISEÑO Y CONSTRUCCION. Ciudad de México : Diario Oficial de la Federación, p.4.

Tabla 29 Aparatos de consumo para gas L.P.

Aparatos de consumo					
No.	Descripción	Área	Tipo	Cantidad	Caudal $\frac{m^3}{h}$
1	Tortilladora de maíz	Tortillería	Comercial	1	2.200
2	Horno giratorio	Amasijo	Comercial	1	2.040
3	Horno minicombo	Amasijo	Comercial	1	2.500
4	Parrila 2Q	Amasijo	Comercial	1	1.564
					Consumo total = $6.502 \frac{m^3}{h}$
					Consumo total + 10% = $7.152 \frac{m^3}{h}$

$$\text{Consumo total} = 7.152 \frac{m^3}{h}$$

### 7.3. Almacenamiento

De acuerdo con el consumo total (CT) y utilizando la regla común para determinar la capacidad de vaporización del propano en metros cúbicos por hora y aplicando la siguiente fórmula tenemos:

Capacidad de vaporización ( $Q_v$ )<sup>31</sup>:

$$Q_v = 0.01756 \times D \times L \times K_p \times K_t$$

Donde:

- $Q_v$  = Capacidad de vaporización del tanque, en  $m^3/h$ ;
- $D$  = Diámetro del tanque, en m;
- $L$  = Largo total del tanque, en m;
- $K_p$  = Factor que depende del porcentaje de gas líquido en el tanque;
- $K_t$  = Factor que depende de la temperatura ambiente.

<sup>31</sup> RegO®. (2021). Manual de Servicio para el Instalador de Gas-LP. North Carolina, p. 8.

$$Qv = 0.01756 \times 1.04 \times 2.301 \times 60 \times 3 = 7.564 \frac{m^3}{h}$$

Se propone un tanque estacionario de 1600 L de capacidad (1.04mx2.301m) que nos proporcionan una vaporización de  $7.564 \frac{m^3}{h} > 7.152 \frac{m^3}{h}$

#### 7.4. Caída de presión (baja presión)

Se obtiene sobre la base de la fórmula del Dr. Pole<sup>32</sup>.

$$H = Q^2 \times F \times L$$

Donde:

- H= Caída de presión porcentual;
- Q= Caudal volumétrico conducido, en m<sup>3</sup>/h;
- F= Factor de cálculo de tubería;
- L= Longitud de tubería, en m.

##### 7.4.1. Baja presión regulada

La suma de la caída de presión en los tramos no debe ser mayor del 5%<sup>33</sup>.

##### 7.4.2. Caída de presión (alta presión)

$$\% \text{ Caída de presión} = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100$$

##### 7.4.3. Cálculo de diámetros en alta presión regulada

La caída de presión debe ser no mayor al 10%.

---

<sup>32</sup>Gobierno de México. (2002). NORMA..., op.cit., p. 8.

<sup>33</sup> Ibídem, p. 9.

#### 7.4.4. Cálculo de diámetros en baja presión regulada

La caída de presión no debe ser mayor a 5%.

#### 7.5. Reguladores

##### 7.5.1. Regulador primario (primera etapa) alta presión gas L.P.

$$CT = 7.152 \frac{m^3}{h}$$

Se seleccionó un regulador primera etapa, alta presión regulada gas L.P. de la marca Fisher, modelo 64 o similar, que tiene una capacidad de  $70.80 m^3/h > 7.152 m^3/h$ . con una presión de salida de 10 psi, para el tanque estacionario.

##### 7.5.2. Regulador secundario (segunda etapa) baja presión gas L.P.

- Aparato: Tortilladora de maíz,  $CT = 2.200 m^3/h$ .

Se seleccionó un regulador segunda etapa, baja presión regulada gas L.P. de la marca Fisher, mod. 922 o similar, que proporciona  $5.66 m^3/h > 2.200 m^3/h$ .

Presión de entrada  $1.5 kg/cm^2$ , presión de salida  $27.94 gr/cm^2$ .

- Aparato: horno giratorio,  $CT = 2.040 m^3/h$ .

Se seleccionó un regulador segunda etapa, baja presión regulada gas L.P. de la marca Fisher, mod. 922 o similar, que proporciona  $5.66 m^3/h > 2.2.040 m^3/h$ .

Presión de entrada  $1.5 kg/cm^2$ , presión de salida  $27.94 gr/cm^2$ .

- Aparato: horno minicombo,  $CT = 2.500 m^3/h$ .

Se seleccionó un regulador segunda etapa, baja presión regulada gas L.P. de la marca Fisher, mod. 922 o similar, que proporciona  $5.66\text{m}^3/\text{h} > 2.500\text{ m}^3/\text{h}$ .

Presión de entrada  $1.5\text{ kg/cm}^2$ , presión de salida  $27.94\text{gr/cm}^2$

- Aparato: Parrilla 2 quemadores,  $CT= 1.564\text{ m}^3/\text{h}$ .

Se seleccionó un regulador segunda etapa, baja presión regulada gas L.P. de la marca Fisher, mod. 922 o similar, que proporciona  $5.66\text{m}^3/\text{h} > 1.564\text{ m}^3/\text{h}$ .

Presión de entrada  $1.5\text{ kg/cm}^2$ , presión de salida  $27.94\text{gr/cm}^2$

## 7.6. Recomendaciones

Las tuberías deberán instalarse, paralelas, sin cambio de dirección innecesarios, formando ángulos rectos o de  $0$ ; grados, como se indica en proyecto.

La soportaría de las tuberías deberá sujetarse a losas, columnas o traveses, con abrazaderas prefabricadas de solera o fierro, y anclados con taquetes expansivos. Las tuberías soldables serán preparadas con lija hasta obtener un perfecto acoplamiento debiendo cortarse con segueta de diente fino o un cortador de cuchillas.

## 7.7. Memoria de cálculo de gas L.P.

En las siguientes tablas se muestra el cálculo de alta presión y baja presión para gas L.P. y los diámetros comerciales seleccionados.

Tabla 30 Cálculo de alta presión para gas L.P.

Presión atm. gf/cm <sup>2</sup>	Tramo	Aparato	q (m <sup>3</sup> /h)	Cant.	Q Total (m <sup>3</sup> /h)	Ø (in)	Long. real (m)	Piezas especiales	Cant.	Long. equivalente (m)	Long. total (m)	Fa	Pf (gf/cm <sup>2</sup> )	%Ha
830.96	A-B	Tortilladora	2.2000	1	6.5020	1	28.54	Codo 90° 1"	8	0.9	35.940	7.326	2328.571	0.1025
Pi gf/cm <sup>2</sup>		Horno g.	2.0400	1				Válvula compuerta 1"	1	0.2				
2330.96		Horno m.	2.5000	1										
		Parrilla 2Q	1.5640	1										

Tabla 31 Cálculo de baja presión para gas L.P.

Tramo	Aparato	q (m <sup>3</sup> /h)	Cant.	Q (m <sup>3</sup> /h)	Ø (in)	Long. real (m)	Piezas especiales	Cant.	Long. equivalente (m)	Long. total (m)	Fb	%Hb
B-1	Tortilladora	2.2000	1	2.2000	1 1/4	12.23	Tee Paso Recto 1 1/4"	3	0.40	26.2300	0.00481	0.6106
							Válvula compuerta 1 1/4"	8	0.25			
							Codo 90° 1 1/4"	9	1.20			
B-C	Horno giratorio	2.0400	1	5.3220	1 1/2	13.36	Tee Paso Recto 1 1/2"	1	0.45	22.2100	0.00202	1.2707
	Horno m.	2.5000	1				Válvula compuerta 1 1/2"	3	0.30			
	Parrilla 2Q	1.5640	1				Codo 90° 1 1/2"	5	1.50			
C-D	Horno giratorio	2.0400	1	4.5400	1	1.57	Tee 90° 1"	1	1.50	3.0700	0.01666	1.0542
	Horno m.	2.5000	1									
C-1	Parrilla 2Q	1.5640	1	1.5640	3/4	2.00	Tee Paso Recto 3/4"	1	0.25	3.3000	0.06323	0.5104
							Válvula compuerta 3/4"	2	0.15			
							Codo 90° 3/4"	1	0.75			
G-1	Horno m	2.5000	1	2.5000	1	2.50	Tee Paso Recto 1"	1	0.27	6.5700	0.01666	0.6841
							Válvula compuerta 1"	1	0.20			
							Codo 90° 1"	4	0.90			
G-2	Horno giratorio	2.0400	1	2.0400	1	6.27	Tee Paso Recto 1"	1	0.27	11.2400	0.01666	0.7793
							Válvula compuerta 1"	1	0.20			
							Codo 90° 1"	5	0.90			
											Σ%Hb =	4.9094

La sumatoria de la caída de presión porcentual en baja presión regulada es de 4.9094% y por lo tanto no excede el 5% establecido en la “NOM-004-SEDG-2004”.

## 8. Instalación de sistema de protección contra incendios

En este proyecto se realizará un sistema contra incendio a base de rociadores y gabinetes de manguera interior para una tienda de autoservicio siguiendo las normas recomendadas de NFPA 13 y 20, versión 2019 y la norma mexicana “NMX-S-066-SCFI-2015”.

