



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

DISEÑO PARA LA INSTALACIÓN DE CUARTO DE BOMBAS, TUBERÍA, VÁLVULAS DE CONTROL Y ACCESORIOS PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN

César Aníbal Santos Barillas

Asesorado por el Ing. Mario Rafael Baldizón Barquín

Guatemala, noviembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO PARA LA INSTALACIÓN DE CUARTO DE BOMBAS, TUBERÍA, VÁLVULAS DE CONTROL Y ACCESORIOS PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CÉSAR ANÍBAL SANTOS BARILLAS

ASESORADO POR EL ING. MARIO RAFAEL BALDIZÓN BARQUÍN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MÉCANICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Remato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO PARA LA INSTALACIÓN DE CUARTO DE BOMBAS, TUBERÍA, VÁLVULAS DE CONTROL Y ACCESORIOS PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica el 8 de septiembre de 2019.

César Aníbal Santos Barillas

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme fuerzas para seguir adelante y finalizar esta etapa de mi vida.
Mis padres	Ana Barillas y César Ismael Santos, quienes me han dado el apoyo incondicional desde siempre.
Mi esposa	Marleny Magaly Hurtado, quien llegó a mi vida para ser mi complemento; con su ayuda he llegado a cumplir cada meta propuesta.
Mi hijo	Jefferson Mesut Santos, quien es mi motivación.
Mis hermanas	Annaly y Celeste Santos, quienes siempre me brindan ayuda cuando la necesito.
Selvin Maldonado	Por el apoyo brindado durante todos estos años.
Mi tío Isidro Santos	Porque siempre me aconsejó y confió en mí.
Mis tías y tíos	Por el apoyo y confianza hacia mí durante toda mi vida.
Mis abuelos	Por el cariño brindado.
Mis amigos	Por su sincera amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de pertenecer a esta casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por la formación impartida, al darme las herramientas necesarias para desenvolverme en el ámbito profesional.
Mis amigos de la Facultad	Emilsed Ruano, Edwin Trujillo, Erick López, Estuardo Orellana, Rolin García, Edwin Sequen y Williams Castañeda.
Helena y Paulo Ochaeta	Por ayudarme en todo momento; una amistad que ha perdurado durante varios años.
Ingeniero Mario Baldizón	Por apoyarme y asesorarme durante este último paso de mi carrera.
Rocío Azañón	Amiga y compañera de trabajo, quien siempre me ha brindado un apoyo incondicional; mil gracias.
Nelson Pablo	Por la ayuda brindada cada vez que lo he necesitado.
Abigail Villagrán	Por su apoyo para concluir esta etapa de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. PROBLEMA	1
1.1. Descripción del problema encontrado	1
1.2. Justificación de la investigación.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. General.....	2
1.3.2. Específicos	3
1.4. Beneficios esperados	3
2. ANTECEDENTES	5
2.1. Introducción.....	5
2.2. Definiciones generales	6
2.2.1. Listado	6
2.2.2. Norma	6
2.2.3. Aprobado	7
2.2.4. Rociador automático.....	7
2.2.5. Altura de techo.....	7
2.2.6. Compartimiento	7
2.2.7. Control de incendios.....	8
2.2.8. Sistema diseñado hidráulicamente	8

2.2.9.	Soldado en taller	8
2.2.10.	Presión de trabajo del sistema	8
2.2.11.	Líneas o ramales	9
2.2.12.	Acople flexible para tubería	9
2.2.13.	Tuberías principales transversales	9
2.2.14.	Tubería principal de alimentación.....	9
2.2.15.	Tubería resistente a la corrosión	9
2.2.16.	Conexión del departamento de bomberos.....	10
2.2.17.	Presión residual.....	10
2.2.18.	Presión estática	10
2.3.	Requerimientos generales	10
2.3.1.	Nivel de protección.....	10
2.3.2.	Sistemas de área limitada	11
2.3.3.	Certificado del propietario.....	11
2.4.	Definición del problema.....	11
3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ROCIADORES.....	13
3.1.	Parámetro de funcionamiento	13
3.2.	Formas de cálculo hidráulico.....	13
3.2.1.	Método de tablas de cálculo.....	14
3.2.2.	Método de cálculo hidráulico	15
3.2.3.	Método de densidad/área.....	18
3.3.	Procedimiento de cálculo hidráulico	20
3.3.1.	Área de diseño	21
3.3.2.	Cálculo de pérdida en resto de sistema por EPANET	33
3.4.	Planos de distribución de rociadores en edificio CUDEP	36
4.	DISEÑO DE HIDRANTES Y GABINETES CON MANGUERA	39

4.1.	Parámetro de funcionamiento.....	39
4.1.1.	Tipos de gabinete	39
4.1.1.1.	Gabinets contra incendio tipo I	39
4.1.1.2.	Gabinets contra incendios tipo II.....	40
4.1.1.3.	Gabinets contra incendios tipo III.....	40
4.1.1.4.	Gabinets para extintor	41
4.2.	Hidrantes exteriores	41
4.2.1.	Hidrantes de columna.....	42
4.2.2.	Hidrantes bajo nivel de tierra	44
4.2.2.1.	Parámetros de diseño: presión y caudal	46
4.2.2.2.	Cálculo de caudal y presión para la red de hidrantes y gabinetes del CUDEP	47
4.3.	Requisitos del cálculo hidráulico.....	48
4.3.1.	Tipos de sistemas.....	49
4.3.1.1.	Sistema clase I	49
4.3.1.2.	Sistema clase II	49
4.3.1.3.	Sistema clase III	50
4.4.	Requisitos de instalación	50
4.4.1.	Proceso de instalación.....	52
4.4.2.	Distancias mínimas requeridas en el montaje	52
4.4.3.	Excavaciones y llenos	53
4.4.3.1.	Excavaciones.....	53
4.4.3.2.	Llenos	54
4.5.	Especificaciones y planos.....	55
4.5.1.	Especificaciones	55
4.5.2.	Planos.....	56
4.6.	Cálculos hidráulicos, por medio del programa EPANET 2.0....	60

5.	DISEÑO DEL CUARTO DE BOMBAS	63
5.1.	Parámetros de funcionamientos.....	63
5.2.	Definiciones.....	65
5.3.	Requerimientos generales	69
5.4.	Selección de bomba.....	75
5.5.	Accesorios para cuarto de bomba.....	78
5.5.1.	Válvula de compuerta en la succión.....	78
5.5.2.	Reductor excéntrico en la succión.....	78
5.5.3.	Manómetro en la succión	79
5.5.4.	Manómetro de descarga.....	80
5.5.5.	Válvula de venteo automático de aire	81
5.5.6.	Válvula de recirculación	83
5.5.7.	Válvula de alivio de presión.....	84
5.5.8.	Cono de visualización	85
5.5.9.	Reductor concéntrico en la descarga	86
5.5.10.	Válvula de retención en la descarga	86
5.5.11.	Válvula de control de descarga	87
5.5.12.	Controlador de bombas	88
5.5.13.	Bomba de mantenimiento de presión – bomba <i>jockey</i>	89
5.6.	Diseño de distribución de tubería en cuarto de bomba	91
6.	SUMINISTRO DE AGUA	95
6.1.	Suministro de agua requerida	95
6.2.	Diseño de cisterna.....	99
6.3.	Planos	102
	CONCLUSIONES.....	103
	RECOMENDACIONES	105

BIBLIOGRAFÍA.....	107
APÉNDICES	109
ANEXOS	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Densidad-área.....	17
2.	Edificio A, área de diseño.....	23
3.	Plano de distribución de tubería y rociadores	25
4.	Distribución de datos en un plano	29
5.	Vista de intersecciones	30
6.	Tramo entre los puntos D y E.....	32
7.	Plano de edificio A, con diámetro y cantidad de rociadores.....	34
8.	Diseño de sistema activo en EPANET	35
9.	Rango de color de cauda y presión por EPANET 2.0	35
10.	Hidrante de columna seca con dos salidas de 70 mm	43
11.	Hidrante de columna húmeda	44
12.	Hidrante de arqueta con dos salidas de 70 mm	45
13.	Hidrante público de arqueta	46
14.	Detalles de la excavación en suelos	54
15.	Ejemplo plano de planta.....	57
16.	Ubicación de hidrantes en entradas al edificio	57
17.	Cobertura de hidrantes.....	58
18.	Cobertura total de edificio	58
19.	Diseño en forma de ramal.....	59
20.	Diseño en forma de anillo con bifurcaciones internas	60
21.	Diagrama de distribución de tubería de hidrantes.....	61
22.	Válvula de compuerta y reductor excéntrico en la succión.....	79
23.	Manómetro en succión y en descarga de bombas.....	81

24.	Válvula de venteo automático de aire	82
25.	Válvula de venteo y admisión de aire	83
26.	Válvula de recirculación	84
27.	Válvula de alivio y cono de visualización	86
28.	Válvula de retención y válvula de control de descarga	88
29.	Controlador de bomba diésel.....	88
30.	Bomba piloto o <i>jockey</i>	89
31.	Unifilar de cuarto de bombas	91
32.	Vista panorámica de cuarto de bombas.....	92
33.	Plano de cuarto de bombas	93
34.	Abastecimiento sencillo B	97
35.	Dimensiones del tanque	97
36.	Diseño de columnas	98
37.	Diseño de anclaje	99

TABLAS

I.	Cantidad de rociadores/diámetro de tubería.....	24
II.	Coeficiente de hierro nuevo	27
III.	Resumen de cálculos a R-1	28
IV.	Resumen de pérdidas en tuberías	36
V.	Caudal mínimo.....	47
VI.	Requerimiento de duración de cálculos hidráulicos.....	76
VII.	Flujo de las bombas por NFPA-20.....	77
VIII.	Tipos de abastecimiento/UNE 23500.....	96
IX.	Clase de abastecimiento según su categoría	97
X.	Fuentes de agua: depósitos A y B.....	95
XI.	Datos de lámina para diseño de tanque elevado	96

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
gal	Galones
gpm	Galones por minutos
Kg	Kilogramo
PSI	Libra sobre pulgada cuadrada
LPM	Litros por minutos
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
mm	Milímetro
min	Minutos
pie	Pie
p^2	Pie cuadrado
p^3	Pie cúbico
RPM	Revoluciones por minuto
s	Segundos
BAR	Unidad de presión, equivalente a 1 atm.

GLOSARIO

Acople	Son elementos de máquina que permiten juntar piezas o sistemas para obtener un efecto combinado.
Almacenaje	Es una parte de la logística que incluye las actividades relacionadas con el almacén; en concreto, guardar y custodiar existencias que no están en proceso de fabricación, ni de transporte. El almacenaje permite acercar las mercaderías a los puntos de consumo.
Cabezal	Tubería principal de alimentación para ramales o derivaciones de rociadores.
Caudal	Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo.
Conato	Es un fuego incipiente, en muchos casos, si se controla y actúa a tiempo, no se propaga y acaba siendo un incidente leve.
CUDEP	Centro Universitario de Petén.

Derivaciones	Tubería que se conecta a los ramales primarios para alimentaciones de rociadores o equipo de sistemas contra incendio.
Gabinete	Equipo completo de protección (manguera, boquillas) instalado de forma fija sobre la pared, que se utiliza para el transporte de agua en la extinción de incendios en varios edificios, como escuelas, oficinas y negocios.
Hidrante	Es un equipo que suministra gran cantidad de agua en poco tiempo. Permite la conexión de mangueras y equipos que ayudan a controlar incendios, así como el llenado de las cisternas de agua de los bomberos.
Incidente	Cosa que se produce en el transcurso de un asunto o un relato, que repercute en él, alterándolo o interrumpiéndolo.
Incipiente	Que empieza a manifestarse (inicio de fuego).
Listado	Equipo, material o servicios incluidos en una lista publicada por una organización aceptable para la autoridad competente y relacionada con la evaluación de productos o servicios, que mantiene una inspección periódica de la producción del equipo, material listado o la evaluación periódica de los servicios, cuyo

listado indica que cumple con las normas apropiadas y se considera adecuado para un propósito específico.

NFPA

National Fire Protection Association.

Norma

Principio que se impone o se adopta para dirigir la conducta o la correcta realización de una acción o el correcto desarrollo de una actividad.

Presión

Es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea.

Presión estática

Es la que tiene un fluido, independientemente de la velocidad de este, y que se puede medir mediante la utilización de tubos piezométricos.

Ramales

Tuberías que están distribuidas en varios sectores del edificio que alimentan las derivaciones.

Riesgo

Posibilidad de que se produzca un contratiempo o una desgracia, de que algo o alguien sufran perjuicio o daño.

Rociador

Generalmente se coloca en la boca de un recipiente para pulverizar o esparcir un líquido en gotas muy finas.

Siniestro

Evento que causa cierto temor o angustia por su carácter sombrío o macabro o por su relación con la muerte.

Tubería

Conducto formado por tubos que sirve para distribuir líquidos o gases.

RESUMEN

La importancia de la seguridad en las instalaciones educativas debe ser un tema prioritario en su planificación y construcción; debido a la falta de cultura en el país y leyes que no garantizan su implementación, se tiene en el olvido el tema relacionado con el combate de incendios.

En países donde las normas de seguridad están implementadas en plenitud, parte de estas normas incluyen un sistema, que a su vez contempla otros sistemas, como el de detección de incendio (detectores de humo, temperatura, haz de luz); de notificación (parlantes, luces, sirenas); de supresión (base de gas para lugares donde exista equipo eléctrico) y el tradicional sistema húmedo (rociadores, hidrantes).

Un sistema húmedo contra incendios está compuesto por rociadores automáticos, gabinetes con manguera, hidrantes, válvulas de control y un cuarto de bombas que a su vez está constituido regularmente por una motobomba, bomba eléctrica y bomba *jockey*; para la elección de cada accesorio o material se debe tener presente la presión y caudal a trabajar; con estos datos se puede elegir clase de tubería, soportes, tipo de acoples, tamaño de bomba y accesorios.

Para que el sistema sea funcional, el diseño debe de cumplir con todas las especificaciones técnicas indicadas en cada norma aplicable al sistema y adaptarlo a las necesidades que se presenten en el Centro Universitario de Petén.

OBJETIVOS

General

Realizar el diseño para la instalación de cuarto de bombas, tubería, válvulas de control y accesorios para el sistema contra incendios en el Centro Universitario de Petén.