### 8.1. Análisis de áreas

La tienda de autoservicio cuenta con diferentes áreas departamentales destinadas al comercio, sin embargo, para el diseño solo se considerará el piso de ventas, para proteger las áreas de alimentos se usará un sistema de supresión de incendios automático “ANSUL”.

Tabla 32 Distribución de áreas en la tienda

Área	m <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>
Piso de ventas	1101.04	11851.48

### 8.2. Análisis de riesgo

Para determinar el riesgo de incendio de nuestro proyecto se hará un análisis en base a la mercancías que provee la tienda de autoservicio.

#### 8.2.1. Clasificación de riesgos según NFPA

La NFPA clasifica los riesgos de incendio según el tipo de ocupación de la siguiente manera:

#### 1) Lugares de riesgos ligeros

Son aquellos en los que la combustibilidad de su contenido es bajo y por lo que asume que el fuego no se puede propagar fácilmente.

#### 2) Lugares de riesgos ordinarios (Grupo I)

Lugares con baja inflamabilidad, cantidad moderada de combustible; El almacenamiento vertical no supera los 2.40m y se supone que se producirán incendios con radiación térmica moderada.

#### 3) Lugares de riesgos ordinarios (Grupo II)

Predios donde la cantidad de material en el interior y su combustibilidad sea moderada. El almacenamiento vertical no supera los 3,70 m y se supone que se producirán incendios con radiación térmica moderada.

#### 4) Lugares de riesgos ordinarios (grupo III)

Lugares donde la cantidad y la inflamabilidad de los materiales contenidos en su interior son elevadas y el fuego presenta una elevada radiación térmica.

#### 5) lugares de riesgos extraordinarios

Donde la cantidad y la inflamabilidad del contenido son muy altas y donde los materiales combustibles y los líquidos inflamables, así como el polvo, la pelusa y otras sustancias pueden provocar un rápido desarrollo del fuego con una intensa radiación de calor.

### 8.2.2. Selección de riesgo

Analizando el área de piso de ventas se puede observar que pertenece al grupo II de riesgos ordinarios.

### 8.3. Método de Densidad-Área de diseño

Una vez determinado el riesgo de ocupación y propuesta la disposición de los rociadores y las tuberías de acuerdo con los requisitos de la norma, se puede seleccionar un área de Diseño con ayuda de la tabla Densidad/área de NFPA 13.

Tabla 33 Densidad/Área<sup>34</sup>

Peligro	Densidad/ Área (gpm/ft <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> (mm/min/m <sup>2</sup> ))
Leve	0.1/1500 ó 0.07/3000* (4.1/140 ó 2.9/280)
Ordinario Grupo 1	0.15/1500 ó 0.12/3000* (6.1/140 ó 4.9/280)
Ordinario Grupo 2	0.2/1500 ó 0.17/3000* (8.1/140 ó 6.9/280)
Riesgo Extra Grupo 1	0.3/1500 ó 0.28/3000* (12.2/140 ó 11.4/280)
Riesgo Extra Grupo 2	0.4/1500 ó 0.38/3000* (16.3/140 ó 15.5/280)

- a) Para riesgo Ordinario Grupo II, se puede seleccionar entre 1500 ft<sup>2</sup> (140 m<sup>2</sup>) y 3000 ft<sup>2</sup> (280 m<sup>2</sup>).

Datos seleccionados:

$$Densidad = 0.20 \frac{gpm}{ft^2}$$

$$Área de diseño = 1500 ft^2$$

- b) Caudal requerido del sistema de rociadores:

$$Q = densidad * area de diseño = 0.20 \frac{gpm}{ft^2} * 1500 ft^2 = 300 g.p.m.$$

<sup>34</sup>National Fire Protection Association. (2022). Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores. Massachusetts: NFPA.

- c) Factores a considerar para un sistema ESFR de riesgo ordinario grupo II según NFPA 13.

Factor k nominal:

$$K = 14$$

Presión operativa mínima:

$$P = 50 \text{ psi}$$

- d) Área de cobertura de rociador.

$$A = S * L$$

$$A = 14 \text{ ft} * 14 \text{ ft}$$

$$A = 196 \text{ ft}^2$$

- e) Número de rociadores requeridos en el área de diseño.

$$N^{\circ} = \frac{\text{Área de diseño}}{\text{Área de rociador}} = \frac{1500}{196} = 7.65 = 8 \text{ rociadores}$$

- f) Caudal mínimo requerida en un rociador.

$$Q_{min} = \text{densidad} * \text{área de rociador}$$

$$Q_{min} = 0.20 \frac{\text{gpm}}{\text{ft}^2} * 196 \text{ ft}^2 = 39.2 \text{ g.p.m.}$$

- g) Presión mínima del rociador

$$P_{min} = \left( \frac{Q}{K} \right)^2$$

$$P_{min} = \left(\frac{38.4}{14}\right)^2 = 7.84 \text{ psi}$$

### 8.3.1. Selección de rociador ESFR

A continuación, se presentan las características del rociador seleccionado

Tabla 34 Datos del rociador

Marca	Viking
Modelo	VK572
Diámetro de rociador	14 ft
área de cobertura	196 ft <sup>2</sup>
Gasto de operación.	39 g.p.m.
Presión de op.	7.8 psi
Factor K nominal	14.0
Rociadores totales	50
Rociadores de diseño	8

### 8.4. Determinación del número de hidrantes

Para la determinación del número de hidrantes es importante saber su colocación, puesto que el sistema contraincendios que se está proponiendo para el proyecto es mixto. Se considerarán 4 hidrantes que tendrán un gasto de operación de 50 g.p.m. y un radio de longitud de manguera de 20 m.

Tabla 35 Datos de hidrante

Datos del Hidrante	
Marca	Potter Roemer
Modelo	Series 1400.
Gasto de operación	50 g.p.m.
Presión de operación	49.78 psi
Longitud manguera	20 m

## 8.5. Gasto del sistema

Con base en el método de densidad-área de diseño y el número de hidrantes se tomó un gasto total de diseño de 500 g.p.m.

## 8.6. Carga dinámica total

Se procede a calcular cada una de las variables.

### 8.6.1. Carga de equipo

La mayor carga se encuentra en el hidrante, la pérdida de fricción en la manguera del equipo es de 10 m.c.a. y la pieza de chiflón-neblina es de 25 m.c.a. por lo que se tomará como dato el  $H_p = 35.0$  m.c.a.

### 8.6.2. Carga estática total

La carga estática está determinada por el nivel mínimo de agua en la cisterna y la cota máxima por debajo del techo estructural de la edificación.

La sumergencia para el diámetro de succión de 8" es:

$$s = 2.5 ds + 0.1 = 2.5(0.2032) + 0.1 = 0.608m = 0.61m$$

Se dejará un espacio de 10 cm entre la tubería de succión y el fondo del cárcamo de la cisterna.

$$h_{es} = 0.3m + 0.61m + 0.1m$$

$$h_{es} = 1.01m$$

$$h_{ed} = 4.8 + 0.1 + 0.3m + 2.4m = 7.6 m$$

La carga estática total es:

$$H_{est} = 7.6m + 1.01m = 8.61m$$

### 8.6.3. Carga de pérdidas por fricción

La pérdida por fricción de la tubería no debe ser superior al 10 % y su rango de velocidad debe ser de 1,5 a 3 m/s. De acuerdo con las tablas proporcionadas por el Instituto de Hidráulica de los Estados Unidos de América, para diferentes diámetros de tubería y acero cédula 40. Pese a que el equipo más desfavorable es el hidrante por tener una mayor carga de trabajo que un rociador, se hará el cálculo de pérdidas por fricción de los 8 rociadores de diseño ya que en caso de un siniestro actuarán automáticamente.

Tabla 36 Pérdidas por fricción en rociadores

Tramo	Ø nominal	Ø interior	Long.	pieza especial		Long. especial	Long. total	Q	V	hf acumulada	hf	hf total
	in	in		ft	Descripción							
1-A	1 1/4	1.38	7.00	Codo 90° 1 1/4"	1.00	3.00	10.00	39.20	2.56	7.84	1.19	9.03
2-A	1 1/4	1.38	7.00	Codo 90° 1 1/4"	1.00	3.00	10.00	39.20	2.56	7.84	1.19	9.03
A-B	2	2.067	14.00	Tee o cruz 90° 2"	1.00	10.00	24.00	78.40	2.28	18.06	1.44	19.49
1-A	1 1/4	1.38	7.00	Codo 90° 1 1/4"	1.00	3.00	10.00	39.20	2.56		1.19	1.19
2-A	1 1/4	1.38	7.00	Codo 90° 1 1/4"	1.00	3.00	10.00	39.20	2.56		1.19	1.19
B-C	2 1/2	2.469	14.00	Tee o cruz 90° 2 1/2"	1.00	12.00	26.00	156.80	3.20	21.87	2.36	24.23
1-A	1 1/4	1.38	7.00	Codo 90° 1 1/4"	1.00	3.00	10.00	39.20	2.56		1.19	1.19
2-A	1 1/4	1.38	7.00	Codo 90° 1 1/4"	1.00	3.00	10.00	39.20	2.56		1.19	1.19
C-D	3	3.068	14.00	Tee o cruz 90° 3"	1.00	15.00	29.00	235.20	3.11	26.61	1.94	28.55
1-A	1 1/4	1.38	7.00	Codo 90° 1 1/4"	1.00	3.00	10.00	39.20	2.56		1.19	1.19
2-A	1 1/4	1.38	7.00	Codo 90° 1 1/4"	1.00	3.00	10.00	39.20	2.56		1.19	1.19
D-E	4	4.026	4.85	Tee o cruz 90° 4"	1.00	20.00	24.85	313.60	2.41	30.93	0.75	31.68
E-G	4	4.026	170.47	Codo 90° 4"	3.00	10.00	182.47	313.60	2.41	31.68	5.53	37.20
				Válvula Check	1.00	N/P						
				Válvula compuerta 4" de	1.00	2.00						
				Interruptor de flujo	1.00	N/P						
RISER-BOMBA	4	4.026	113.71	Codo 90° 4"	4.00	10.00	155.71	313.60	2.41	37.20	4.72	41.92
				Valvula compuerta 4" de	1.00	2.00						