Específicos

1. Realizar los cálculos para selección de bombas contra incendios.
2. Calcular y diseñar la distribución de tubería, tanto exterior como interior, en las instalaciones del Centro Universitario de Petén.
3. Calcular distintos tipos de accesorios que van a utilizarse, (soporte, acoples, entre otros).
4. Diseñar planos detallados de la distribución de rociadores, hidrantes, gabinete con manguera y cuarto de bombas.
5. Realizar cálculos para el almacenamiento y abastecimiento de agua para el sistema contra incendio, el cual se hará bajo las normas NFPA 13,14 y 20, para cumplir con lo solicitado por la *National Fire Protection Association*.

INTRODUCCIÓN

Al momento de diseñar un sistema contra incendio se deben seguir estrictas normas ya establecidas, que con base en acontecimientos a nivel mundial se han implementado mejoras cada año, para que los sistemas sean más eficientes y pueda cumplirse con el objetivo de suprimir un conato de incendio.

En el predio donde se encuentran los edificios que conforman el CUDEP se reúnen millares de personas; se tiene mobiliario de un valor económico considerable, por lo que es recomendable tener un sistema contra incendio que ayude a controlar un siniestro.

El sistema está diseñado con base en las normas NFPA 13, las cuales definen los lineamientos para el diseño de un sistema de rociadores automáticos que han sido distribuidos en la totalidad de edificios; cada rociador tiene una presión y caudal que influye al momento de combatir un conato de incendio; la distribución de tubería, así como su diámetro varían dependiendo de la cantidad de rociadores conectados. En los anexos se incluyen los planos donde se muestran los detalles de su distribución e instalación.

En el capítulo 4 se detalla el diseño del sistema de hidrantes; estos equipos son un apoyo para combatir un conato o incendio; dicho diseño está basado en tuberías subterráneas independientes al sistema de rociadores; los equipos son de columna húmeda y están ubicados en lugares estratégicos para cubrir la totalidad de entradas a edificios, parqueos y otros lugares. La manguera será de 20 m de longitud. En los capítulos 5 y 6 se describe el diseño del cuarto de bombas y almacenaje de agua para el sistema contra incendio.

Para el cálculo de bomba se requiere de los datos obtenidos en los capítulos 3 y 4. Pudo determinarse que la bomba necesita un caudal máximo de 750 GPM y un tanque de agua de 57,000 galones; con esto se podrán satisfacer los requerimientos para tener un sistema eficiente contra incendios en el Centro Universitario de Petén.

1. PROBLEMA

1.1. Descripción del problema encontrado

El CUDEP es un establecimiento de educación superior donde se concentra gran cantidad de personas, entre ellos, estudiantes, personal administrativo, docente y visitantes, que corren el riesgo de sufrir lesiones o la muerte al momento de un incendio. Para combatir un incendio la reacción debe ser inmediata; es necesario tener un sistema contra incendios, constituido por detección y supresión; la detección debe de estar integrada por sensores de calor, humo, estaciones manuales, sirenas, entre otros.

El sistema de supresión a base de agua es el que puede controlar un incendio hasta que autoridades competentes lo combatan; para que este sistema sea funcional se debe tener un diseño previo que cumpla ciertas características para que sean adaptables a los diferentes edificios que componen este centro de educación; un sistema contra incendios está comprendido por rociadores automáticos, gabinetes con manguera, hidrantes, tubería y un cuarto de bomba.

Para que estos accesorios funcionen correctamente se debe tomar en cuenta lo siguiente; presión, caudal de agua, abastecimiento de agua, ubicación del accesorio, tubería, bombas, soportes, entre otros. Todo esto debe de tener un diseño exacto y determinar cada uno de los materiales adecuados que se van a utilizar; todo esto basado bajo la norma NFPA y cálculos de ingeniería, que garanticen que la ejecución del sistema sea la correcta, desde su montaje hasta la puesta en operación.

1.2. Justificación de la investigación

Crear sitios seguros es una obligación de todos, tanto para cuidar la vida humana como los inmuebles que pueden representar una inversión económica, en el caso específico del CUDEP; para garantizar el bienestar personal y económico al momento de un incendio, se debe contar con un sistema adecuado y fiable que combata un siniestro. Un sistema contra incendio está compuesto por varios elementos, bombas, tuberías, soportes, rociadores, hidrantes y gabinetes con manguera; cada uno de estos tiene una función fundamental para que el sistema sea eficaz; para garantizar el diseño, debe de cumplirse con normas y estándares de calidad específicos indicados en los siguientes capítulos.

Al tener un diseño adecuado para la instalación de cuarto de bombas, tubería, válvulas de control y accesorios para el sistema contra incendios en el Centro Universitario de Petén, se garantiza la seguridad para sus estudiantes y docentes.

1.3. Objetivos

A continuación, se describen los objetivos propuestos para la consolidación del presente proyecto.

1.3.1. General

Diseñar un sistema que proteja las instalaciones del Centro Universitario de Peten (CUDEP), al momento de que ocurra un incendio, con base en las normas NFPA.

1.3.2. Específicos

- Diseñar un tanque elevando de agua que garantice el caudal adecuado en el tiempo solicitado de acuerdo con lo establecido en las normas NFPA.
- Distribuir de manera eficiente el sistema de tuberías para el aprovechamiento de espacios existentes en el Centro Universitario de Petén.
- Determinar parámetros objetivos y procedimientos, cuyo cumplimiento asegure la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad, propios del requisito básico de seguridad en caso de incendio.
- Elaborar con criterio técnico el diseño, dimensionamiento y cálculos de las instalaciones del sistema contra incendios del Centro Universitario de Petén, con el fin de implementar un sistema que permita un ambiente seguro para los estudiantes.
- Valorar y dimensionar el equipo de protección contra incendios y sus dispositivos adecuados para cada ambiente, de ser necesario.

1.4. Beneficios esperados

- Un sistema de suministro de agua para el sistema contra incendio que garantice su funcionalidad al momento de ser requerido.
- El diseño seguro de una red de transportación de agua al momento de un siniestro natural o provocado (incendio, sismos).

- Diseño de un cuarto de bombas que garantice su caudal y presión adecuada al momento de ser requerido.

2. ANTECEDENTES

2.1. Introducción

El edificio del CUDEP no cuenta con sistema que combata el inicio de un incendio; este debe de ser de carácter obligatorio para todos los edificios públicos y privados, ya que con este tipo de sistemas se puede controlar el siniestro, mientras las autoridades competentes llegan a las instalaciones para encargarse completamente del evento.

Un sistema contra incendio contiene 3 grandes subsistemas: cuarto de bombas, tuberías y dispositivos; cada uno tiene su función vital para que el sistema sea efectivo.

El cuarto de bombas está compuesto por una motobomba, bomba *jockey*, válvulas, almacenamiento de agua, entre otros. El diseño de capacidad de la bomba deberá realizarse con apoyo de la norma NFPA 20, la cual indica la forma aprobada de calcular el tamaño de la bomba, así como todos sus accesorios.

Para trasportar el agua necesaria a los dispositivos se debe utilizar una red de tuberías, donde pueden existir tuberías principales (cabezales) y derivaciones (ramales); además, para garantizar el mantenimiento se deben seccionar por medio de válvulas y otros componentes que se explicarán en el capítulo respectivo. Por último, están los accesorios; esto básicamente indicará de qué forma se utilizará el agua, ya sea por medio de rociadores, gabinetes con manguera o hidrantes; la utilización de estos accesorios dependerá del área que se debe de proteger, con base en lo que indica en este caso la norma NFPA 13.

Para el diseño que se utilizará en el CUDEP se debe evaluar cada área para la distribución de la tubería y la ubicación de cada accesorio; dependiendo de las características del inmueble, se utilizará la cantidad necesaria para cubrir toda el área.

En el transcurso de los capítulos se determinarán los componentes que se deben instalar en el sistema, así como la elección del material que va a utilizarse para optimizar la instalación y tener un sistema confiable y efectivo.

2.2. Definiciones generales

Las definiciones contenidas en este capítulo deberán aplicarse a los términos utilizados en todo el proyecto. Estos deberán definirse utilizando el significado aceptado, comúnmente dentro del contexto en el cual son utilizados.

2.2.1. Listado

El equipamiento, materiales o servicios deberán estar incluidos en una lista publicada por una organización aceptable para la autoridad competente y a cargo de su evaluación; se mantendrá la inspección periódica de producción de equipamiento o materiales, listados o evaluación de servicios, los cuales deberán cumplir con los estándares apropiados.

2.2.2. Norma

Es el documento cuyo texto principal contiene estipulaciones obligatorias que utilizan la palabra "deberá" para indicar requerimientos; se encuentra en una forma generalmente adecuada para referencia obligatoria por parte de otra norma o código para la adopción como ley.

Las estipulaciones no obligatorias deberán encontrarse en un apéndice o anexo, nota al pie o nota en letra pequeña; no deben considerarse como parte de los requerimientos de una norma.

2.2.3. Aprobado

Significa que es aceptable para la autoridad competente.

2.2.4. Rociador automático

Es un dispositivo de supresión o control de incendios que opera automáticamente cuando su elemento termoactivado es calentado hasta o por encima de su clasificación térmica, permitiendo que el agua se descargue sobre un área especificada.

2.2.5. Altura de techo

La distancia entre el piso y el lado inferior del techo que se encuentra encima (o cubierta de techo) dentro del área.

2.2.6. Compartimiento

Se refiere a un espacio completamente encerrado por paredes y un cielo raso. Se permite que el cerramiento del compartimiento posea aberturas en las paredes hacia un espacio adyacente; si las aberturas tienen una profundidad mínima del dintel de 8 pulgadas (203 mm) desde el cielo raso; las aberturas no exceden de 8 pies (2,44 m) de ancho.

2.2.7. Control de incendios

Esta acción consiste en limitar el tamaño de un incendio mediante la distribución de agua para disminuir la tasa de liberación de calor y rehumedecer los combustibles adyacentes, mientras se controla la temperatura de los gases en el cielo raso para evitar daños estructurales.

2.2.8. Sistema diseñado hidráulicamente

Sistema de rociadores, hidrantes y cuarto de bomba, cuyos diámetros de tubería son seleccionados con base en la pérdida de presión, para proporcionar una densidad de aplicación de agua prescrita, en galones por minuto por pie cuadrado (gpm/p^2), o una presión mínima de descarga o flujo por rociador prescritos, distribuido con un grado razonable de uniformidad, sobre un área específica.

2.2.9. Soldado en taller

Debe existir un área específicamente diseñada o autorizada para soldar; tal como una ubicación exterior independiente, un taller de mantenimiento u otra área.

2.2.10. Presión de trabajo del sistema

Debe preverse una máxima presión estática o dinámica, la cual será aplicada a los componentes del sistema de rociadores, excepto por las presiones de arranque y de la conexión del departamento de bomberos.

2.2.11. Líneas o ramales

Son las tuberías con agua que alimentan a los accesorios de un área específica dentro de las instalaciones (rociadores, hidrantes, gabinetes, entre otros).

2.2.12. Acople flexible para tubería

Es el acople o accesorio listado que permite el desplazamiento axial, la rotación y por lo menos 1 grado de movimiento angular de la tubería sin inducir daños en la tubería. Para tubería de 8 pulgadas (202,2 mm) de diámetro y más, se deberá permitir un movimiento angular menos que 1 grado, pero no menor que 0,5 grados.

2.2.13. Tuberías principales transversales

Son las tuberías que alimentan a las líneas ramales, ya sea directamente o a través de tuberías de subida.

2.2.14. Tubería principal de alimentación

Se refiere a las tuberías que alimentan a las tuberías principales transversales, ya sea directamente o a través de la tubería de subida.

2.2.15. Tubería resistente a la corrosión

Esta tubería tiene la característica de resistir el deterioro de su superficie o sus propiedades cuando está expuesta a su ambiente.

2.2.16. Conexión del departamento de bomberos

Es la conexión a través de la cual el departamento de bomberos puede bombear agua suplementaria en el sistema de rociadores, tomas de agua u otro sistema, suministrando el líquido necesario para la extinción de incendio.

2.2.17. Presión residual

Es la presión que existe en el sistema de distribución; se mide en el hidrante residual en el momento que se toman las mediciones de flujo en los hidrantes con flujo.

2.2.18. Presión estática

Es la presión que existe en un punto dado bajo condiciones normales del sistema de distribución; se mide en el hidrante residual sin el flujo de otros.

2.3. Requerimientos generales

A continuación, se enlistan y describen los requerimientos generales necesarios.

2.3.1. Nivel de protección

Todo edificio cuando esté protegido por una instalación de sistemas de rociadores automáticos deberá estar provisto con rociadores en todas las áreas, excepto en aquellas secciones específicas donde no se pueda utilizar agua, como cuartos de computadoras o equipo que pueda resultar dañado; para estos casos se debe usar un sistema a base de gas.

2.3.2. Sistemas de área limitada

Cuando se instalan sistemas parciales de rociadores, los requisitos deberán usarse en la medida en que estos sean aplicables.

2.3.3. Certificado del propietario

El propietario de un edificio o estructura donde se va a instalar el sistema de rociadores contra incendio, o su agente autorizado, deberá brindar la siguiente información al instalador del sistema de protección contra incendio, antes de realizar la distribución y los detalles del sistema:

- Uso previsto del edificio, incluyendo los materiales que están dentro y la altura máxima de cualquier almacenamiento.
- Un plano preliminar del edificio o estructura junto con los conceptos de diseño necesarios para realizar la distribución y el detalle para el sistema.

2.4. Definición del problema

El Centro Universitario de Petén, es un complejo de educación superior que está ubicado en el municipio de Flores, aldea de Santa Elena de la Cruz; su infraestructura cuenta con varios edificios que diariamente son utilizados por una gran cantidad de personas. A raíz de esto es necesario considerar todos los posibles escenarios catastróficos que pudieran suscitar y entre estos se tiene el de un posible incendio.

Para que ocurra un incendio se debe de cumplir el triángulo de fuego (oxígeno, calor, combustible); dentro del CUDEP existe la posibilidad de que se

cumplan estos tres criterios, y dé inicio un conato que pueda convertirse en un incendio donde puedan darse pérdidas materiales y en casos extremos vidas humanas. La implementación de este sistema ayudará para sofocar un conato de incendio o disminuir las posibilidades de que este se convierta en un incendio.

Por ejemplo, si por alguna razón se inicia un conato de incendio dentro una de las aulas, y no se tiene un sistema que lo combata, se debe seguir el protocolo de seguridad. Una acción inicial es llamar a los bomberos; este tiempo provoca que el conato se convierta en un incendio y se pueda propagar en varias aulas o hasta en los demás edificios.