Ø= Diámetro  
Q=Gasto  
V=Velocidad  
hf=Pérdidas por fricción

$$H_f = 41.92 \text{ psi} = 29.47 \text{ m. c. a.}$$

#### 8.6.4. Carga de velocidad

Para el cálculo de la carga de velocidad se tienen los siguientes datos:

$$Q = 39.20 \text{ g.p.m.} = 0.0024731 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 1 \frac{1}{4}'' = 0.035052 \text{ m}$$

Con la ecuación de continuidad se despeja la velocidad y se tiene una velocidad de  $v = 4.3711 \text{ m/s}$ .

La carga de velocidad es:

$$\frac{v_d^2}{2g} = 0.3348 \text{ m}$$

Para el punto uno se toma el que se encuentra en contacto con la atmósfera y con una velocidad  $v = 0 \text{ m/s}$ .

#### 8.6.5. CDT del sistema

Entonces sustituimos todos los valores que hemos calculado:

$$CDT = 35 + 8.61 + 29.47 + 0.3348 = 73.42 \text{ m. c. a.}$$

#### 8.7. Carga neta positiva de succión

Las pérdidas por fricción en la tubería de succión se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 37 Pérdidas por fricción en tubería de sistema contraincendios

Pérdidas en la tubería de succión						Gravedad		9.81					
Tramo	Piezas Especiales		Ø	Long. Equivalente		Q mi	C	Long. Real	Long. Virtual	Ø	Ø	V	hf real
	Descripción	Cant.	mm	Por Pieza	Tramo	L/s	(H-W)	L (m)	L (m)	(mm)	(m)	(m/s2)	(m)
Succión	Válvula de compuerta abierta 5"	1	125	1.44	1.44	47.3175	120	1.50	5.38	128.20	0.1282	3.6657	0.8083
	Codo de 90° 5"	1	125	2.94	2.94								
	"Te" (paso recto) 5"	1	125	1.00	1.00								
												Σ hf	0.8083

Para la tienda de autoservicio se tienen los siguientes datos:

- Elevación=1795.10 m
- Temperatura= 20°C
- Densidad del agua a 20°C= 998,08 kg/m<sup>3</sup>
- H<sub>vap</sub> a 20°C= 0.2380 m.c.a.
- H<sub>ES</sub>= 2.7 m.c.a.
- ΔH<sub>s</sub>= 0.8083 m.c.a.
- H<sub>atm</sub> = 8.2049 m.c.a.

Sustituyendo los valores, obtenemos la  $CNPS_D$ :

$$CNPS_D = 8.2049 - 0.2380 + 2.7 - 0.8083 = 9.8586 \text{ m. c. a} = 32.34 \text{ ft. c. a.}$$

## 8.8. Selección bomba con motor eléctrico

### 8.8.1. Puntos de operación en la curva de comportamiento

De acuerdo con la NFPA 20 se requiere de dos puntos de operación para la selección de la bomba, los cuales están definidos en la tabla siguiente.

Puntos de operación				
Q1	100% flujo de diseño	500 gpm		
H1	100% CDT	73.42 m.c.a.	240.86 ft.c.a.	104.42 psi
Q2	150% de Q1	750 g.p.m.		
H2	≥65% deH1			67.87 psi
Øs	Diámetro de succión	125 mm	5"	
Ød	Diámetro de descarga	100 mm	4"	
NPSH <sub>D</sub>	Carga neta positiva de succión disponible	9.859 m.c.a.	32.34 ft.c.a.	

Acorde con el proveedor, el cual tiene una serie para sistemas contraincendio con certificación UL y FM, la bomba que mejor se adecua al sistema es la siguiente:

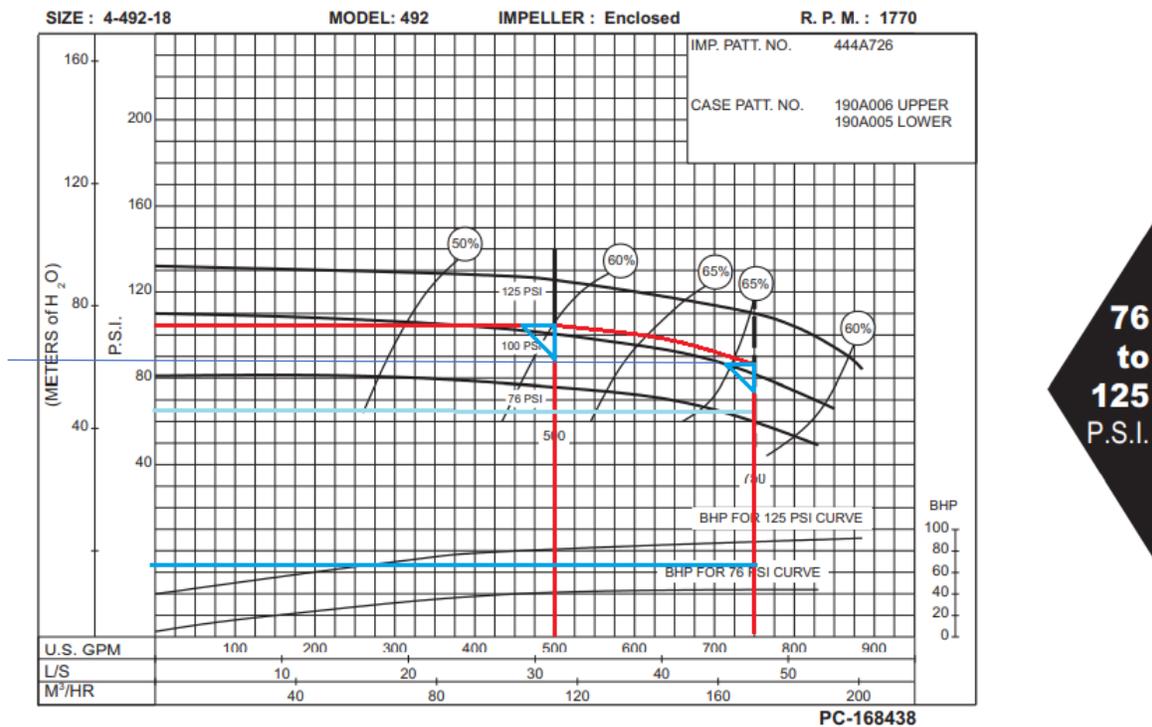


Figura 11 Curva de operación de la bomba Serie 912, Modelo 492<sup>35</sup>.

La CDT en el punto 2 es de 86psi= 198.38 ft.c.a.

<sup>35</sup>AURORA. (Junio de 1999). PICSA. Recuperado el 03 de Febrero de 2022, de <http://descargas.picsabombas.com.mx/Serie912-Aprobada-%20ULFM/>, p.414.

### 8.8.2. Revisión por cavitación

Para evitar el riesgo de cavitación por succión, se debe cumplir que:

$$CNPS_D > CNPS_R$$

$$32.34 \text{ ft. c. a.} > 18 \text{ ft. c. a.}$$

### 8.8.3. Determinación de la potencia de las bomba

Para un cálculo directo de la potencia al freno (BHP) cuando tenemos el gasto Q en g.p.m. y la carga dinámica total H en ft, está dado por:

$$BHP = \frac{Q_2 * H_2 * ge}{3960 * n}$$

Donde:

- Q= Gasto del punto 2, en ft;
- H2= Carga Dinámica Total, en ft.c.a.;
- Ge= Gravedad específica, 1.
- BHP= Potencia de freno, en HP;
- N= % De eficiencia de la bomba.

$$BHP = \frac{(750)(198.38)(1)}{3960 * 0.64} = 58.70 \text{ H.P.}$$

El modelo solo cuenta con potencias a cada 20 h.p, por lo tanto, se elige un motor de 60 HP con un factor de servicio de 1.15 para que su capacidad máxima sea de 69 H.P.

### 8.8.4. Selección del motor

Se usará una bomba tipo carcasa bipartida, serie 912 Marca Aurora, con medidas de 4-492-18, 1770 R.P.M, impulsor cerrado a 60 Hz.



Figura 12 Bomba horizontal, serie 912<sup>36</sup>

## 8.9. Selección del equipo de bombeo con motor diésel

Al elegir un motor diésel, se debe considerar la velocidad de rotación adecuada. La velocidad de los motores diésel comerciales actuales para aplicaciones de extinción de incendios no supera las 3000 R.P.M.