Por lo contrario, al tener un sistema contra incendio al momento de un conato, que ha provocado una elevación de temperatura (38 °C, en adelante) en el aula, el rociador más cercano se activará e iniciará el funcionamiento de este sistema; adicional, si se cuenta con todos los equipos, se pueden mejorar los protocolos de seguridad, con personal capacitado para uso de los gabinetes o hidrantes, y combatir el siniestro en tanto se presentan los bomberos.

Como se observa en los dos escenarios, no se puede evitar el inicio de un incendio, pero el controlarlo en un tiempo de reacción inmediata es la diferencia.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ROCIADORES

3.1. Parámetro de funcionamiento

El sistema de rociadores debe cumplir parámetros para tener una cobertura exacta, presión y caudal de agua; la distribución y selección de los rociadores se aplicarán en el lugar de la instalación. Según datos obtenidos en las instalaciones del CUDEP, existe un riesgo ordinario: todos los rociadores deberán marcarse de manera permanente con un símbolo de fabricante de uno o dos caracteres, seguido por tres o cuatro números; esto se hará para tener una identificación única del rociador de acuerdo con el tamaño o forma del orificio, características del deflector, clasificación de presión y sensibilidad térmica.

Los sistemas de rociadores deberán ser de tubería húmeda; derivado de esto, los rociadores apropiados son los *Early Supression Fast Response* (ESFR) rociadores de respuesta rápida, obtenidos de la normal NFPA 13, capítulo 12.4; a partir de este dato se puede realizar el cálculo de cantidad de rociadores, según el área a proteger.

3.2. Formas de cálculo hidráulico

Para efectuar el cálculo hidráulico existen dos métodos: el de tablas de cálculo, el hidráulico y el de densidad/área. Estos se describen a continuación.

3.2.1. Método de tablas de cálculo

En el capítulo 11 de la norma NFPA 13, “Norma para la instalación de sistemas de rociadores”, se establecen los enfoques de diseño para los sistemas de rociadores, y se da a conocer que, una edificación o parte de esta puede ser protegida en concordancia con cualquier enfoque de diseño, a la discreción del diseñador (11.1.1, obtenido de la norma NFPA 13). Como se sabe, el objetivo principal del diseño es determinar la demanda máxima esperable del sistema de rociadores (caudal y presión). En ese sentido, la NFPA 13 establece que el requerimiento de la demanda de agua para un sistema de rociadores debe ser determinada de acuerdo con:

- El enfoque de control de incendios por riesgo de ocupación y el de diseño especial del capítulo 11, norma NFPA 13.
- Los enfoques de diseño de almacenaje descritos en los capítulos 12 al 20, norma NFPA 13.
- Los enfoques para ocupaciones especiales definidos en el capítulo 22, Norma NFPA 13.

También se señala que el suministro mínimo de agua debe estar disponible por lo menos durante el tiempo especificado en los capítulos 11 de la norma NFPA 13 (tablas 11.2.2.1 y 11.2.3.1.2) y 12 (tabla 12.8.6).

Según la norma NFPA 13, los requerimientos de la demanda de agua se pueden determinar ya sea por el método de catálogo de tuberías (*Pipe Schedule*), de acuerdo con la sección 11.2.2, o por los métodos de cálculo hidráulico, descritos en la sección 11.2.3.

Cabe resaltar que los aspectos y métodos de diseño de la sección 11.2 son aplicables solo para los rociadores estándar (tipo atomizador).

3.2.2. Método de cálculo hidráulico

El método de diseño *Pipe Schedule* ofreció un medio simple para determinar el tamaño adecuado de un sistema de rociadores. Sin embargo, no tenía en cuenta el suministro de agua disponible para el sistema de rociadores automáticos, ni permitió flexibilidad cuando aumentó el riesgo de ocupación. Aun con estos inconvenientes, los sistemas de rociadores anteriores a la década de 1950 hicieron un buen trabajo para mantener los incendios bajo control.

A comienzos de la década de 1950, los cambios en las prácticas industriales demostraron las limitaciones del método *Pipe Schedule*. En ese momento concurrió:

- Un mayor uso de estructuras de acero en las construcciones
- La invención del montacargas elevador
- Un incremento en el uso de materiales plásticos

El uso de acero permitió construir edificios más altos. Dado que los incendios industriales pueden alcanzar temperaturas elevadas, ante las cuales el acero se debilita, se crea una condición en la que la estructura de un edificio podría colapsar, incluso cuando se proporciona protección con rociadores al nivel del techo.

La invención del montacargas elevador permitió aumentar la altura de almacenamiento, que antes de la década de 1950 era solo de 2 a 2,4 m. Adicionalmente, la mayoría de los productos en las áreas de almacenamiento

hasta ese momento consistían en combustibles ordinarios. La introducción de materiales plásticos aumentó el riesgo de incendio, ya que el calor de la combustión de estos es de dos a tres veces mayor que el de los combustibles ordinarios.

En vista de estas innovaciones, FM Global llevó a cabo una investigación en la década de 1950 que dio lugar a dos cambios importantes en la protección contra incendios. El primero fue la introducción del rociador automático de aspersión (*spray*), modificando el deflector para descargar casi toda el agua hacia el suelo en forma parabólica (los rociadores anteriores descargaban más o menos 50 % del agua hacia el techo). El segundo cambio importante fue la introducción del concepto de diseño de densidad/área. Dicho concepto identificó una tasa específica de flujo por rociador para todos los que operan dentro de un área indicada.

A diferencia del método *Pipe Schedule*, el concepto de densidad/área requiere que se evalúe el suministro de agua para verificar que pueda proporcionar el flujo y presión necesarios para el diseño del sistema.

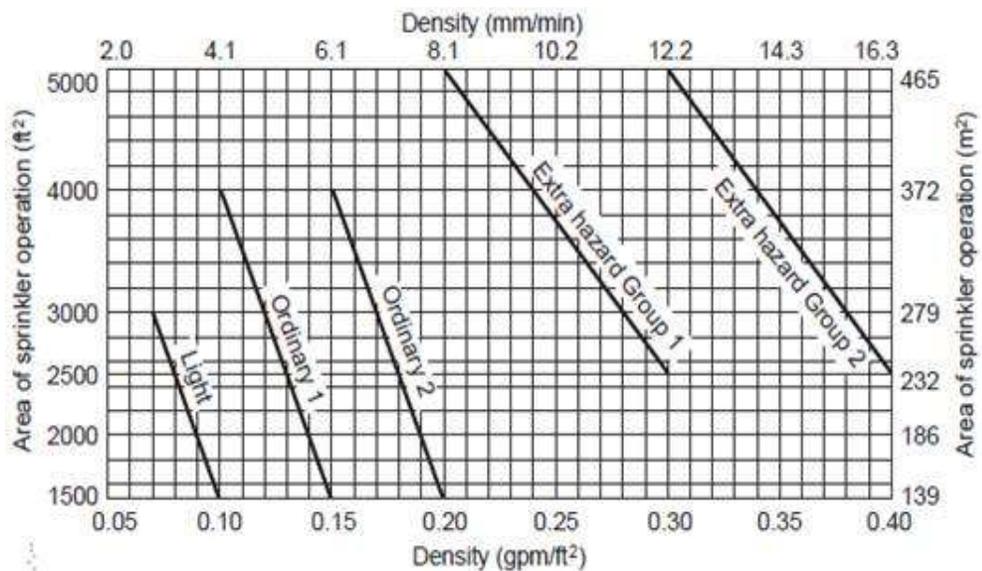
En la década de 1970 y anteriores, los cálculos hidráulicos se realizaban a mano, a menos que se tuviera acceso a una costosa computadora con software de análisis hidráulico instalado. Debido a esto, se construyeron principalmente sistemas tipo árbol. Ocasionalmente, se podría diseñar un sistema con un alimentador en lazo y ejecutar un cálculo de *Hardy-Cross*, pero este proceso requería mucho tiempo sin una computadora. En la década de 1980, con el advenimiento de la computadora personal y programas de cálculo disponibles, pudieron realizarse análisis hidráulicos de los sistemas de rociadores, y se volvieron frecuentes los sistemas tipo parrilla.

Según la norma NFPA 13, los cálculos hidráulicos para determinar la demanda de agua del sistema de rociadores deben ser realizados mediante uno de los siguientes criterios, a discreción del diseñador:

- De acuerdo con el método densidad/área de 11.2.3.2, obtenido de la norma NFPA 13.
- De acuerdo con el método cuarto de diseño de 11.2.3.3, obtenido de la norma NFPA 13.
- Áreas de diseño especial con base en 11.2.3.4, obtenidas de la norma NFPA13.

En los tres casos se utilizan las curvas densidad/área, las cuales se muestran a continuación:

Figura 1. **Densidad-área**



Fuente: NFPA 13. Norma para la Instalación de sistemas de rociadores. p. 34.

Como puede observarse, en esta figura se representa la densidad de descarga desde los rociadores, expresada en gpm/ft^2 (lpm/m^2), versus el área de operación de los rociadores, expresada en ft^2 (m^2), lo que se conoce como área de diseño. Las líneas representan gráficamente múltiples puntos de diseño para cada clase de riesgo de ocupación; a cada punto de una línea corresponde un área donde se presume operarán los rociadores y que descargarán un determinado volumen de agua.

Acto muy importante en el proceso de diseño de los sistemas de rociadores es determinar de manera más precisa posible el riesgo de ocupación (ligero, ordinario grupos 1 y 2, y extra-grupos 1 y 2), en vista de que, si esto no se realiza adecuadamente, el sistema no logrará controlar el incendio, dado que la densidad de descarga podría ser menor que la requerida.

3.2.3. Método de densidad/área

Una vez determinado el riesgo de ocupación, la disposición de los rociadores y las tuberías de acuerdo con los requisitos de la norma (NFPA 13), el diseñador del sistema puede seleccionar un Área de Diseño en el eje vertical de la gráfica.

- Para riesgo ligero se puede seleccionar cualquier valor entre 1,500 ft^2 ($139 m^2$) y 3,000 ft^2 ($279 m^2$);
- Para riesgo ordinario se puede seleccionar entre 1,500 ft^2 ($139 m^2$) y 4.000 ft^2 ($372 m^2$) y
- Para riesgo extra se puede seleccionar entre 2,500 ft^2 ($232 m^2$) y 5,000 ft^2 ($465 m^2$).

Después de seleccionar el área de diseño, lo siguiente es proyectar sobre la línea del riesgo de ocupación apropiada y luego proyectar hacia el eje horizontal para obtener la densidad de descarga requerida; cualquier punto a la derecha también es aceptable.

Puede notarse en la gráfica que las áreas más pequeñas corresponden a densidades más altas y viceversa. Las densidades más altas generalmente darán como resultado tuberías ramales de mayor diámetro, pero tuberías principales de menor diámetro y requerimiento de suministro de agua. Aunque una mayor densidad también requiere una mayor presión, generalmente se considera superior en términos de control del fuego y se espera que lo confine a un área más pequeña, reduciendo la cantidad total de rociadores en operación. Al seleccionar un área de diseño pequeña también resulta, generalmente, un sistema más económico.

El área de diseño es independiente del tamaño de la edificación. La característica básica es que debe ser la zona “hidráulicamente más demandante” del sistema.

Dentro del área de diseño se incluye una cantidad de rociadores. Teóricamente, cada rociador cubre una cierta área de protección, que es el área de piso sobre la cual se asume que el rociador descargará, para propósitos del cálculo. El flujo requerido desde un rociador es determinado por esa área cubierta, multiplicada por la densidad de descarga.

En resumen, el proceso de cálculo hidráulico mediante el método densidad/área comienza seleccionando un área de diseño, que junto con la clasificación de riesgo da una densidad de descarga que debe ser garantizada por el suministro de agua en todos los rociadores incluidos en el área de diseño.

Para este caso se utilizará el método de cálculo hidráulico, teniendo como base lo indicado por la norma NFPA 13, incisos 5 -3.5.4, los cuales señalan que, el área mínima de diseño debe de ser $89 m^2$.

3.3. Procedimiento de cálculo hidráulico

Para el diseño de rociadores para el CUDEP se utilizará el método de cálculo hidráulico; como primer paso se realizará el diseño de distribución de los rociadores en cada edificio, tomando en consideración los siguientes aspectos:

- Seleccionar el tamaño del área de operación de rociadores (área de diseño): esta es el área donde se considera que los rociadores se abrirán para descargar agua en un incendio. Los demás rociadores permanecerán cerrados. El área de diseño es la hidráulicamente más demandante.
- Determinar la densidad de diseño requerida; la densidad de diseño es la mínima cantidad de agua que debe ser descargada desde cada rociador y es expresada en gpm/m^2 de área de piso. La densidad de diseño estará basada en la clase de riesgo y en el área de diseño, de acuerdo con las gráficas de área/densidad de la norma NFPA 13.
- Determinar el área de cobertura de rociadores; el área de cobertura se calcula conociendo la distancia entre rociadores y la distancia entre ramales. Se aplica la siguiente fórmula:

$$Ar = S \times L$$

Donde:

Ar: área protegida por cada rociador

S: distancia entre rociadores

L: distancia entre ramales

Establecer el número de rociadores contenido en el área de diseño, además de conocer el tamaño del área de diseño, también debe conocerse cuántos rociadores se incluyen en dicha área.

3.3.1. Área de diseño

En los capítulos anteriores se determinó que el CUDEP tiene un riesgo ordinario II, por lo que se puede asumir un área de diseño de $1\,500\text{ pie}^2$ (139 m^2) con una densidad mínima requerida de $0,2\text{ gpm}/\text{pie}^2$ ($8,1\text{ mm}/\text{min}$).

- El área de cobertura de rociadores dependerá del rociador elegido; el de reacción rápida tiene un área de cobertura de $9,3\text{ m}^2$
- La norma NFPA 13 requiere que el área de diseño tenga la forma de un rectángulo, con su lado más largo de al menos 1,2 veces la raíz cuadrada del área de diseño, es decir:

$$W = 1,2 * \sqrt{A_d}$$

Donde:

W = longitud de área de diseño

Ad = área de diseño

Al aplicar esta fórmula se tiene:

$$W = 1,2 * \sqrt{139\text{ m}^2}$$
$$W = 1,2 * \sqrt{139\text{ m}^2} = 14,14\text{ m}$$

En la práctica, muchas veces el área de diseño no adquiere realmente la forma de un rectángulo, sino que se forman dos rectángulos contiguos.