Para nuestro diseño necesitábamos elegir una bomba que pueda acoplarse a un motor cuya máxima velocidad sea 3000 R.P.M. y que el BHP este comercializado.

### 8.9.1. Leyes de afinidad para el motor diésel

Haciendo uso de las leyes de afinidad obtenemos que:

---

<sup>36</sup> Direct industry. (s.f.). Direct industry. Recuperado el 03 de Febrero de 2022, de <https://www.directindustry.es/prod/aurora-pump/product-30034-772895.html>

Tabla 38 Afinidad para motor diesel.

Datos	Motor eléctrico	Motor diesel
	Velocidad original de bomba (curvas de 60 Hz)	Velocidad buscada
	3560	3000
	para MCI de 3000 R.P.M.	
	Gasto	
Q1	593.333	500
Q2	890	750
	Carga (CDT)	
H1	339.17	240.86
H2	300.8	213.61
BHP	84.51	50.57

Se obtuvo la siguiente bomba del catálogo serie 912, modelo: 480

- BHP en el punto 2 (NFPA-20): 50.57
- Eficiencia: 0.80

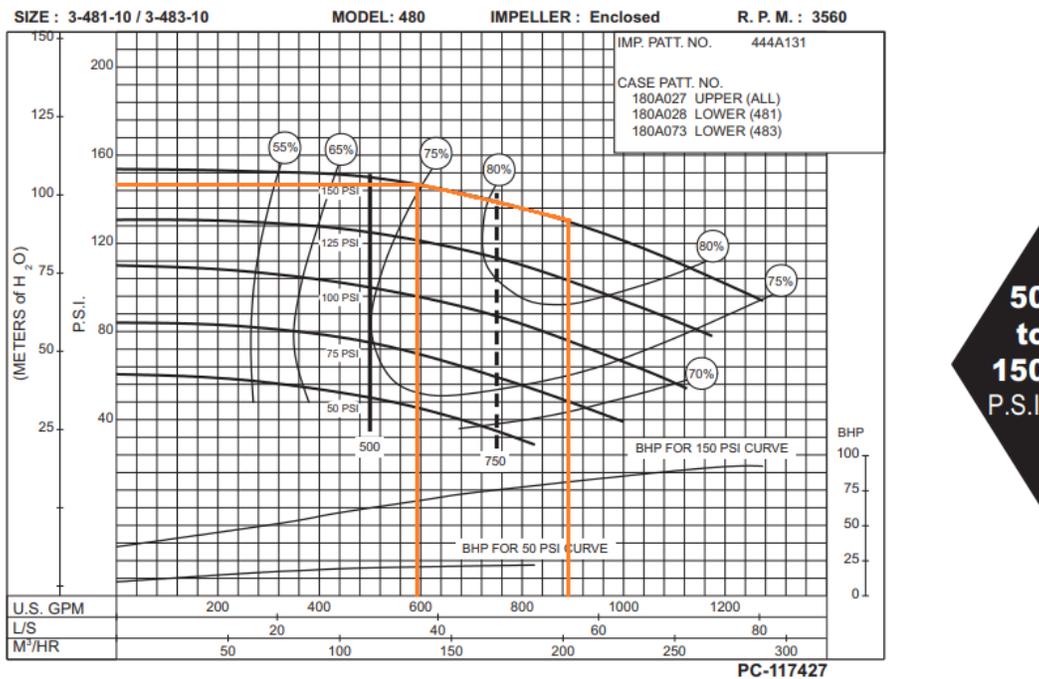


Figura 13 Curva de operación de la bomba Serie 912, Modelo 480<sup>37</sup>

<sup>37</sup>AURORA. (Junio de 1999). PICSA..., op. cit., p.403.

Aplicando las fórmulas para obtener la Potencia Nominal Mínima Necesaria en condiciones SAE, se tiene:

### 8.9.2. Corrección de la potencia del motor diésel

Elevación = 1795.10 m = 5889.44 ft

La temperatura interior que se propone en el cuarto de máquinas por estar a un lado de la cisterna y bajo el suelo es de 25°C.

Temperatura=25°C=77°F

Factor de corrección por altitud

$$CA = \frac{\text{elevación} - 300}{1000} * .03 = \frac{5889.44 - 300}{1000} * .03 = 0.168$$

$$FCA = \frac{1}{1 - CA} = \frac{1}{1 - 0.168} = 1.202$$

Factor de corrección por temperatura

$$CT = \frac{T - 77}{10} * .01 = \frac{77 - 77}{10} * .01 = 0$$

$$FCT = \frac{1}{1 - CT} = \frac{1}{1 - 0} = 1$$

$PNMN = 50.57 * 1.202 * 1 = 60.79 \text{ HP @ } 3000 \text{ R. P. M.}$

El motor seleccionado deberá tener una potencia nominal SAE, no menor a 60.79 H.P. para poder operar correctamente en el sitio donde se instalará el sistema.

Se usará el motor CLARKE certificado UL/FM para incendio que cumple con esas características: Mod. JU4H-UF24 de 62 HP @ 3000 R.P.M.

## 8.10. Selección de bomba jockey

La NFPA 20 especifica que la tasa de flujo de una bomba jockey no debe exceder la tasa de fuga del sistema.

El rango aceptable se establece entre 1 % y 3 %, usando el mínimo para sistemas donde el volumen en la tubería puede ser muy grande (sistemas de 1000 g.p.m. o más) y se puede usar el rango mayor en sistemas con un volumen pequeño (sistemas de menos de 250 g.p.m.).

La CDT de la bomba Jockey debe garantizar que el flujo, a la presión máxima del sistema, no supere el 140 % de la presión de diseño de las bombas principales.

Una diferencia de presión de 5 psi es suficiente para permitir la inyección de flujo sin causar perturbaciones de presión en la red, como golpes de ariete o vibraciones en las válvulas.

De lo anterior, el gasto (Q) y la Carga (H) de la bomba deberán ser:

$$Q = 500 \times 0.01 = 5 \text{ g.p.m.}$$

$$Q = 500 \times 0.03 = 15 \text{ g.p.m.}$$

$$H = 104.42 + 5 = 109.426 \text{ psi}$$

$$H_{\max} < 104.42 \times 1.4 < 146.19 \text{ psi}$$

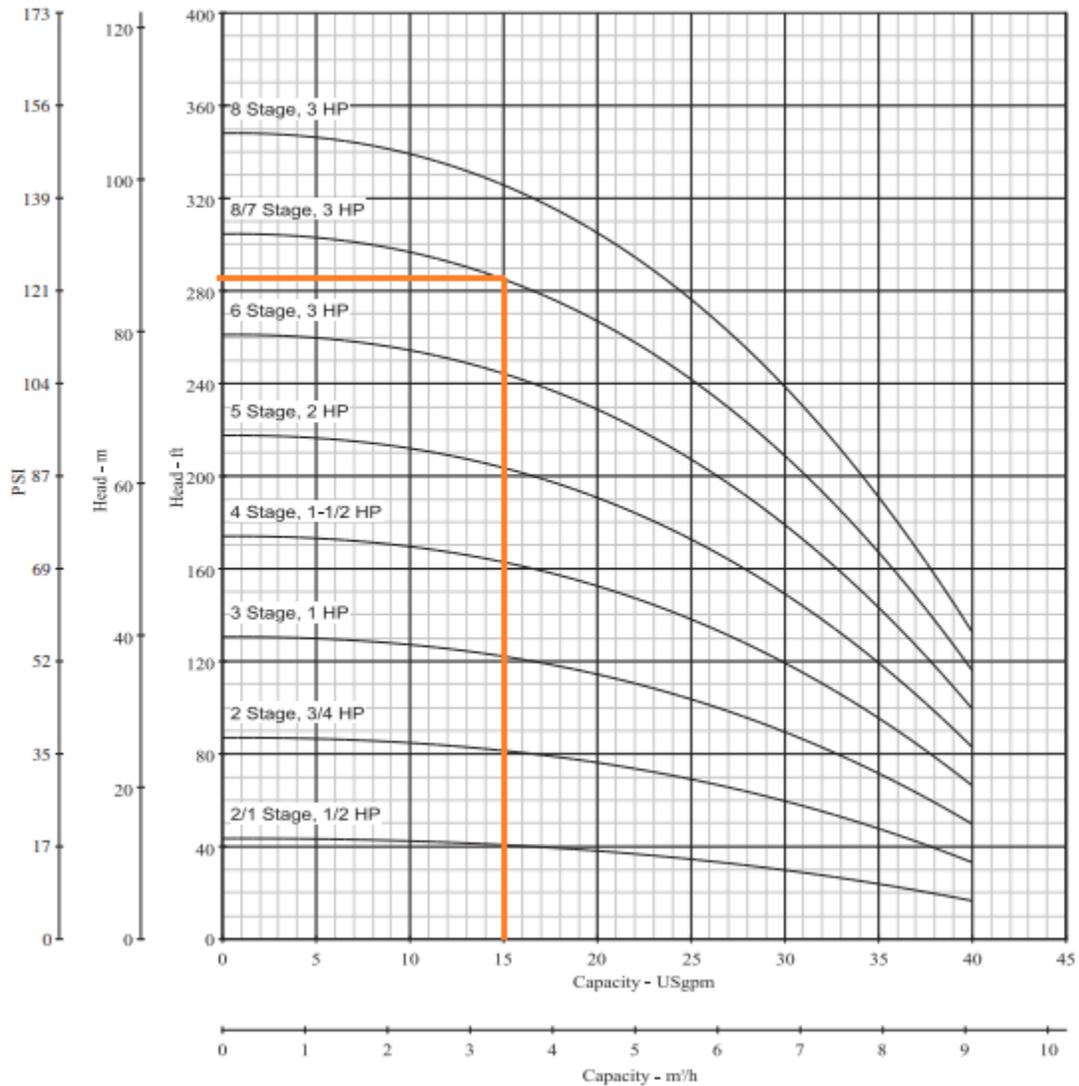


Figura 14 Curva de operación, de la bomba vertical serie PVM4<sup>38</sup>.

Se escoge una bomba centrífuga vertical de la marca Aurora, multietapa, de 3 H.P., modelo PVM4-60D.

<sup>38</sup>PICSA. (s.f.). Bombas Picsa. Recuperado el 03 de Febrero de 2022, de <https://www.picsabombas.com.mx/home/producto/series-pvm/>



Figura 15 Bomba centrífuga vertical, serie PVM<sup>39</sup>.

#### 8.11. Dimensiones de la cisterna de alimentación

Según la NFPA 13, 5-3, la duración del suministro de agua no debe ser menor de 60 min. El volumen que se necesita para que funcionen los rociadores y gabinetes será:

$$V = (60min)(750g.p.m.) = 45000 gal = 170.34 m^3$$

El volumen final de la cisterna de agua es de 305.24 m<sup>3</sup> ya que se utilizará para el suministro de agua potable de la tienda, la tubería de succión para el suministro de agua potable estará a una altura de 2.2m sobre el fondo de la cisterna, mientras que la tubería de succión para el sistema contraincendios conectará directamente a la cisterna a una altura con respecto al eje de la bomba y la suma de la base donde reposará.

---

<sup>39</sup>Ídem

## 9. Instalación pluvial

La cubierta de la tienda contará con bajadas pluviales de tubería de fierro fundido que conectarán a una colector pluvial orientado al sureste de la tienda para descargar a una cisterna pluvial que suministrará agua a los inodoros de la tienda y riego de áreas verdes en épocas de lluvia.

### 9.1. Diseño de instalación pluvial

La instalación de aguas pluviales se diseña con base en el área de captación de lluvia y la intensidad de la lluvia de diseño.

#### 9.1.1. Pendiente mínima

De acuerdo con el “Reglamento de ingeniería sanitaria relativo a edificios” la pendiente mínima en la cubierta será de 1.5%, por lo que para el diseño se utilizará una pendiente del 2%.

#### 9.1.2. Coeficiente de escurrimiento

Se obtiene como un valor ponderado de los coeficientes específicos de escurrimiento de las diversas superficies de contacto del agua de lluvia. Los valores más comunes se podrán consultar en la tabla 39.

Tabla 39 Coeficientes de escurrimiento para diferentes áreas

Valores típicos del coeficiente de escurrimiento "c" de acuerdo con el manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento - drenaje pluvial urbano - CONAGUA <sup>40</sup>		
Tipo del área drenada	Coeficiente de escurrimiento	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0.75	0.95
Vecindarios	0.50	0.70
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares espaciados	0.40	0.50
Multifamiliares compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.70
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
Cementerios y parques	0.10	0.25
Campos de juego	0.20	0.35
Patios de ferrocarril	0.20	0.40
Zonas suburbanas	0.10	0.30
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.80	0.95
Adoquinados	0.70	0.85
Estacionamientos	0.75	0.85
Techados	0.75	0.95
Suelos arenosos planos (pendiente 0.02)	0.05	0.10
Suelos arenosos planos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35
Cubiertas metálicas o plásticas (PVC, Polietileno)	0.95	0.95
Techos impermeabilizados o cubiertos con materiales duros (p. ej. Tejas)	0.9	0.9
Concreto hidráulico	0.9	0.9
Lámina metálica corrugada	0.8	0.8

<sup>40</sup>Comisión Nacional del Agua. (s.f.). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Drenaje Pluvial Urbano. Ciudad de México: SEMARNAT, p.57.

Para nuestro diseño usaremos un coeficiente de escurrimiento máximo de 0.95 por ser una zona comercial.

### 9.1.3. Intensidad de lluvia

Para el diseño de la instalación pluvial la intensidad de precipitación (mm/hr) se tomará con un periodo de retorno mínimo de 10 años y una duración de tormenta de 5 minutos.

De las isoyetas de intensidad-duración-periodo de retorno para la República Mexicana, en el estado de Guanajuato con un periodo de retorno se tomó el valor de 140 mm/hr.

### 9.1.4. Cálculo del gasto de diseño

Se propone emplear el criterio de la fórmula racional para el diseño de las bajadas, ramales y redes generales pluviales se utilizará la expresión de Chezy, con el coeficiente de rugosidad calculado por Manning<sup>41</sup>.

$$Q_p = 2.778CIA$$

Donde:

Q <sub>p</sub> =	Es el gasto pluvial, en L/s;
A=	Es el área de captación, en hectáreas;
C=	Es el coeficiente de escurrimiento, adimensional;
I=	Es la intensidad de precipitación, en mm/hr;
2.778	Es el coeficiente de conversión de unidades.

Para el techo de la tienda se considera su superficie en m<sup>2</sup>, el dato de coeficiente de escurrimiento para una zona comercial se extrajo de la tabla 39 y el dato de intensidad de lluvia se tomó de la curva de más cercana al predio de las isoyetas de intensidad-duración-periodo de retorno para la República Mexicana.

---

<sup>41</sup>Ibídem, p.64.

Tabla 40 Gasto máximo pluvial

Concepto	Cantidad	Unidad
Área de captación	1725.0000	m <sup>2</sup>
Área de captación	0.1725	Ha
Tipo de área o material	Zona comercial	
Coefficiente de escurrimiento	0.95	
Intensidad de precipitación	140.0000	mm/h
Gasto pluvial	63.7343	L/s

El gasto máximo pluvial que puede aportar el techo es de 63.7343 l/s

## 9.2. Bajadas de agua pluvial

Se instalarán fuera del muro de la edificación y conectarán a un registro pluvial. En la parte superior de las bajadas de agua pluvial, se colocará un embudo provisto de una canastilla protectora de basura. El diámetro de la columna se determinará en función de la superficie horizontal de recolección, la distancia máxima entre columna será de 20m.

### 9.2.1. Cálculo de columnas

De acuerdo con la tabla de diámetros de columnas de aguas pluviales se diseñarán las bajadas de la techumbre. El área de la techumbre está a dos aguas y se subdividirá para tener 11 secciones.

Tabla 41 Diámetros de columnas de aguas pluviales<sup>42</sup>.

Área de recolección m <sup>2</sup>	Diámetro de columna (mm)
8	38
25	50
75	64
170	75
335	100
500	125
1000	150

<sup>42</sup>César Valdez, E. (1997). Instalaciones..., op. cit, p.71.

En la siguiente tabla se muestra el área corregida para cada sección y el diámetro de bajada pluvial correspondiente.

Tabla 42 Diámetros de bajadas pluviales

Concepto	Cantidad						Unidad
	1	2,3,7 y 8	4	5	6 y 9	10	
Número de área de captación	1	2,3,7 y 8	4	5	6 y 9	10	
Área de captación	130.635	240.338	207.337	103.403	130.635	32.678	m <sup>2</sup>
Corrección del área de captación	182.889	336.473	290.272	144.764	182.889	45.7492	m <sup>2</sup>
Superficie de recolección para columnas (bajante)	335	500	500	335	335	75	mm
Diámetro de Columna	100	125	125	100	100	64	mm

### 9.3. Colector pluvial

El colector pluvial se diseñará empleando la tabla 43 con una pendiente de 1%.

Tabla 43 Diámetros en derivaciones de aguas pluviales<sup>43</sup>.

Superficie máxima de recolección (m <sup>2</sup> )			Diámetro del colector (mm)
Pendiente			
1%	2%	4%	
8	12	17	32
13	20	27	38
28	41	58	50
50	74	102	64
80	116	163	75
173	246	352	100
307	437	618	125
488	697	995	150
1023	1488	2065	200
1814	2557	3720	250
3022	4231	6090	300

En las tablas 44 y 45 se muestran el diámetro del primer ramal del colector y el segundo ramal que conectarán a un pozo de visita y después al tanque de tormentas o cisterna pluvial.

<sup>43</sup>Ibidem, p.71.