Generalmente esto obedece a que en dicha área se debe incluir una cierta cantidad de rociadores, que viene dada por el área de cobertura de los mismos. Esta cantidad se obtiene mediante la siguiente relación:

$$N_{ra} = A_d/A_r$$

Donde:

N_{ra} = cantidad de rociadores en área de diseño

A_d = área de diseño

A_r = área de cobertura de rociadores

$$N_{ra} = 139 \text{ m}^2 / 9,3 \text{ m}^2 = 15 \text{ rociadores}$$

El área de diseño estará conformada por 15 rociadores; este es el punto más crítico del presente diseño, ya que con base en esto se iniciarán los cálculos para obtener las pérdidas y al final tener el dato para la selección de la bomba.

La norma NFPA 13 también establece que el lado más largo del área de diseño debe extenderse en la dirección de los ramales. Por supuesto, en esa longitud tendrá un número de rociadores, lo que se determina dividiendo dicha longitud y la distancia entre rociadores.

$$N_{rl} = W/S$$

Donde:

N_{rl} = cantidad de rociadores en el lado largo

W = longitud del área de diseño.

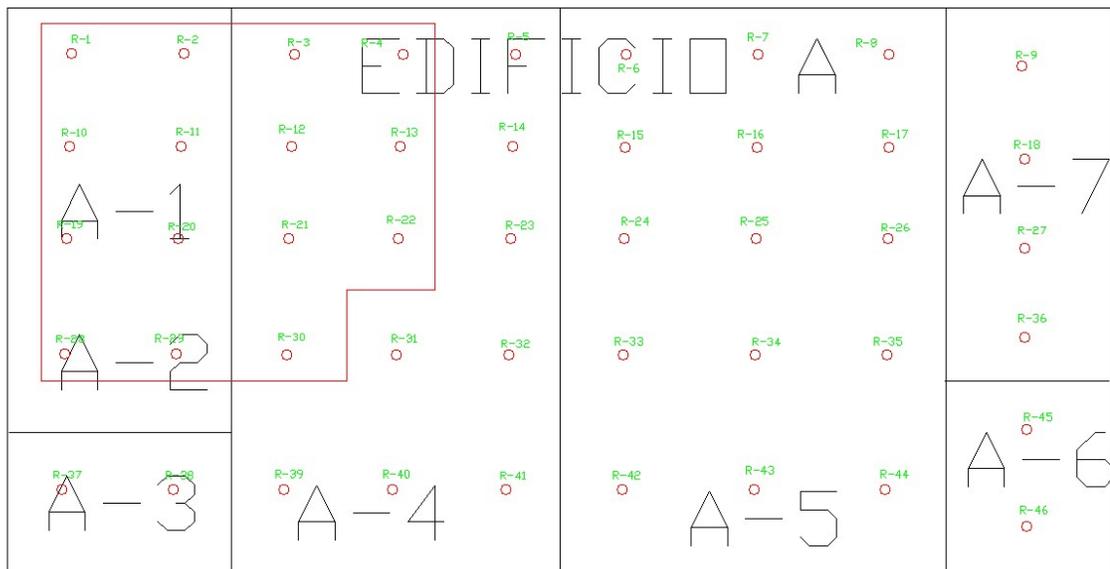
S = separación entre rociadores (en el presente caso es 3,7 m, por el área de cobertura del rociador $9,3 \text{ m}^2$).

Aplicando la fórmula se tiene:

$$N_{rl} = 14,14/3,7 = 4 \text{ rociadores}$$

Si se tiene un total de 15 rociadores para el área de diseño, se obtendrá un diseño de 4 ramales (3 ramales con 4 rociadores y uno con 3); al seleccionar el edificio A, debido a la distancia donde se instalará el cuarto de bomba, se tiene lo siguiente:

Figura 2. Edificio "A" área de diseño



Fuente elaboración propia, empleando el programa AutoCAD.

Como se observa en la figura 2, ya se tiene una distribución de rociadores en el edificio A, en este caso se tomó la distancia de 3,7 m entre rociadores y 1,85 entre rociador y pared, en total se tienen 46 rociadores, a continuación, se debe de diseñar la tubería, se debe de tomar en cuenta, que es limitado la cantidad de rociadores que puede soportar un diámetro de tubería, como referencia se utilizará la siguiente tabla.

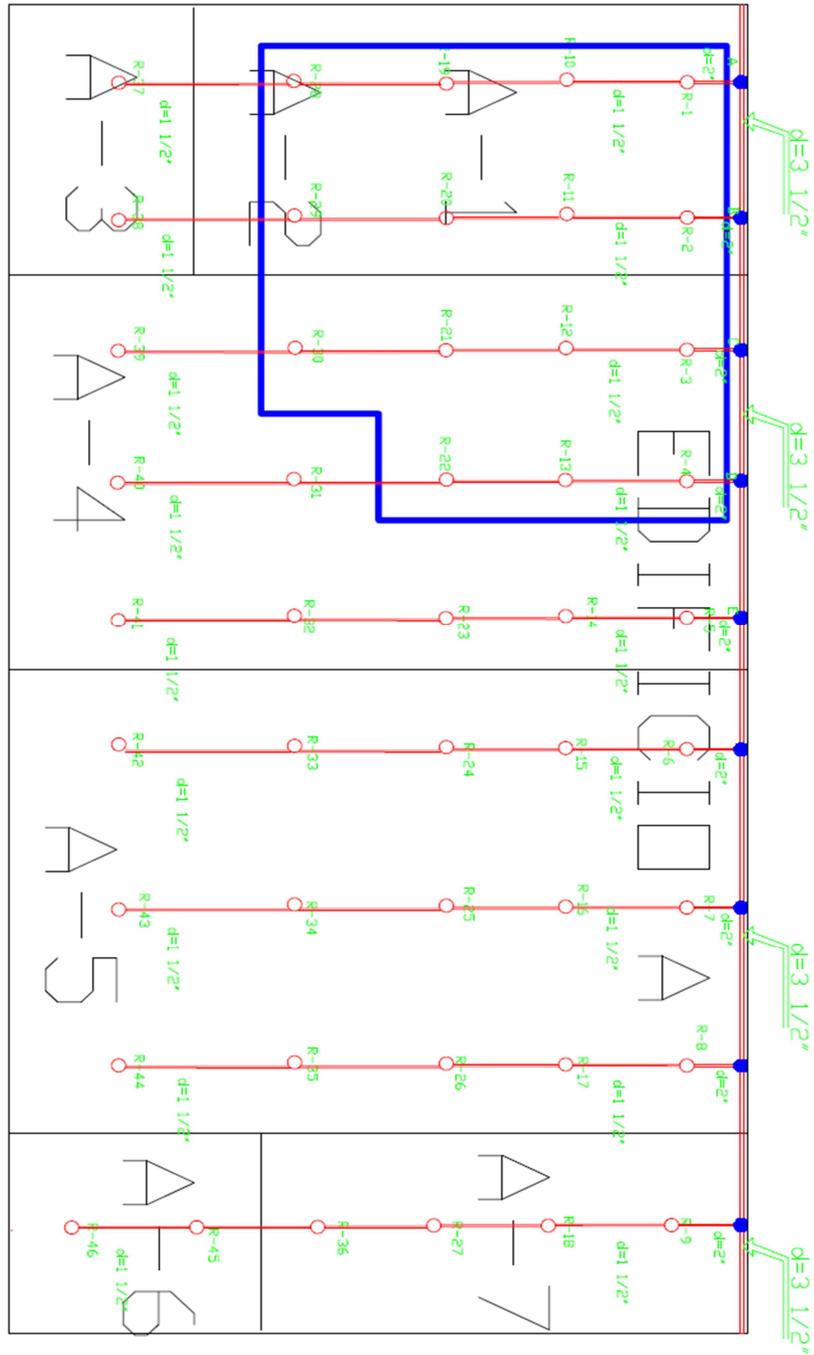
Tabla I. **Cantidad de rociadores/diámetro de tubería**

Tabla 22.5.3.4					
ACERO			COBRE		
Diámetro en pulgadas	Diámetro en centímetros	Cantidad de rociadores	Diámetro en pulgadas	Diámetro en centímetros	Cantidad de rociadores
1	2,54	2	1	2,54	2
1 1/4	3,175	3	1 ¼	3,175	3
1 1/2	3,81	5	1 ½	3,81	5
2	5,08	10	2	5,08	12
2 1/2	6,35	20	2 ½	6,35	25
3	7,62	40	3	7,62	45
3 1/2	8,89	65	3 ½	8,89	75
4	10,16	100	4	10,16	115
5	12,7	160	5	12,7	180
6	15,24	275	6	15,24	300

Fuente: NFPA 13. *Norma para la Instalación de sistemas de rociadores*. p. 34.

Utilizando la tabla II como referencia se pueden determinar diámetros de tuberías para el sistema de rociadores, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3. **Plano de distribución de tubería y rociadores**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD.

A continuación, se debe de calcular el caudal mínimo requerido en el primer rociador R-28 (es el más lejano); este se determina multiplicando la densidad de descarga por el área de cobertura del rociador:

$$Q_{28} = D_d \times A_r$$

$$Q_{28} = 0,2 \text{ gpm/pie}^2 * 116 \text{ pie}^2 = 23 \text{ gpm}$$

$$D_d = 0,2 \text{ gpm/pie}^2$$

$$A_r = 9,3 \text{ m}^2 \text{ (116 pie}^2 \text{)}$$

Se calcula la presión de R-28;

$$Q_{28} = k\sqrt{P}$$

Despejando se tiene:

$$P_{28} = (Q_1/k)^2$$

$$P_{28} = (23 \text{ gpm}/5,6)^2 = 17 \text{ psi}$$

$$P_{28} = 17 \text{ psi}$$

NFPA 13 prescribe una presión mínima de 7 psi, por lo que el último rociador tendrá una presión adecuada. Se calcula la pérdida por fricción entre los rociadores R-28 y R-19, se utiliza la fórmula de Hazen-Williams;

$$P_{f28-19} = 4,52 * (Q^{1,85} / (C^{1,85} * D^{4,87}))$$

$$P_{f28-19} = 4,52 * \left(\frac{23^{1,85}}{130^{1,85} * 1,5^{4,87}} \right) = 0,0254 \text{ psi/pie}$$

Se multiplica por la distancia entre los 2 rociadores:

$$P_{f28-1} = 0,03 \frac{\text{psi}}{\text{pie}} * 12,136 \text{ pies} = 0,309 \text{ psi}$$

Donde:

P (f) = pérdida en psi/pie

Q = caudal medido *gpm*

D (f) = diámetro interior en pulgadas

Para el coeficiente C se tiene la siguiente tabla, tomando como referencia el hierro fundido nuevo; la C = 130.

Tabla II. **Coficiente de hierro nuevo**

Material	C mín	C máx	Referencia
Asbesto-cemento	140	140	-
Hierro fundido nueva	130	130	1
Hierro fundido 10 años	107	113	1
Hierro fundido 20 años	89	100	1
Hierro fundido 30 años	75	90	1
Hierro fundido 40 años	64	83	1
Concreto	100	140	1
Cobre	130	140	1
Acero	90	110	-
Hierro galvanizado	120	120	1
Polietileno	140	140	1
Policloruro de vinilo (PVC)	150	150	1
Plástico fibroreforzado (FRP)	150	150	1

Fuente. Scribd. *Tipos de tuberías más usuales, con su rugosidad y tipo de unión.*

<https://es.scribd.com/document/170143192/Tipos-de-tuberias-mas-usuales>. Consultad: 30 de septiembre de 2019.

A continuación, un resumen de los datos obtenidos en el rociador 28:

$$Q_{28} = 23 \text{ gpm}$$

$$P_{28} = 17 \text{ psi}$$

$$P_{f28-1} = 0,309 \text{ psi}$$

A continuación, se debe de calcular la presión en P_{19} que es la sumatoria de la presión en $P_{28} + P_{f28-1}$; sustituyendo valores se tiene:

$$P_{19} = 17 \text{ psi} + 0,309 \text{ psi} = 17,309 \text{ psi}$$

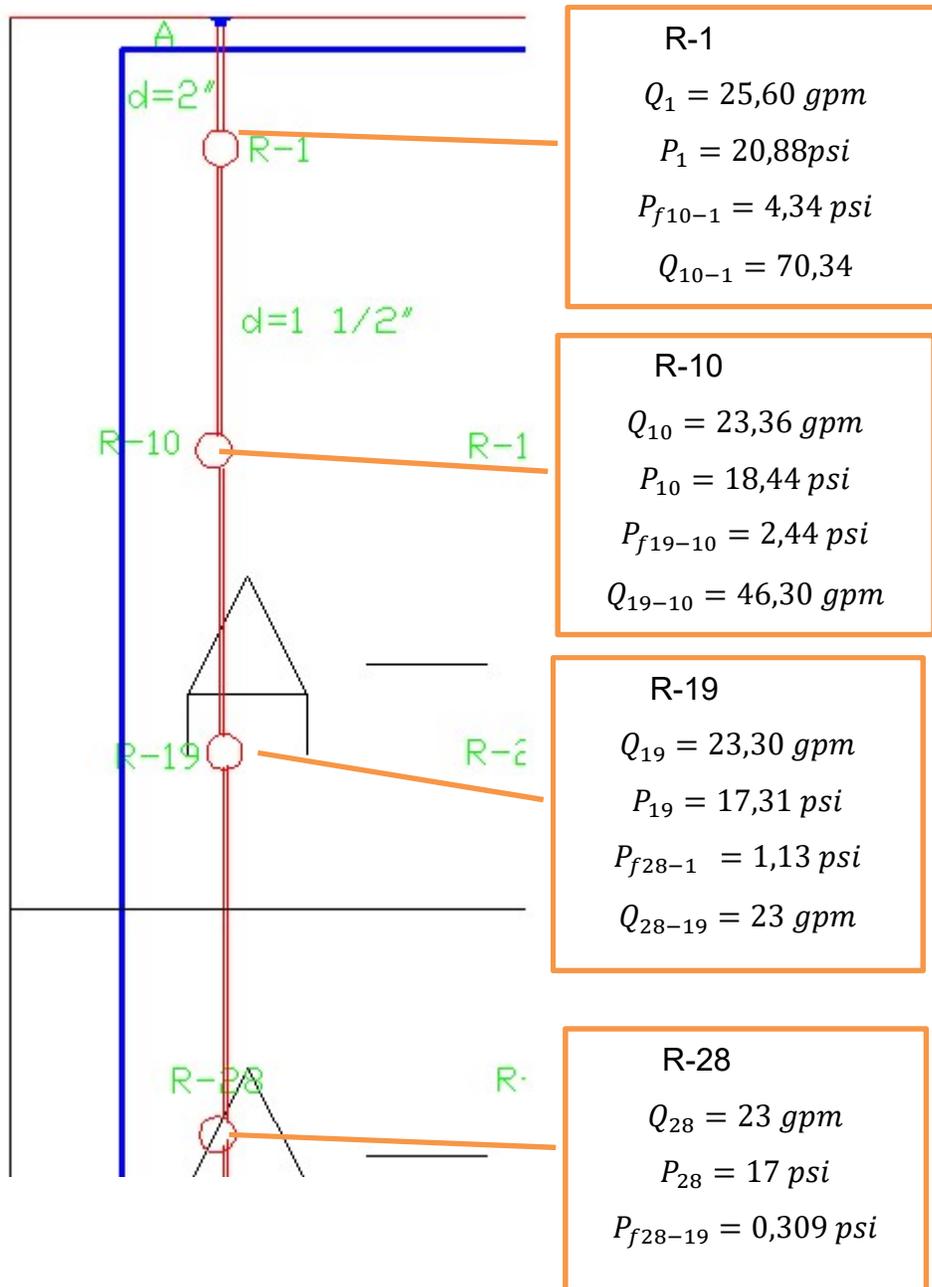
Siguiendo el mismo método se debe de calcular la presión y caudal hasta el rociador R-1; utilizando una tabla de cálculo se obtienen los datos siguientes:

Tabla III. **Resumen de cálculos a R-1**

Rociador	Caudal (gpm)	Presión (psi)	Caudal en tubería. Entre rociadores (gpm)	Pérdida (psi)
28	23	17	23	0,31
19	23,30	17,31	46,30	2,44
10	24,05	18,44	70,34	4,34
1	25,60	20,88	124,06	0,46

Fuente: elaboración propia, empleando el programa Excel.