Tabla 44 Diámetros del primer ramal del colector

Tramo	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6, 6-7	8-7	7-9	Unidad
Área acumulada	130.64	370.97	611.31	818.65	922.05	63.33	985.38	m <sup>2</sup>
Intensidad de precipitación	140							mm/h
Corrección del área de captación de colector	182.89	519.36	855.84	1146.11	1290.87	88.66	1379.53	m <sup>2</sup>
Superficie de recolección para derivaciones (colectores)	246	697	1488	1488	1488	116	1488	m <sup>2</sup>
Diámetro de la derivación (colector)	100	150	200	200	200	75	200	mm

Tabla 45 Diámetros del segundo ramal del colector

Tramo	10-11	11-12	12-13	13-9	9-T.T.	Unidad
Área acumulada	130.40	370.81	611.23	742.98	1728.36	m <sup>2</sup>
Intensidad de precipitación	140					mm/h
Corrección del área de captación de colector	182.56	519.14	855.72	1040.17	2419.70	m <sup>2</sup>
Superficie de recolección para derivaciones (colectores)	246	697	1488	1488	2557	m <sup>2</sup>
Diámetro de la derivación (colector)	100	150	200	200	250	mm
T.T.= tanque de tormentas						

#### 9.4. Cisterna pluvial

La cisterna pluvial solo dotará de agua a los inodoros y jardín de la tienda y se diseñará con base en el espacio del predio, la dotación y el número de días promedio que llueve anualmente, según la estación pluviométrica más cercana.

Tabla 46 Estación pluviométrica 00011113 COMONFORT<sup>44</sup>.

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL														
Normales climatológicas														
Estado	Guanajuato										Periodo	1951-2010		
Estación	00011113 COMONFORT			Latitud	20°43'11" N			Longitud	100°45'48" W.			Altura	1,790.0 MSNM.	
Elementos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual	
Número de días con lluvia	1.9	1.8	1	1.8	3.3	8.8	13	11.5	9.8	4.3	1.4	1.2	59.8	
Años con datos	31	29	29	29	29	29	29	27	29	29	30	31		

<sup>44</sup> CONAGUA. (s.f.). Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS). Recuperado el 03 de Febrero de 2022, de <https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s>

#### 9.4.1. Dotación de baños públicos y jardín

Para el volumen de agua requerido en el baño público se tomó en cuenta su área, la dotación mínima requerida y el número de días con lluvia al año. De igual manera para el jardín con excepción de que solo se tomarán 20 días de reserva ya que se riega cada tres días.

Tabla 47 Cálculo de provisión mínima de agua para los inodoros del sanitario público

Tipo de edificación	Baños públicos	
Concepto	Cantidad	Unidad
Dotación mínima	6	L/m <sup>2</sup> /día
Unidad	28.81	m <sup>2</sup>
Niveles	1	Nivel
Dotación por día	172.86	L/día
Volumen de reserva	10198.74	L/día
Volumen total requerido	10371.6	L/día
Volumen total requerido	10.3716	m <sup>3</sup> /día

Tabla 48 Cálculo de provisión mínima de agua para el jardín

Tipo de edificación	Jardín	
Concepto	Cantidad	Unidad
Dotación mínima	5	L/m <sup>2</sup> /día
Unidad	255.55	m <sup>2</sup>
Niveles	1	niveles
Dotación por día	1277.75	L/día
Volumen de reserva	24277.25	L/día
Volumen total requerido	25555	L/día
Volumen total requerido	25.5550	m <sup>3</sup> /día

#### 9.4.2. Dimensiones de la cisterna pluvial

Se propone una cisterna con la suma de los volúmenes obtenidos anteriormente. En el interior de la cisterna contará con 3 celdas con divisiones a 0.70m de altura para evitar que las partículas más grandes que no se logren filtrar obstruyan la Bomba.

Tabla 49 Propuesta de dimensiones de la cisterna pluvial

Propuesta de dimensiones de la cisterna		
Volumen total requerido	35.9266	m <sup>3</sup> /día
Dimensión por lado	3.2997	m
Largo	6.50	m
Ancho	2.70	m
Profundidad	2.10	m
Volumen total disponible	36.855	m <sup>3</sup>
Profundidad total (+ colchón de aire)	2.40	m
Volumen total	42.12	m <sup>3</sup> /día

#### 9.4.3. Filtro de arena

El proceso de filtración es uno de los más frecuentemente empleados para potabilizar aguas superficiales. Se emplea con o sin pretratamiento de coagulación y sedimentación (filtración directa), para eliminar los sólidos presentes originalmente en el agua, o los precipitados, el caso en estudio incluye el pretratamiento<sup>45</sup>.

Antes de que el colector descargue a la cisterna se propone un sistema de filtración que consta de dos registros que conectará la cisterna, el primero estará relleno por 250-mm de arena, 400-mm de grava graduada y por 500-mm de gravilla para conectar por debajo con el segundo registro y poder vaciarse hasta el fondo de la cisterna y evitar el arrastre de sólidos.

### 9.5. Red de agua pluvial

La red de agua pluvial conectará con la válvula de la red de agua potable para abastecer el ramal de los inodoros.

#### 9.5.1. Unidades mueble y gasto de diseño pluvial

Solo se tomará en cuenta el mobiliario o equipo que se abastecerá con agua pluvial.

<sup>45</sup> Comisión Nacional del Agua. (s.f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas Potabilizadoras de Tecnología Simplificada*. Ciudad de México: SEMARNAT, p.94.

Tabla 50 Método de hunter para red de agua pluvial

Método de hunter para red de agua pluvial												
Zona	Tramo	Mueble		U.M.	Total U.M.	Qmi l/s	Qmi m <sup>3</sup> /s	Ø			Área m <sup>2</sup>	V m/s
		Descrip.	Cant.					teórico mm	Interno mm	nominal mm		
Sanitarios de h.	A-B	Inodoro con fluxómetro	1	10	10	1.770	0.0018	38.7611	36.200	50	0.0010	1.7198
	B-C	inodoro con fluxómetro	2	10	20	2.210	0.0022	43.3117	45.800	63	0.0016	1.3414
Sanitarios de m.	D-C	inodoro con fluxómetro	3	10	30	2.590	0.0026	46.8877	45.800	63	0.0016	1.5721
Sanitarios	C-E	inodoro con fluxómetro	5	10	50	3.220	0.0032	52.2802	45.800	63	0.0016	1.9545
c. aseo	E-F	vertedero	1	3	3	0.200	0.0002	13.0294	14.400	20	0.0002	1.2280
	E-G	inodoro con fluxómetro	5	10	53	3.298	0.0033	52.9096	54.400	75	0.0023	1.4189
		vertedero	1	3								
C. basura	G-H	vertedero	1	3	3	0.200	0.0002	13.0294	14.400	20	0.0002	1.2280
	G-I	inodoro con fluxómetro	5	10	56	3.374	0.0034	53.5158	54.400	75	0.0023	1.4516
		vertedero	2	3								
Jardín	J-K	llave de jardín	3	3	9	0.530	0.0005	21.2103	23.200	32	0.0004	1.2537
Jardín	K-I	llave de jardín	5	3	15	0.730	0.0007	24.8926	23.200	32	0.0004	1.7269
	I-L	inodoro con fluxómetro	5	10	71	3.684	0.0037	55.9203	54.400	75	0.0023	1.5850
		llave de jardín	5	3								
		vertedero	2	3								
Jardín	M-L	llave de jardín	1	3.00	3	0.200	0.0002	13.0294	23.200	32	0.0004	0.4731
	L-N	inodoro con fluxómetro	5	10.00	74	3.756	0.0038	56.4641	54.400	75	0.0023	1.6160
		llave de jardín	6	3.00								
		vertedero	2	3.00								

Finalmente obtenemos un gasto de diseño de 3.756 l/s.

### 9.5.2. Carga dinámica total de instalación pluvial

La Carga de equipo y la carga de velocidad es la misma que la de la instalación de agua potable propuesta.

### 9.5.2.1. Carga estática total

La cisterna y el cuarto de máquinas se encuentran bajo piso firme. La altura máxima de la red de agua pluvial se está por debajo de la estructura del techo de la tienda.

La sumergencia para el diámetro de succión de 3" es:

$$s = 2.5 d_s + 0.1 = 2.5(0.07792) + 0.1 = 0.295m = 0.30m$$

Se dejará un espacio de 10 cm entre la tubería de succión y el fondo del cárcamo de la cisterna

$$h_{es} = 0.3m + 0.1m + 0.2m$$

$$h_{ed} = 4.8m + 2.2m$$

La carga estática total es:

$$H_{est} = 0.6m + 7m = 7.6m$$

### 9.5.2.2. Carga de pérdida por fricción

La carga de pérdida por fricción en la succión se calculó con el diámetro superior a la tubería de descarga.

Tabla 51 Pérdida por fricción en la succión

Pérdidas en la tubería de succión							Gravedad		9.81				
Tramo	Piezas Especiales		Ø mm	Longitud Equivalente		Q mi L/s	C H-W	Longitud Real L (m)	Longitud Virtual L (m)	Ø (mm)	Ø (m)	V (m/s2)	hf real (m)
	Descrip.	Cant.		Por Pieza	Tramo								
Succión	Válvula de compuerta 3"	1	75	0.81	0.81	3.7560	120	1.30	2.82	77.92	0.0779	0.7877	0.0502
	Codo de 90° 3"	1	75	2.01	2.01								
												Σ hfs	0.0502

Tabla 52 Pérdida por fricción en la descarga

Pérdidas en la tubería de descarga			Tipo de mueble		w.c.	g	9.81	a	998.23				
Tramo	Piezas Especiales		Ø	Longitud Equivalente		Q mi	Long. Real	Long. Virtual	Ø	Ø	V	hf virtual	hf real
	Descripción	Cant.	mm	Por Pieza	Tramo	L/s	L (m)	L (m)	(mm)	(m)	(m/s <sup>2</sup> )	(m)	(m)
a-b	Válvula de compuerta 2 1/2"	1	75	0.69	0.69	3.756	12.10	33.94	54.40	0.0544	1.6160	2.7905	0.5808
	Válvulas de Esfera 75mm	1	75	25.00	25.0								
	Codo a 90°	2	75	2.00	4.00								
	Tee normal	2	75	1.80	3.60								
	Cople	1	75	0.25	0.25								
	Conector macho	1	75	0.40	0.40								
b-c	Codo a 90°	3	75.	2.00	6.00	3.374	26.71	8.80	54.40	0.0544	1.4516	0.6499	1.1218
	Cople	4	75	0.25	1.00								
	Tee normal	1	75	1.80	1.80								
c-d	Tee normal	1	75	1.80	1.80	3.298	3.51	1.80	54.40	0.0544	1.4189	0.1299	0.1474
d-e	Tee normal	1	63	1.80	1.80	3.220	60.57	10.30	45.80	0.0458	1.9545	1.0242	5.1485
	Codo a 90°	3	63	2.00	6.00								
	Cople	10	63	0.25	2.50								
g-h	Tee normal	1	63	1.80	1.80	2.210	8.98	31.05	45.80	0.0458	1.3414	2.1192	0.3772
	Codo a 90°	4	63	2.00	8.00								
	Cople	1	63	0.25	0.25								
	Válvulas de Esfera 63mm	1	63	21.00	21.0								
i-j	Tee normal	1	63	1.80	1.80	1.770	5.24	7.05	45.80	0.0458	1.0744	0.3854	0.4664
	Codo a 90°	2	50	0.55	1.10								
	Tee normal	1	50	1.80	1.80								
	Conector macho	1	50	1.80	1.80								
	Reducción	1	50	0.55	0.55								
										Σ hfd	1.4482	7.0992	7.8420

### 9.5.2.3. CDT del sistema

La CDT del sistema resulta:

$$CDT = 10 + 7.60 + 0.059 + 7.10 + 7.84 + 0.50 = 32.65 \text{ m.c.a.}$$

### 9.5.3. Carga neta positiva de succión pluvial

Como la cisterna tiene la condición de dejar un tercio de su capacidad durante sequía que es de 0.70m y restándole la base de la bomba, obtenemos una altura de 0.40m.

Para la tienda de autoservicio se tienen los siguientes datos:

- Elevación=1795.10 m
- Temperatura= 20°C
- Densidad del agua a 20°C= 998,08 kg/m<sup>3</sup>
- H<sub>vap</sub> a 20°C= 0.2380 m.c.a.
- H<sub>ES</sub>= 0.4 m.c.a.
- ΔH<sub>s</sub>= 0.0502 m.c.a.
- H<sub>atm</sub> = 8.2049 m.c.a.
- 

Sustituyendo los valores, obtenemos la  $CNPS_D$ :

$$CNPS_D = 8.2049 - 0.2380 + 0.4 - 0.0502 = 8.317 \text{ m. c. a}$$

### 9.5.4. Selección del equipo de bombeo

#### 9.5.4.1. Punto de operación en la curva de comportamiento

El punto de operación para la selección de la bomba está definido en la tabla siguiente.

Tabla 53 Punto de operación de la bomba centrífuga

Puntos de operación		
Q	3.756 L/s	59.53 g.p.m.
H	32.650 m.c.a.	107.12 ft.c.a.
NPSH <sub>disponible</sub>	8.317 m.c.a.	27.29 ft.c.a.
Diámetro de succión	75 mm	3"
Diámetro de descarga	64 mm	2 1/2"

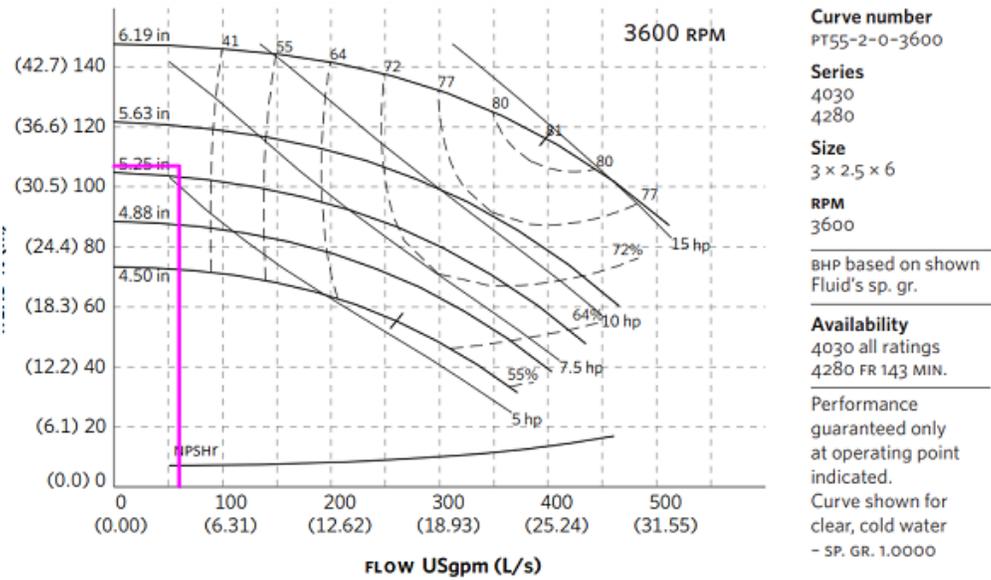


Figura 16 Curva de operación, pt55-2-0-3600<sup>46</sup>

#### 9.5.4.2. Revisión por cavitación

Para evitar el riesgo de cavitación por succión, se debe cumplir que:

$$27.29 \text{ ft. c. a.} > 7.80 \text{ ft. c. a.}$$

#### 9.5.4.3. Determinación de la potencia de la bomba

La potencia del motor de la bomba se obtiene con la siguiente expresión:

$$P_B = \frac{Q * H * \gamma}{\eta}$$

Sustituyendo los valores, obtenemos:

<sup>46</sup> Armstrong. (10 de Mayo de 2016). *Armstrong...*, op.cit, p.3.

$$P_B = \frac{\left(3.756 \frac{L}{s}\right) \left(\frac{1m^3}{1000L}\right) \left(9.789 \frac{kN}{m^3}\right) (32.650 m)}{(0.33)} = 3.63 H.P.$$

#### 9.5.4.4. Elección de la bomba

La potencia teórica de la bomba es 3.63 H.P., por lo tanto, se seleccionarán 2 motores horizontales de succión final (ES) que trabajarán alternadamente con una potencia comercial de 5 H.P., marca Armstrong, serie 4030, carcasa de hierro fundido con medidas de 3x2x6 y 3600 R.P.M. e impulsor cerrado a 60 Hz.

#### 9.5.5. Selección de tanque hidroneumático

Para este caso se proponen 12 ciclos para que cada bomba trabaje alternadamente:

Tabla 54 Cálculo de equipo hidroneumático

Concepto	Valor	Unidad/tipo
Gasto de diseño	3.756	L/s
Volumen útil	281.7	L
Presión mínima	3.68	kg/cm <sup>2</sup>
Presión máxima	5.08	kg/cm <sup>2</sup>
Presión atmosférica	0.82	kg/cm <sup>2</sup>
Volumen útil	21.36	%
Volumen total	1319.07	L

Teniendo el volumen total se selecciona el tanque hidroneumático vertical de la marca “Pedrollo”, capacidad de 1500 litros, máxima presión 16 bar, conexión de 2” y dimensiones 0.96 m de ancho y 2.38 m de alto.

## 10. Cuarto de maquinas

Las bombas normalmente se instalan en una sala específica, en este caso el equipo de sistema contraincendios estará compartiendo la sala con el equipo de agua potable, mientras que el equipo de agua pluvial tendrá un cuarto de máquinas separado.

### 10.1. Sistema de agua potable

El sistema consta de una bomba de motor eléctrico y un tanque hidroneumático que conectará a la cisterna y su descarga se dividirá en la red de agua potable y a un equipo de filtración para red de agua filtrada que se distribuirá en las zonas departamentales de la tienda.

### 10.2. Sistema contra incendios

El equipo está formado por dos bombas principales, a las cuales se les suma otra auxiliar, denominada Jockey, cuya función es arrancar para restaurar la presión del sistema, por posibles fugas o cambios de presión, y garantizar la presurización de la instalación en los períodos que no es utilizada.

La bomba Jockey evita que la principal se ponga en marcha por una pequeña fuga. Arranca y para de manera automática.

Las bombas principales son las que van a funcionar en caso de incendio y son accionadas por un motor eléctrico o diésel. Hay diferentes configuraciones para estas, pero la más común es la de una bomba principal y otra en reserva por si falla la primera.

Para evitar que la misma se quemé por un uso prolongado, deben instalarse válvulas de seguridad que garanticen un caudal mínimo de expulsión.

### 10.3. Sistema de agua pluvial

El sistema consta de una bomba de motor eléctrico y un tanque hidroneumático que conectará a la cisterna pluvial y su descarga irá directamente a la red de agua pluvial que solo conectará al jardín y a los sanitarios de la tienda de autoservicio.