Figura 4. Distribución de datos en plano



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD.

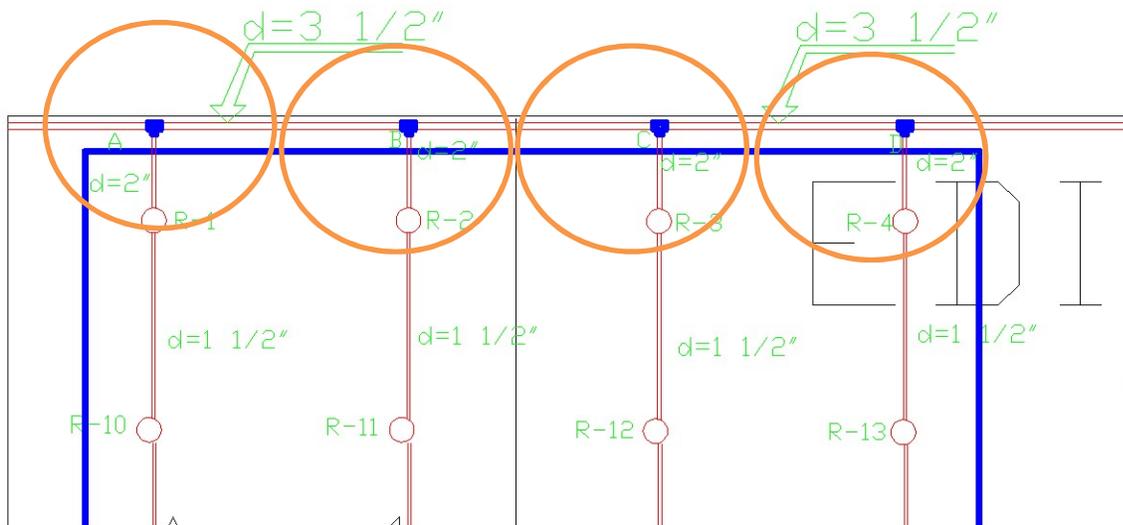
Con los valores en el rociador 1 (R-1), se deben obtener los del punto A; se obtendrá una intersección, de modo que:

$$P_A = P_1 + P_{f1-A} = 20,88 + 4,34 = 25,22 \text{ psi}$$

Para la intersección del ramal con el colector, la presión y el caudal del punto intersección (A) se puede determinar un factor K, utilizando la ecuación de flujo por orificios:

$$k = Q_{1-A} / \sqrt{P_A} = 95,93 / \sqrt{25,22} = 19,10$$

Figura 5. **Vista de intersecciones**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD.

Como se observa en la figura 5 todas las intersecciones son iguales; por lo que el valor k no varía; a continuación, se calcula la pérdida por fricción entre los

puntos A y B, tomando en cuenta que el caudal que pasa por estos puntos es el mismo que en el rociador 1:

$$P_{fA-B} = 4,52 \left(\frac{95,93^{1,85}}{130^{1,85} * 3,5^{4,87}} \right) = .006 \frac{psi}{pie} * 12,136 \text{ pies} = 0,70 \text{ psi} .$$

$$P_B = 25,22 \text{ psi} + .070 \text{ psi} = 25,30 \text{ psi}$$

Cuando se tiene la presión en el punto B, debe calcularse el caudal que sale hacia el ramal conectado en el punto B; esto se puede determinar con la ecuación de flujo por orificio, utilizando el factor K obtenido anteriormente (k = 19,10); por lo tanto:

$$Q_{B-2} = k \sqrt{P_B} = 19,10 * \sqrt{25,30} = 96,07 \text{ gpm}$$

$$Q_{B-2} = 93,07 \text{ gpm}$$

La presión en el punto C es la suma entre la pérdida por fricción entre los puntos B y C más la presión en el punto B, tomando en consideración que el caudal que pasa por los puntos B y C es la suma de los caudales que pasan por las mismas intersecciones;

$$Q_{B-C} = Q_A + Q_{B-2} = 95,93 \text{ gpm} + 93,09 \text{ gpm} = 189 \text{ gpm}$$

$$Q_{B-C} = 189 \text{ gpm}$$

$$P_{fB-C} = 4,52 \left(\frac{189^{1,85}}{130^{1,85} * 3,5^{4,87}} \right) = .020 \frac{psi}{pie} * 12,136 \text{ pies} = 0,25 \text{ psi}$$

$$P_C = P_{fB-C} + P_B = 0,25 \text{ psi} + 25,30 \text{ psi} = 25,55 \text{ psi}$$

Se calcula el caudal que sale hacia el ramal conectado en el punto C; utilizando la fórmula flujo por orificio y el factor k calculado se tiene:

$$Q_{C-3} = k \sqrt{P_C} = 19,10 * \sqrt{25,55} = 96,07 \text{ gpm}$$

$$Q_{C-3} = 96,54 \text{ gpm}$$

Se repite el mismo procedimiento para calcular el caudal en el punto D hacia el rociador 4, de modo que se tiene:

$$Q_{C-D} = Q_B + Q_{C-3} = 189 \text{ gpm} + 96,54 \text{ gpm} = 285,54 \text{ gpm}$$

$$Q_{C-D} = 282,54 \text{ gpm}$$

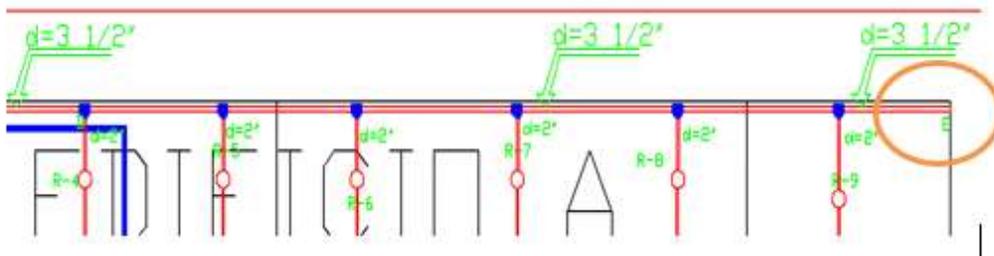
$$P_{f_{C-D}} = 4,52 \left(\frac{285^{1,85}}{130^{1,85} * 3,5^{4,87}} \right) = .034 \frac{\text{psi}}{\text{pie}} * 12,136 \text{ pies} = 0,53 \text{ psi}$$

$$P_D = P_{f_{C-D}} + P_C = 0,53 \text{ pis} + 25,55 \text{ psi} = 26,08 \text{ psi}$$

$$Q_{D-4} = k \sqrt{P_D} = 19,10 * \sqrt{26,08} = 97,54 \text{ gpm}$$

$$Q_{D-4} = 97,54 \text{ gpm}$$

Figura 6. Tramo entre punto D y E



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD.

Por último, se debe calcular la presión en el punto E; teniendo en cuenta que el caudal en el punto E es la suma de todos los caudales se tiene:

$$Q_E = Q_A + Q_B + Q_C + Q_D = 95,93 + 93,09 + 96,07 + 97,54 = 382,63 \text{ gpm}$$

$$P_{fD-E} = 4,52 \left(\frac{382,63^{1,85}}{130^{1,85} * 3,5^{4,87}} \right) = .070 \frac{\text{psi}}{\text{pie}} * 44 \text{ pies} = 3,28 \text{ psi}$$

$$P_E = P_{fD-E} + P_D = 3,28 \text{ psi} + 26,08 \text{ psi} = 29,36 \text{ psi}$$

La demanda del sistema para el CUDEP es:

$$Q_E = 382,63 \text{ gpm @ } 29,36 \text{ psi}$$

3.3.2. Cálculo de pérdida en resto de sistema por EPANET

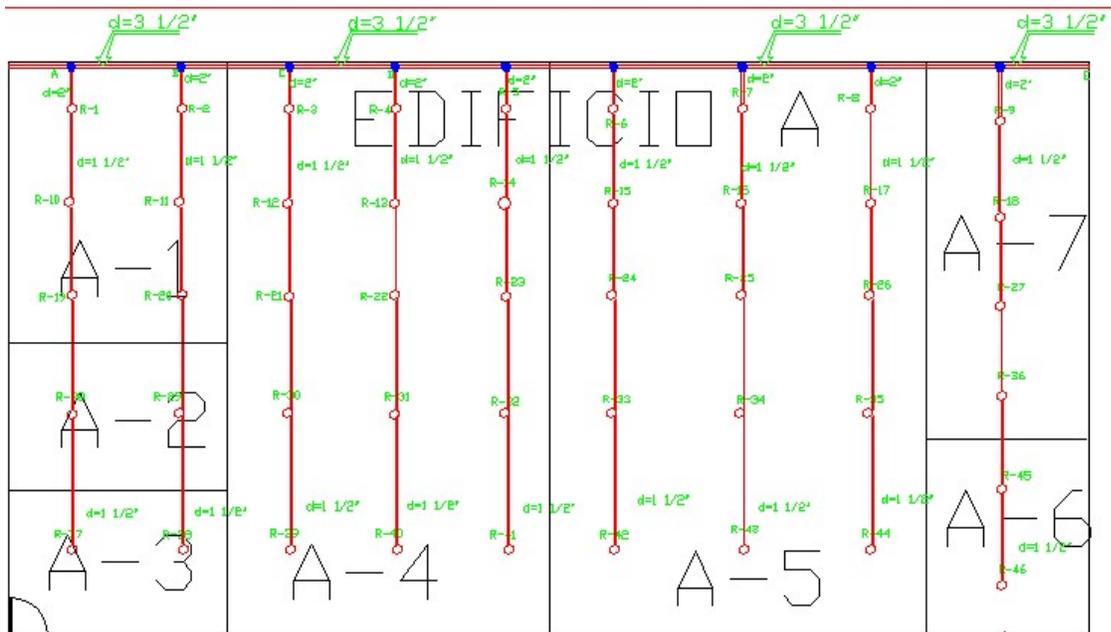
EPANET es un programa para computador que sirve para realizar el análisis de sistemas de distribución de agua potable. El programa es de dominio público y ha sido desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

El programa es capaz de trabajar con períodos de simulación sobre hidráulica y el comportamiento de la calidad de las aguas dentro de una red presurizada; además de estar diseñada para ser una herramienta de investigación que mejore el conocimiento del movimiento y destino del agua potable y sus constituyentes en una red de aguas. Si bien fue diseñado para agua potable también puede ser utilizado para el análisis de cualquier fluido no compresible con flujo a presión. La primera versión de EPANET fue lanzada en 1993.

EPANET 2 está también disponible como programa de código libre en C. Este paquete informático es usado por muchas compañías de software, que lo incorporan dentro de sus paquetes propietarios, centrados a menudo en sistemas GIS. El archivo de entrada de EPANET, el "inp" que representa la conexión de la red y los consumos, es usado por muchos programas comerciales y está ampliamente reconocido.

Para realizar el cálculo el resto del sistema se va a utilizar EPANET simulando un número determinado de rociador y ver que el sistema opera de una manera adecuada; para ello se tomarán los planos del edificio "A" y se calcularán las pérdidas de las tuberías.

Figura 7. Plano de edificio A, con diámetro y cantidad de rociadores



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD.

Con base en la figura anterior, se tiene el diseño en EPANET.

Tabla IV. Resumen de pérdidas en tuberías

ID Línea	Longitud pies	Diámetro pulg	Rugosidad m/pies	Coef. Medio	Coef. Pared	Caudal GPM	Velocidad pies/s	Pérdida Unit. pies/K.pie	Factor Fricción	Veloc. Reacción mg/l/día	Calidad	Estado
Tubería 2	800	8	120	0	0	383.08	2.45	20.23	0.145	0.00	0.00	Abierta
Tubería 3	12	3.5	120	0	0	383.08	12.77	2388.12	0.275	0.00	0.00	Abierta
Tubería 10	12	3.5	120	0	0	383.08	12.77	2388.12	0.275	0.00	0.00	Abierta
Tubería 16	12	3.5	120	0	0	383.08	12.77	2388.12	0.275	0.00	0.00	Abierta
Tubería 22	12	3.5	120	0	0	383.08	12.77	2388.12	0.275	0.00	0.00	Abierta
Tubería 23	12	3.5	120	0	0	383.08	12.77	2388.12	0.275	0.00	0.00	Abierta
Tubería 24	12	3.5	120	0	0	383.08	12.77	2388.12	0.275	0.00	0.00	Abierta
Tubería D	12	3.5	120	0	0	285.54	9.52	1327.02	0.275	0.00	0.00	Abierta
Tubería 46	12	3.5	120	0	0	189.00	6.30	581.55	0.275	0.00	0.00	Abierta
Tubería 47	12	3.5	120	0	0	95.93	3.20	149.94	0.275	0.00	0.00	Abierta
Tubería 57	6	2	120	0	0	95.93	9.80	4427.33	0.495	0.00	0.00	Abierta
Tubería 58	6	2	120	0	0	93.07	9.50	4167.37	0.495	0.00	0.00	Abierta
Tubería 59	6	2	120	0	0	96.54	9.86	4483.79	0.495	0.00	0.00	Abierta
Tubería 60	6	2	120	0	0	97.54	9.96	4577.13	0.495	0.00	0.00	Abierta
Bomba 1	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	383.08	0.00	-910.13	0.000	0.00	0.00	Marcha

Fuente: elaboración propia, empleando el programa EPANET.

3.4. Planos de distribución de rociadores en edificio CUDEP

La norma NFPA 13, que se refiere a la instalación de sistemas de rociadores, distingue entre dos tipos de planos que son elaborados a menudo durante el proceso de diseño. Este concepto que se utiliza en toda la industria se enfoca tanto en los planos preliminares como en los planos de trabajo. Los planos preliminares ofrecen un importante recuento sobre cómo fue diseñado el sistema. Esto puede incluir diseños conceptuales de rociadores, pero se enfoca en las decisiones tomadas durante el proceso de diseño que dará por resultado el sistema que se instale eventualmente.

Los ítems específicos incluidos en los planos preliminares incluyen las clasificaciones de riesgo para varios sectores del edificio o de los bienes de consumo que son almacenados en depósitos o centros de distribución. Los planos preliminares incluyen la información sobre el tipo de sistema (húmedo,

seco, acción previa, entre otros), la densidad requerida, y el suministro de agua, que son fundamentales para el sistema.

En muchos casos, los planos preliminares son elaborados por un ingeniero especializado en protección contra incendios o algún otro profesional de diseño aprobado por la autoridad competente, como parte de un conjunto de planos permitidos. Estos planos no pueden ser utilizados para la instalación final del sistema, pero brindan toda la información crítica para el revisor del de los mismos.

En la preparación de los planos preliminares, el ingeniero u otro diseñador calificado debe tomar en cuenta las inquietudes del propietario, de modo que el sistema de rociadores cumpla con las necesidades actuales y futuras para el uso del espacio previsto por el propietario. Para facilitar este objetivo, el certificado de información del propietario que se muestra en la figura A.23.1 (b) de NFPA 13, está incluido en la norma.

El uso de este certificado asegura que tanto los planos preliminares como los de trabajo den abordaje a los requisitos del proyecto del propietario.

Los planos de trabajo brindan un enfoque mucho más detallado del sistema e incluyen información crítica para el contratista instalador. Los planos de trabajo se elaboran habitualmente utilizando los planos preliminares como punto de partida, y se van agregando detalles a medida que se va terminando la geometría del edificio y las ubicaciones de los otros sistemas del edificio. Los ítems que no aparecerán en los planos preliminares, entre ellos la ubicación y tipo de rociadores, válvulas, tuberías, soportes y otros componentes del sistema, son integrados al conjunto de planos de trabajo. Estos planos, también conocidos como planos de fabricación o documentos de construcción, incluyen la diagramación de todo el sistema junto con sus cálculos hidráulicos.

Dado que estos son los planos que serán utilizados para impulsar la instalación del sistema, la autoridad competente o el revisor de los mismos debe aprobarlos antes de comenzar la instalación. La NFPA 25, inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de protección contra incendios a base de agua, establece que el propietario debe retener los planos iniciales de trabajo y las especificaciones para facilitar las actividades necesarias de inspección, prueba y mantenimiento. Mantener a mano estos planos también ayudará a facilitar modificaciones futuras o agregados al sistema de rociadores.

Estos dos tipos de planos cumplen funciones diferentes y críticas en un proyecto de diseño e instalación de rociadores. Las decisiones indicadas en los planos preliminares se extenderán en los más detallados planos de trabajo. Los planos preliminares no deberían ser desestimados como una mera formalidad para obtener un permiso. Es importante para todas las partes interesadas; solo así podrán comprenderse los diferentes objetivos de estos planos, de modo de que puedan ser utilizados de manera más efectiva durante el ciclo de vida de un proyecto. En el anexo se incluyen de manera detallada los planos para cada edificio, con los datos necesarios para su instalación.

4. DISEÑO DE HIDRANTES Y GABINETES CON MANGUERA

4.1. Parámetro de funcionamiento

Los hidrantes y gabinetes con manguera son equipos completos de protección y lucha contra incendios; se instalan de forma fija sobre la pared y están conectados a la red de abastecimiento de agua. Han sido diseñados para edificaciones de cualquier tipo. Incluyen, dentro de un armario, todos los elementos necesarios para su uso tales como: manguera, devanadera (carrete donde se enrolla la manguera), válvula y lanza boquilla, extintor y hacha. Es un sistema eficaz e inagotable para la protección contra incendios, por su eficacia y facilidad de manejo; puede ser utilizado directamente por los usuarios de un edificio en la fase inicial del fuego o incendio para mitigar su extensión.

4.1.1. Tipos de gabinete

Existen 3 clases de gabinetes que se explican a continuación.

4.1.1.1. Gabinetes contra incendio tipo I

Gabinete metálico para equipo contra incendio fabricado en lámina calibre 20 mm, procesado en pintura base anticorrosiva de color rojo. Está provisto de marco en lámina y chapa universal. En su interior se alojan los siguientes equipos:

- Válvula angular tipo globo 2 1/2" x 2 1/2" NPT, sin tapa
- Soporte tipo canastilla para manguera gabinete

- Manguera contra incendio de 2 1/2" de 100 pies (30 m)
- Boquilla de chorro neblina en policarbonato de 2 1/2"
- Hacha pico de 4 1/2 libras
- Llave Spanner de dos servicios
- Extintor de polvo químico seco ABC multipropósito de 20 libras

4.1.1.2. Gabinetes contra incendios tipo II

Gabinete metálico para equipos contra incendio fabricado en lámina calibre 20, procesado en pintura base anticorrosiva de color rojo. Está provisto de un marco en lámina, chapa universal. En su interior se alojan los siguientes equipos:

- Válvula angular tipo globo 1 1/2"
- Soporte tipo canastilla para manguera gabinete
- Manguera contra incendio de 1 1/2" de 100 pies (30 m). Certificación UL.
- Boquilla de chorro neblina de 1 1/2". Certificación UL. Hacha pico de 4 1/2 lb.
- Llave Spanner doble servicio
- Extintor de polvo químico seco ABC multipropósito de 10 libras

4.1.1.3. Gabinetes contra incendios tipo III

Gabinete metálico para equipos contra incendio fabricado en lámina calibre 20, procesado en pintura base anticorrosiva de color rojo. Provisto con marco en lámina, chapa universal. En su interior se alojan los siguientes equipos:

- Válvula angular tipo globo 1 1/2"NPT.
- Válvula angular tipo globo 2 1/2" NPT, con tapa
- Soporte tipo canastilla para manguera gabinete

- Manguera contra incendio de 1 1/2" de 100 pies (30 m)
- Boquilla de chorro neblina de 1 1/2"
- Hacha pico de 4 1/2 lb.
- Llave Spanner de dos servicios
- Extintor de polvo químico seco ABC multipropósito de 10 libras

4.1.1.4. Gabinetes para extintor

Sirven para proteger los extintores de robos, vandalismo y manipulación innecesaria de los extintores; se pueden encontrar para extintores de 4 y 6 kg (35*70*21 centímetros) y 9 y 12 Kg (40*78*23 centímetros).

4.2. Hidrantes exteriores

Un hidrante contra incendios, según se definía en las normas UNE 23405 a 23407, sustituidas actualmente por las normas UNE-EN 14339 "Hidrantes contra incendio bajo tierra" y UNE-EN 14384 "Hidrantes de columna", es un aparato hidráulico conectado a una red de abastecimiento, destinado a suministrar agua en caso de incendio en todas las fases del mismo, a mangueras o a monitores directamente acoplados a él, o bien a tanques o bombas de los servicios de extinción; siempre está situado en el exterior de los edificios.

La norma UNE-EN 14384 lo define más escuetamente como "conexión a un suministro de agua que incluye una válvula de aislamiento o seccionamiento". El hidrante contra incendios es el diseñado para suministrar agua para la lucha contra incendios durante todas las fases del fuego. Existen dos tipos de hidrantes: de columna y bajo nivel de tierra (o de arqueta).

4.2.1. Hidrantes de columna

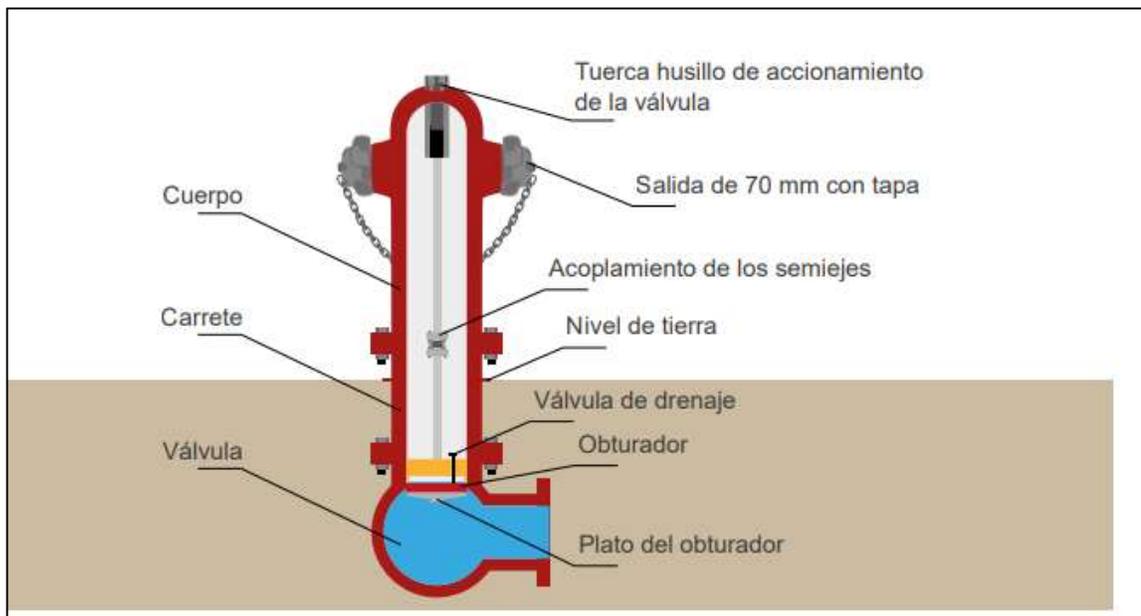
En estos hidrantes las bocas de conexión se encuentran sobre el nivel del terreno, en una columna que emerge del suelo; mientras que en los hidrantes que están bajo nivel de tierra las bocas se encuentran por debajo del nivel del terreno, siendo necesario levantar la tapa de la arqueta para acceder a sus bocas. A su vez, ambos tipos de hidrantes pueden ser: húmedos y secos; la diferencia consiste en que el cuerpo del hidrante se encuentre con agua o no, cuando el hidrante no se utiliza. Esta característica es importante en aquellos lugares donde puede haber heladas.

Los hidrantes de columna están constituidos esencialmente por un conjunto de válvulas; el cuerpo de la columna propiamente dicha, y las salidas de agua dotadas con racores de conexión para las mangueras. Pueden ser de columna húmeda o seca.

En el caso de los hidrantes de columna seca, la pieza denominada carrete une la cabeza o cuerpo, que es la parte superior del hidrante que emerge del suelo, con la válvula; su función es ajustar la distancia entre estos dos componentes, que viene condicionada por las características del terreno y la necesidad de instalación a una profundidad determinada como guía para la instalación, uso y mantenimiento de los sistemas de hidrantes exteriores contra incendios, por el régimen de temperaturas de la zona donde se instala, para evitar su rotura por fuertes heladas.

También son apropiados donde los hidrantes pueden ser golpeados por vehículos en movimiento, ya que la rotura de la columna produciría una fuga de agua y la inutilización de la instalación hasta que pueda ser reparada.

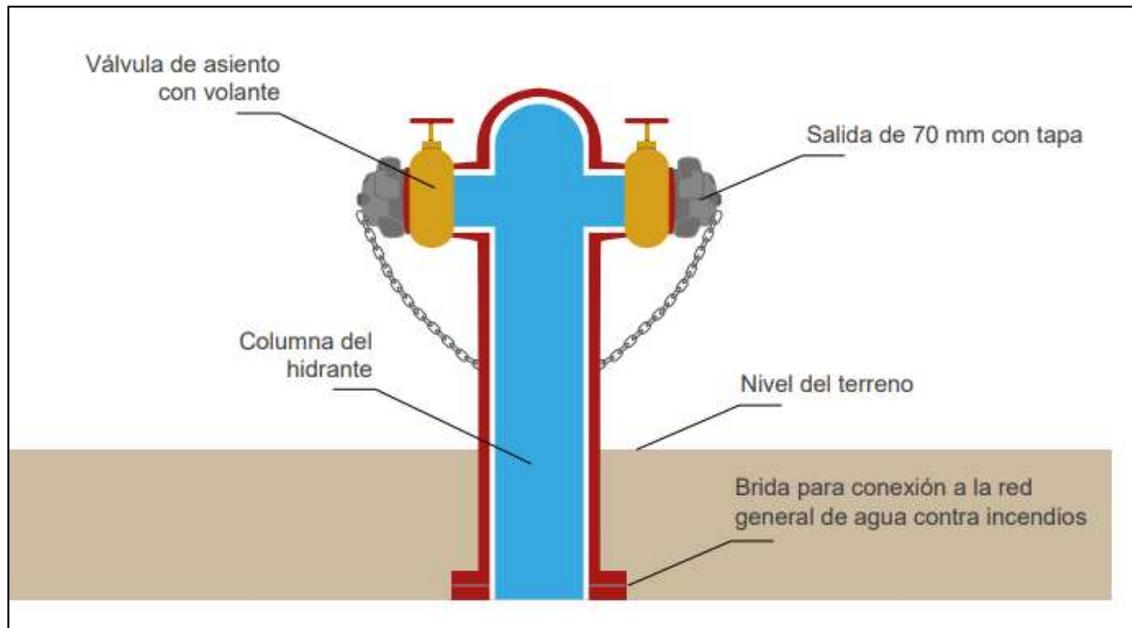
Figura 10. **Hidrante de columna seca con dos salidas de 70 mm**



Fuente: CONRED, Guillermo; VIDAL Joan. *Sistema de hidrantes exteriores contra incendio*.
https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/P1E16009-Gu%C3%ADa-Sistemas-de-hidrantes-exteriores-contra-incendios_Asepeyo.pdf. Consulta: 18 octubre 2019.