## 11. Conclusión

El diseño para la tienda de autoservicio de las instalaciones de suministro y evacuación de agua, de gas, pluviales, de seguridad contra incendio se proyectó considerando los principios del desarrollo sustentable y su acomodo arquitectónico.

Generalmente el diseño de estas tiendas es estandarizado, por lo que puede haber muchos errores principalmente en la selección de la potencia de las bombas a utilizar, al estar en la especialidad de ingeniería sanitaria pude descubrir las malas prácticas que se hacen con este tipo de desarrollos, tenemos que priorizar la seguridad antes que la economía. Además, pude comprender porque se hacen tantos cambio de instalaciones en un periodo corto de tiempo, ya que el mal funcionamiento de estas instalaciones provoca el averió de las mismas.

Aunque la normatividad mexicana de sistemas contraincendios no es estricta, es importante diseñar un sistema contraincendios correcto. Generalmente estas tiendas se construyen sin rociadores lo que es un riesgo para la tienda ya que las mangueras de los hidrantes pueden provocar accidentes cuando el lugar tiene demasiado mobiliario, en este caso la manguera no podría doblarse o cambiar de dirección fácilmente.

Por otro lado, México al ser un país en desarrollo y con una población en constante crecimiento, es funcional que estas cadenas de supermercado se desarrollen rápidamente, lo que es una potencial fuente de trabajo a diferencia del desarrollo de hoteles, gimnasios, escuelas o centros de entretenimiento.

Si bien en la actualidad el servicio de compras en línea va en aumento y los centros comerciales empiezan a decrementar, este tipo de tiendas puede transformarse en un almacén ya que como sociedad necesitamos alimentos y mercancías para la vida diaria y el almacenamiento de estas mercancías necesita instalaciones hidrosanitarias para mantenerse duraderas.

## 12. Bibliografía

### 12.1. Reglamento y normas de consulta

Gobierno de México . (2008). *NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS*. Ciudad de México.

Gobierno de México. (2002). *NORMA OFICIAL MEXICANA DE EMERGENCIA, INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P. DISEÑO Y CONSTRUCCION*. Ciudad de México : Diario Oficial de la Federación.

Gobierno de México. (2005). *ESTACIONES DE GAS L.P. PARA CARBURACION. DISEÑO Y CONSTRUCCION*. Ciudad de México : Diario Oficial de la Federación.

Gobierno de México. (2011). *NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA PARA EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO*. Ciudad de Mexico.

National Fire Protection Association. (2022). *Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores*. Massachusetts: NFPA.

National Fire Protection Association. (2019). *Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores*. Massachusetts: NFPA.

National Fire Protection Association. (2019). *Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra Incendios*. Massachusetts: NFPA.

Salud Pública De México. (2015). *SEGURIDAD-EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO-SISTEMAS FIJOS-SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS-DISEÑO E INSTALACIÓN*. Ciudad de México.

Gobierno de México. (2011). *NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA PARA EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO*. Ciudad de Mexico.

### 12.2. Libros y manuales consultados

César Valdez, E. (1997). *Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 2*. Ciudad de México: Facultad de Ingeniería.

Aguilar Reyes, J. (1997). *Diseño y selección de bombas*. Ciudad de Mexico: Facultad de Ingeniería.

Carballido Zamora, A. (2002). *Ingenieria del manejo y disposicion de aguas residuales y pluviales de edificios*. Ciudad de México: Facultad de Ingeniería.

- Comisión Nacional del Agua. (2009). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Alcantarillado sanitario*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional del Agua. (s.f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas Potabilizadoras de Tecnología Simplificada*. Ciudad de México: SEMARNAT.
- Comisión Nacional del Agua. (s.f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Drenaje Pluvial Urbano*. Ciudad de México: SEMARNAT.
- Enriquez, H. (2004). *El ABC de las instalaciones de gas, hidráulicas, y sanitarias*. Ciudad de México: Limusa.
- Gómez Muñoz, M., Resendiz González, M., & Herrera Jiménez, A. (2008). *Cálculo y selección del tanque hidroneumático para el abastecimiento de agua potable al hospital Cundallini*. Ciudad de México: I.P.N.
- González Castillo, J. L. (2008). *Diseño y construcción del sistema de ventilación de la instalación para la evacuación de aguas residuales en edificios*. Ciudad de México : Facultad de Ingeniería.
- Ramírez Santiago, S. C. (2012). *Apuntes: Instalaciones en los edificios, Instalaciones de aprovechamiento de gas L.P.* Oaxaca: Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- RegO®. (2021). *Manual de Servicio para el Instalador de Gas-LP*. North Carolina.
- Sánchez Lievano, G. (2008). *Sistema hidroneumático de abastecimiento de agua potable para el hotel el Dorado Manzanillo*. Ciudad de México: I.P.N.

### 12.3. Sitios web de consulta

- Armstrong. (10 de Mayo de 2016). *Armstrong*. Recuperado el 31 de Enero de 2022, de Performance curves: [https://armstrongfluidtechnology.com/~media/documents/specifications/performance-curve-documents/4030-performance-curves/40-4106\\_4030\\_60hz\\_3x2-5x6\\_performance\\_curves.pdf?la=en&display=1](https://armstrongfluidtechnology.com/~media/documents/specifications/performance-curve-documents/4030-performance-curves/40-4106_4030_60hz_3x2-5x6_performance_curves.pdf?la=en&display=1)
- Armstrong Fluid Technology. (s.f.). *4030 end suction base mounted pumps*. Recuperado el 01 de Febrero de 2022, de <https://armstrongfluidtechnology.com/en/products/4030-end-suction-base-mounted-pumps>
- AURORA. (Junio de 1999). *PICSA*. Recuperado el 03 de Febrero de 2022, de <http://descargas.picsabombas.com.mx/Serie912-Aprobada-%20ULFM/>

Direct industry. (s.f.). *Direct industry*. Recuperado el 03 de Febrero de 2022, de <https://www.directindustry.es/prod/aurora-pump/product-30034-772895.html>

Google. (s.f.). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Mi+Bodega+Aurrera,+Comonfort/@20.7199373,-100.7593874,16.25z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x3bfce39110622cb2!8m2!3d20.7201398!4d-100.7586989>

PICSA. (s.f.). *Bombas Picsa*. Recuperado el 03 de Febrero de 2022, de <https://www.picsabombas.com.mx/home/producto/series-pvm/>

### 13. Planos

- 1 C06-TOMA DE AGUA POTABLE
- 2 IH01-INSTALACION HIDRÁULICA RED GENERAL-2058
- 3 IH02-INSTALACION HIDRÁULICA EN NÚCLEOS SANITARIOS-2058
- 4 GIH01-INSTALACION HIDRÁULICA EN ABARROTOS Y SERVICIOS-2058
- 5 GIH02-INSTALACION HIDRÁULICA ISOMÉTRICOS DE ABARROTOS Y SERVICIOS-2058
- 6 IH03-INSTALACION HIDRÁULICA ISOMÉTRICO RED GENERAL-2058
- 7 IH04-CISTERNA DE AGUA POTABLE -2058
- 8 IS01-INSTALACION SANITARIA RED GENERAL-2058
- 9 IS02-INSTALACION SANITARIA EN NÚCLEOS SANITARIOS-2058
- 10 GIS01-INSTALACION SANITARIA EN ABARROTOS Y SERVICIOS I-2058
- 11 GIS02-INSTALACION SANITARIA ISOMÉTRICO GENERAL-2058
- 12 IS05-INSTALACION SANITARIA DETALLES DE PLOMERÍA I-2058
- 13 IS06-INSTALACION SANITARIA DETALLES DE PLOMERÍA II-2058
- 14 IG01-INSTALACION DE GAS L.P. RED GENERAL-2058
- 15 IG02-INSTALACION DE GAS L.P. ISOMÉTRICO Y DETALLES-2058
- 16 SCI01-SISTEMA CONTRA INCENDIO RED GENERAL-2058
- 17 SCI02-ISOMETRICO SISTEMA CONTRA INCENDIOS RED GENERAL-2058
- 18 IP01-PLANTA DE TECHUMBRE BAJADAS PLUVIALES-2058
- 19 C07-PLANO DE DRENAJE PLUVIAL -2058
- 20 C07A-CISTERNA DE AGUA PLUVIAL -2058
- 21 C08-PLANO DE DRENAJE SANITARIO EXTERIOR-2058
- 22 HCM01-INSTALACION HIDRÁULICA DEL CUARTO DE BOMBAS-2058
- 23 HCM02-INSTALACION HIDRÁULICA PLUVIAL DEL CUARTO DE BOMBAS-2058

## 14. Anexo

- CURVAS DE OPERACIÓN AMSTRONG SERIE 4030
- FICHA TÉCNICA, CALOREX ELECTRICO VATTIUM
- FICHA TÉCNICA, TUBERÍA GALVANIZADA.PDF – TREVISA
- FICHA TÉCNICA, ROCIADOR SIN-VK572
- ESPECIFICACIONES PARA HIDRANTES DE MANGUERA
- FICHA TÉCNICA, HIDRANTE POTTER ROEMER SERIE 1400
- CURVAS DE OPERACIÓN, AURORA SERIE 912
- FICHA TÉCNICA CLARKE, SERIE JU4H
- CURVA DE OPERACIÓN, AURORA PVM(X)2