Se clasifican según el diámetro nominal de la brida de conexión, en hidrantes de 80 mm, 100 mm y 150 mm. Las salidas disponibles en los hidrantes de 80 (3"); son 2 de 45 mm y 1 de 70 mm; mientras que en los hidrantes de 100 mm (4") y 150 mm (6"), son 2 de 70 y 1 de 100 mm.

Figura 11. **Hidrante de columna húmeda**



Fuente: CONRED Guillermo; VIDAL Joan. *Sistema de hidrantes exteriores contra incendio*. https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/P1E16009-Gu%C3%ADa-Sistemas-de-hidrantes-exteriores-contra-incendios_Asepeyo.pdf. Consulta: 18 octubre 2019.

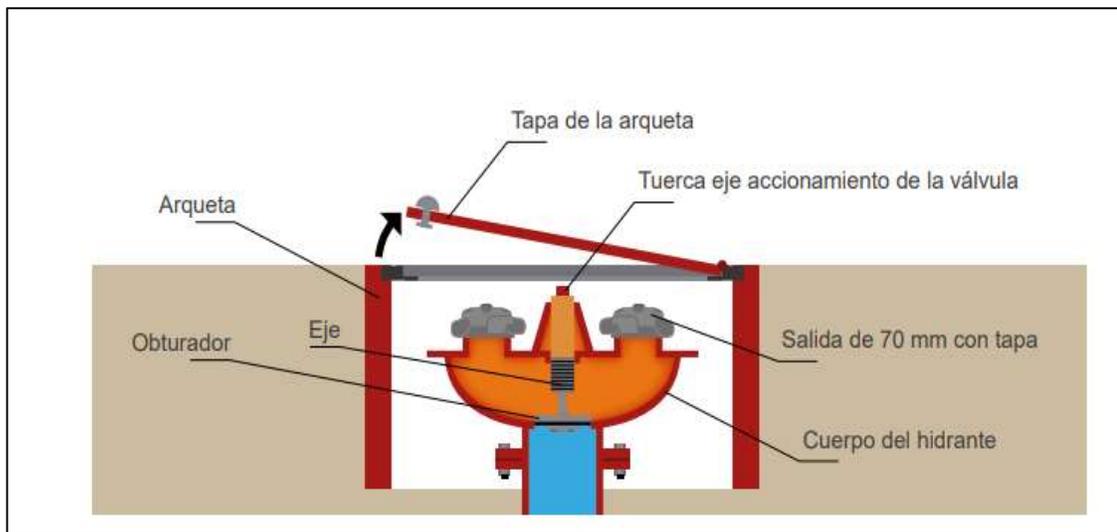
A diferencia de los hidrantes más comunes, los hidrantes de nueva generación tienen las bocas de salida inclinadas, formando un ángulo de 15° respecto de la perpendicular al cuerpo del hidrante, lo cual evita el colapso de las mangueras y facilita la utilización por la brigada de extinción.

4.2.2. **Hidrantes bajo nivel de tierra**

Los hidrantes bajo nivel de tierra se denominan también de arqueta. Tienen todas las tuberías, válvula de apertura, salidas y racores alojados en la arqueta al nivel del suelo, provista de una tapa, que hay que quitar para acceder a las mismas. Se dispone de hidrantes con una única salida de 100 mm y otros que tienen dos salidas de 70 mm. Pueden ser también húmedos y secos. En este

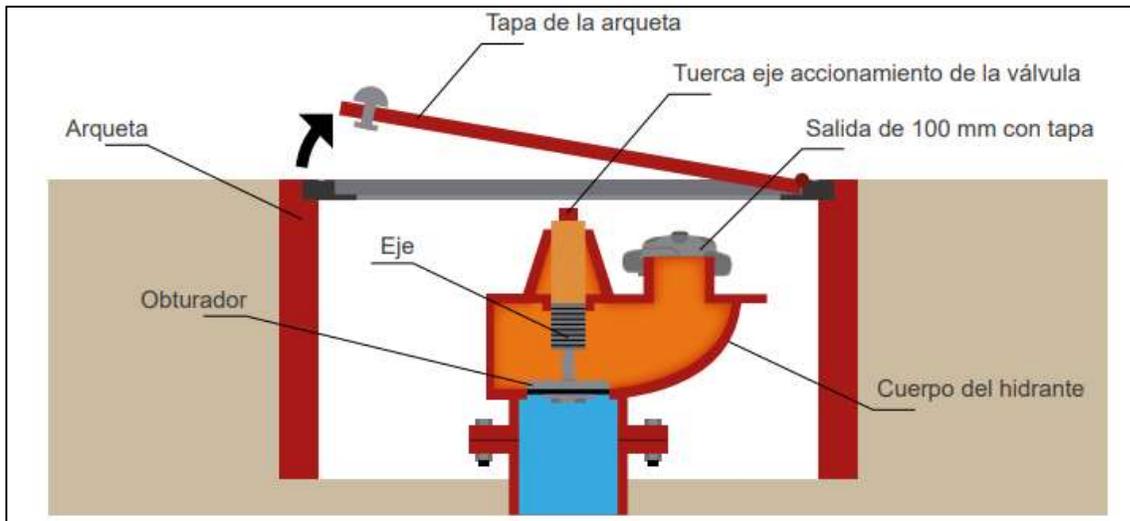
último caso disponen también de carrete y cuerpo de válvula, similares a los hidrantes de columna seca, excepto los elementos de protección contra daños mecánicos.

Figura 12. **Hidrante de arqueta con dos salidas de 70 mm**



Fuente: CONRED Guillermo; VIDAL Joan. *Sistema de hidrantes exteriores contra incendio*.
https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/P1E16009-Gu%C3%ADa-Sistemas-de-hidrantes-exteriores-contra-incendios_Asepeyo.pdf. Consulta: 18 octubre 2019.

Figura 13. **Hidrante público de arqueta**



Fuente: CONRED Guillermo; VIDAL Joan. *Sistema de hidrantes exteriores contra incendio*. https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/P1E16009-Gu%C3%ADa-Sistemas-de-hidrantes-exteriores-contra-incendios_Asepeyo.pdf. Consulta: 18 octubre 2019.

4.2.2.1. **Parámetros de diseño: presión y caudal**

En el caso de los edificios industriales, el sistema de hidrantes se diseñará con base en los criterios del apartado 7 del anexo III, “Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios”, del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los establecimientos Industriales (RSCIEI) aprobado por RD 2267/2004: el tipo de edificio (A, B, C, D y E), según la clasificación establecida en el apartado 1 del anexo i del reglamento.

El riesgo intrínseco de la actividad industrial y la superficie del sector de incendios y cuándo deben instalarse, se harán según lo establecido en la tabla del apartado 7, en la que se indica que: el caudal mínimo necesario, con valores

mínimos de 500 litros/minuto y máximo de 3 000 litros/minuto, y el tiempo de autonomía de la reserva de agua del sistema, con valores comprendidos entre 30 y 90 minutos, según el tipo de edificio y nivel de riesgo intrínseco de la actividad industrial. En todos los casos, la presión mínima en las bocas de salida será de 5 bares, cuando se descargue el caudal de diseño.

Los parámetros de diseño de las redes de hidrantes para edificios de uso no industrial aplicados en la protección de los edificios que fueron construidos bajo las exigencias de la Norma Básica de la Edificación – Condiciones de Protección contra Incendios NBE-CPI/96, son los indicados en el artículo 2.4 del apéndice 2: Accesibilidad y entorno de los edificios, con las condiciones siguientes, para los edificios construidos antes del 29 de septiembre de 2006.

4.2.2.2. Cálculo de caudal y presión para la red de hidrantes y gabinetes del CUDEP

Para el cálculo de caudal mínimo requerido por el sistema de incendio se tendrá en cuenta un caudal de 500 l/m (132 gpm) por boca de incendio abierta, la cantidad de bocas que se van a considerar dependerá del tipo de riesgo determinado

Tabla V. Caudal mínimo

Riesgo	Superficie (S) m ²			Tiempo en minutos
	1,000<S<2,500 gpm	2,500<S <10,000 Gpm	10,000<S<20,000 gpm	
Leve	198	364	396	30
Moderado grupo I	264	364	396	45
Moderado, grupo II	264	396	528	60
Alto riesgo	793	528	793	60

Fuente: elaboración propia.

La guía técnica publicada por el Círculo de Ingeniero de Riesgos (Buenos Aires, Argentina), en el capítulo 3, determina que la actividad de riesgo leve se incluye en esta categoría a las actividades caracterizadas por la inexistencia de almacenamiento y la ausencia de manufacturas o procesos industriales. Se trata de establecimientos con cargas de fuego bajas y riesgo intrínseco también bajo.

Ejemplos:

- Auto hoteles y hospedajes
- Clubes deportivos y sociales
- Establecimientos religiosos
- Establecimientos de enseñanza
- Establecimientos de salud
- Museos

Con base en lo anterior el riesgo del presente proyecto es leve. Verificar los datos de la tabla IV.

4.3. Requisitos del cálculo hidráulico

El cálculo hidráulico y tamaño para cada tubería vertical debe estar basado en la provisión de 250 *gpm*, en las dos conexiones de manguera hidráulicamente más remotas en la tubería vertical y en la salida más alta de cada una de las otras tuberías verticales a la presión residual mínima requerida en la sección 7.8 de NFPA 14.

4.3.1. Tipos de sistemas

A continuación, se describen los diversos tipos de sistemas.

4.3.1.1. Sistema clase I

Debe estar provisto con conexiones de manguera de 65 mm (2 ½ pulgadas) en las instalaciones siguientes:

- En el descanso intermedio más alto entre niveles de piso, en todas las escaleras de salida requeridas.
- En cada lado del muro adyacente a las aberturas de las salidas horizontales.
- En edificios que no sean galerías cubiertas, en cada pasadizo de salida a la entrada de las áreas del edificio al pasadizo.
- En edificios de galería cubierta, a la entrada de cada pasadizo de salida o corredor de salida y en el lado interior de entradas públicas, desde el exterior a la galería.
- En el descanso más alto de las escaleras con acceso a un techo y en techos con un desnivel de menos 3, en donde las escaleras no dan acceso al techo.

4.3.1.2. Sistema clase II

Los sistemas clase II deben estar provistos con estaciones de manguera de 38 mm (1½ pulgadas) de modo que todas las partes de cada nivel de piso del edificio estén dentro de 39,7 m (130 pies) de una conexión de manguera provista con manguera de 38 mm (1½ pulgada) o dentro de 36,6 m (120 pies) de una

conexión de una manguera provista con manguera de menos de 3,8 mm (1½ pulgadas).

Las distancias deben ser medidas a lo largo de la ruta de recorrido originada desde la conexión de manguera.

4.3.1.3. Sistema clase III

Deben ser provistos con conexiones de manguera como lo requieren los sistemas clase I y clase II, donde el edificio está protegido a través de un sistema de rociadores automáticos aprobado en concordancia con NFPA 13. No son requeridas estaciones de manguera clase II. Las limitaciones de distancia de recorrido de 39,7 m (130 pies) no aplican al sistema clase III.

Para sistemas clase III instalados sin manguera, los requisitos de suministro de agua deben ser los especificados para sistema clase I.

4.4. Requisitos de instalación

En el sistema de acueducto de la empresa municipal de agua potable de Flores, se diseñan y construyen actualmente para la red de distribución secundaria, líneas de derivación de hidrantes donde se requiera proporcionar un caudal considerable en caso de incendio, vaciar la tubería en caso de cortes de servicio y proporcionar un método para probar las capacidades de flujo del sistema de distribución. Para todas las derivaciones, conexiones o empalmes a las tuberías de acueducto que se encuentren en operación y donde sea necesario el intercalado de hidrantes sin suspender el servicio, debe emplearse una tee partida para realizar la derivación a la línea del hidrante. Para la instalación e

intercalado de hidrantes en redes que aún no están en servicio se debe usar una tee común, de acuerdo con el material de la tubería de la línea principal.

En los casos especiales en los que la red de distribución tenga un diámetro nominal mayor a 300 mm (12”), como primera opción se debe verificar si existe una red paralela de un diámetro menor y realizar en esta la conexión para el hidrante: en caso contrario se puede hacer la conexión en la red de diámetro mayor a 300 mm (12”).

Las instalaciones de hidrantes se componen de varios elementos, los cuales pueden variar en tipo, dimensión y cantidad, dependiendo de las condiciones de presión, del diámetro de la red y del material de la tubería de la red de acueducto. La empresa municipal de agua potable de Flores, determina en sus diseños cuáles instalaciones deben llevar elementos adicionales. Los elementos mínimos necesarios para la instalación de la línea principal son los siguientes:

- Tubería
- Tee o tee partida
- Válvula(s) de compuerta elástica
- Niples de conexión
- Conjunto hidrante: codo, barril e hidrante
- Tuercas y tornillos o espárragos, Además, se debe contar con un equipo especial para perforar la tubería y que permita extraer el pedazo de tubería cortado.

En los esquemas 4, 5, 6 y 7 del anexo se ilustra la configuración, ubicación y posición general de cada elemento, así como las distancias mínimas requeridas.

4.4.1. Proceso de instalación

El hidrante se debe instalar totalmente vertical en el andén, alejado de obstáculos que impidan su correcto uso en caso de incendio y que al ser utilizados como descargas no ocasionen problemas a los vecinos y no interfieran los accesos a viviendas.

Los hidrantes de dos (2) boquillas laterales se deben instalar de modo que, estas queden paralelas al cordón o andén; los hidrantes de tres (3) boquillas deben quedar con la boquilla mayor (4 ½") hacia el cordón, es decir que la salida de la boquilla debe estar de cara a la calle para permitir una rápida conexión en caso de incendio; las boquillas laterales deben estar a la altura necesaria para permitir la conexión de mangueras y el funcionamiento de la llave del hidrante; además, deben ser muy visibles tanto de día como de noche y sin obstrucciones en todo momento.

4.4.2. Distancias mínimas requeridas en el montaje

Los hidrantes deben instalarse cada 200 m en zonas residenciales con una densidad poblacional menor a 150 hab/ha, en zonas con una densidad poblacional superior a 150 hab/ha cada 150 m; en zonas industriales y comerciales donde haya hospitales o escuelas deben ser a cada 100 m. Los hidrantes deben quedar a una distancia mínima de 1,70 m entre la cara exterior de la tubería de la línea de conexión y el eje del hidrante.

Cuando se coloquen en el andén no deben instalarse a una distancia mayor que 0,5 m del borde exterior hacia adentro. Las boquillas del hidrante deben estar a 0,40 m del nivel del piso, como se muestra en los esquemas 4 y 5, y las bridas deben estar a 50,8 mm (2") como mínimo del suelo, para permitir el desmontaje en caso de mantenimiento

4.4.3. Excavaciones y llenos

Se refiere a las actividades necesarias para la ejecución de las excavaciones y su clasificación, tales como llenos, botada de tierra, control de aguas y otras actividades que usualmente se presentan en la construcción.

4.4.3.1. Excavaciones

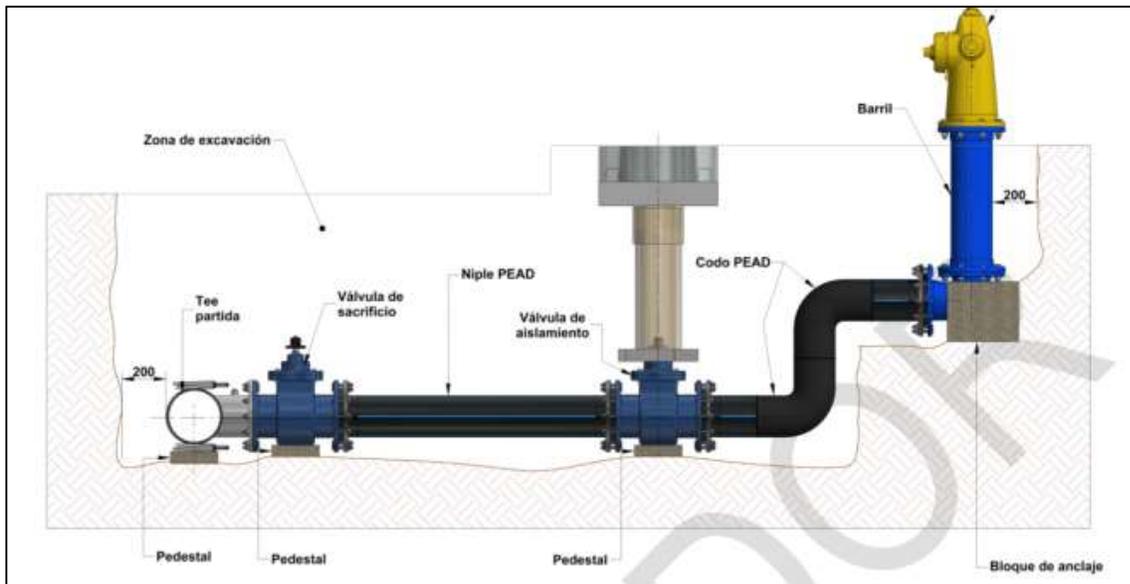
Comprende en general, toda clase de excavación necesaria para la construcción de las obras mostradas en los planos. Las excavaciones se ejecutarán de acuerdo con las líneas y pendientes que se muestran en los planos.

Antes de iniciar la instalación o intercalado del hidrante se debe realizar la excavación del nicho de investigación para conocer la profundidad de la red y el material de la tubería de la red secundaria y verificar la ubicación de otras redes que puedan interferir en la instalación; el nicho debe hacerse de ancho y largo de 0,60 m x 0,60 m y máximo hasta 1,00 m x 1,00 m, con una profundidad tal que permita obtener el máximo de información sobre el material del subsuelo, y sobre las características y el estado de las redes, para dar cumplimiento con lo establecido en la "NC-MN-OC03-03:", que se refiere a los nichos de investigación.

Una vez determinada la profundidad y el material de la tubería, se realiza la excavación del nicho donde se debe ubicar la tee, la tubería y el hidrante.

Este nicho debe tener un ancho de entre 0,60 m y 1,00 m y una longitud mínima de 1,70 m que permita el ingreso y operación del equipo de perforación; la profundidad del nicho debe ser la misma a la cual se encuentra la tubería de la red secundaria más 0,20 m por debajo de la cota, para permitir la instalación de la tee y todos los demás elementos bridados.

Figura 14. **Detalles de la excavación en suelos**



Fuente :Grupo EPM. *Norma de construcción de instalación e intercalado de hidrantes.*
https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Aguas/NC_AS_IL01_18_Instalacion_e_intercalado_de_hidrantes.pdf?ver=2018-06-14-114205-670, Consulta: 25 noviembre 2019.

4.4.3.2. Llenos

Se debe realizar un lleno con arenilla libre de piedras y elementos agudos desde el fondo de la excavación, hasta la ubicación de los bloques de concreto o bloque prefabricado donde se apoyará la tubería de PVC; este lleno se debe compactar mediante herramienta liviana, de forma tal que no afecte la válvula y la tubería; por encima de esta capa se debe realizar un relleno bien sea con material proveniente de la excavación (siempre que sea apto para tal fin, según los requerimientos de la “NC-MN-OC03-01 que se refiere a excavaciones) o con material granular de préstamo hasta llegar al nivel del solado de concreto donde se apoya la cara inferior del dado o cilindro de concreto; este lleno y su

compactación se debe hacer en capas de entre 0,30 m y 0,40 m y compactarse de forma mecánica.

El interventor o encargado de EPM debe ser quien tome la decisión de la utilización del material de excavación para lleno, de acuerdo con las condiciones en que se encuentre el material; debe verificarse si este cumple con los requisitos de la NC-MN-OC03-01, de lo contrario se tendrá que realizar con material de préstamo. Posteriormente debe ponerse el cordón, vaciar la acera o instalar la zona verde.

4.5. Especificaciones y planos

El diseño del sistema de tubería vertical está determinado por la altura del edificio, la clasificación de ocupación del área por piso, el diseño del sistema de evacuación, la tasa de flujo requerida y presión residual y la distancia de conexión de manguera desde la fuente de suministro de agua.

4.5.1. Especificaciones

- La presión máxima en cualquier punto en el sistema no debe de exceder de los 350 psi (24 bares).
- Cuando la presión residual en una salida de 38 mm (1½ pulgadas), sobre una conexión de manguera exceda a 6,8 bares (100 psi), debe proveerse un dispositivo de regulación de presión aprobado para limitar la presión residual del flujo a 6,8 bares (100 psi). (Esto es requerido en la sección 7.10 de NFPA 14).

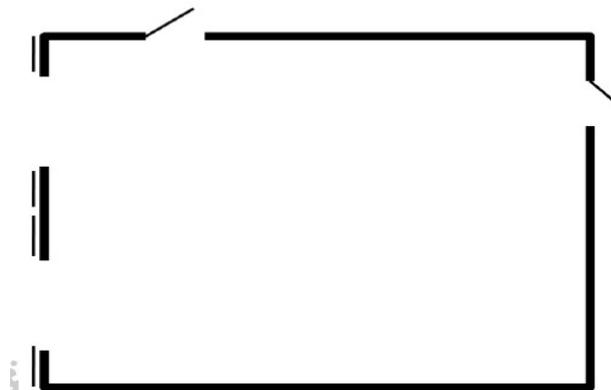
- Cuando se han utilizado dispositivos de regulación de presión del sistema en lugar de proveer bombas separadas, debe permitirse que múltiples zonas sean alimentadas por una sola bomba y por dispositivos de regulación de presión bajo las condiciones siguientes:
 - Permitirse el uso del dispositivo regulador de presión para controlar la presión en las zonas bajas.
 - Debe ser positivo un método para aislar el dispositivo regulador de presión para mantenimiento y reparación.
 - Es necesario que estén dispuestos los dispositivos reguladores, de modo que la falla de uno solo no permita presiones en exceso de 175 psi (12,1 bares) en más de dos conexiones de manguera.
 - Debe ser instalada una derivación de igual dimensión alrededor del dispositivo regulador de presión, con una válvula de control normalmente cerrada.

4.5.2. Planos

- Los planos deben de ser claros, legibles y dibujados a escala.
- Los dibujos deben mostrar la localización, disposición suministro de agua, equipo y todos los otros detalles necesarios para establecer el cumplimiento de la norma NFPA 14.
- Los planos deben incluir especificaciones que cubran las características de los materiales usados y describir todos los componentes del sistema.

Con la información anterior se inicia el diseño en AutoCAD de la distribución de hidrantes y gabinetes con manguera; como ejemplo se tomará lo siguiente:

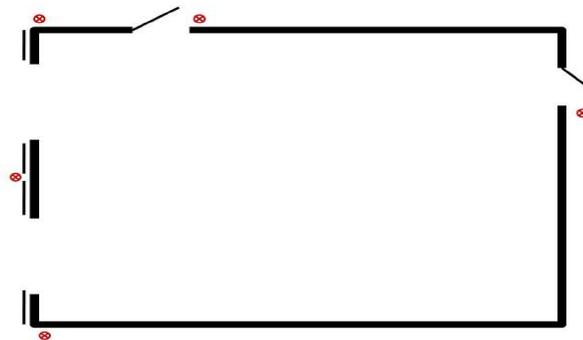
Figura 15. **Ejemplo plano de planta**



Fuente: BOTA, Néstor Adolfo. *Diseño de sistema de hidrantes fijos*. p.21.

- Etapa 1:
 - Paso 1: ubicar hidrantes
 - Ubicar hidrantes al acceso del edificio

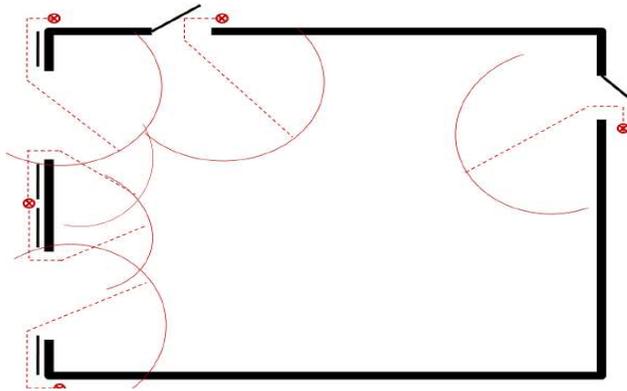
Figura 16. **Ubicación de hidrantes en entradas al edificio**



Fuente: BOTA, Néstor Adolfo. *Diseño de sistema de hidrantes fijos*. p.21.

- Paso 1.2: marcar en el plano la cobertura de cada hidrante en función de la longitud de la manguera que se va a instalar.

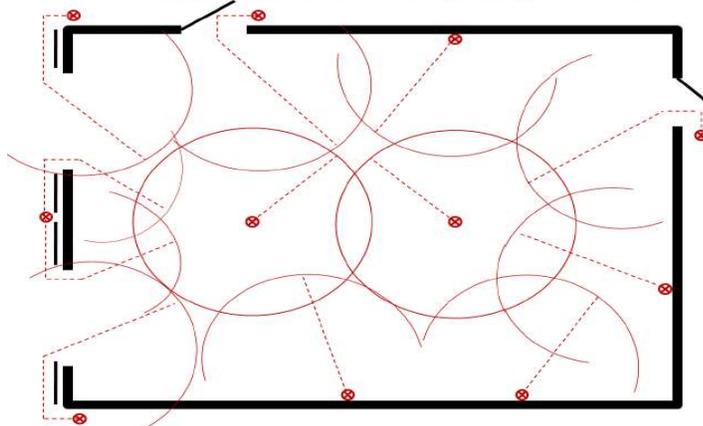
Figura 17. Cobertura de hidrantes



Fuente: BOTA, Néstor Adolfo. *Diseño de sistema de hidrantes fijos*. p.22.

- Paso 1.3: agregar más hidrantes para lograr el objetivo de cobertura del 100 % de la superficie del piso con manguera.

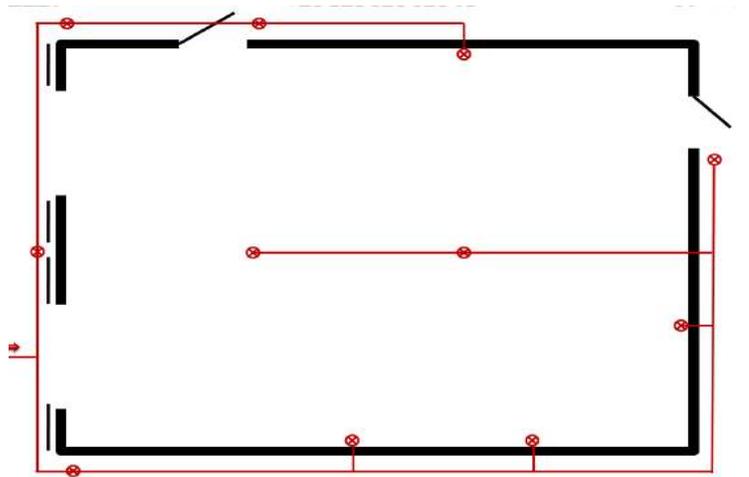
Figura 18. Cobertura total de edificio



Fuente: BOTA, Néstor Adolfo. *Diseño de sistema de hidrantes fijos*. p.23.

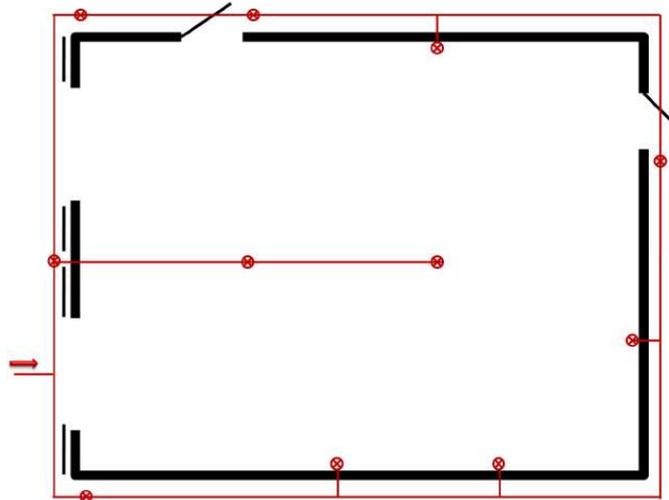
- Paso 2: unir los hidrantes mediante tuberías. Primero se deberá definir la forma constructiva de la misma, y se podrá optar entre la forma de anillo, ramal, o anillo con derivaciones en ramales.
- Para realizar este paso deberá determinarse el área de ubicación del tanque de abastecimiento de agua; de acuerdo con dicha ubicación, va a variar el diseño de la red de incendios.
- Se parte del plano con la ubicación de los hidrantes.

Figura 19. **Diseño en forma de ramal**



Fuente: BOTA, Néstor Adolfo. *Diseño de sistema de hidrantes fijos*. p.23.

Figura 20. **Diseño en forma de anillo con bifurcaciones internas**



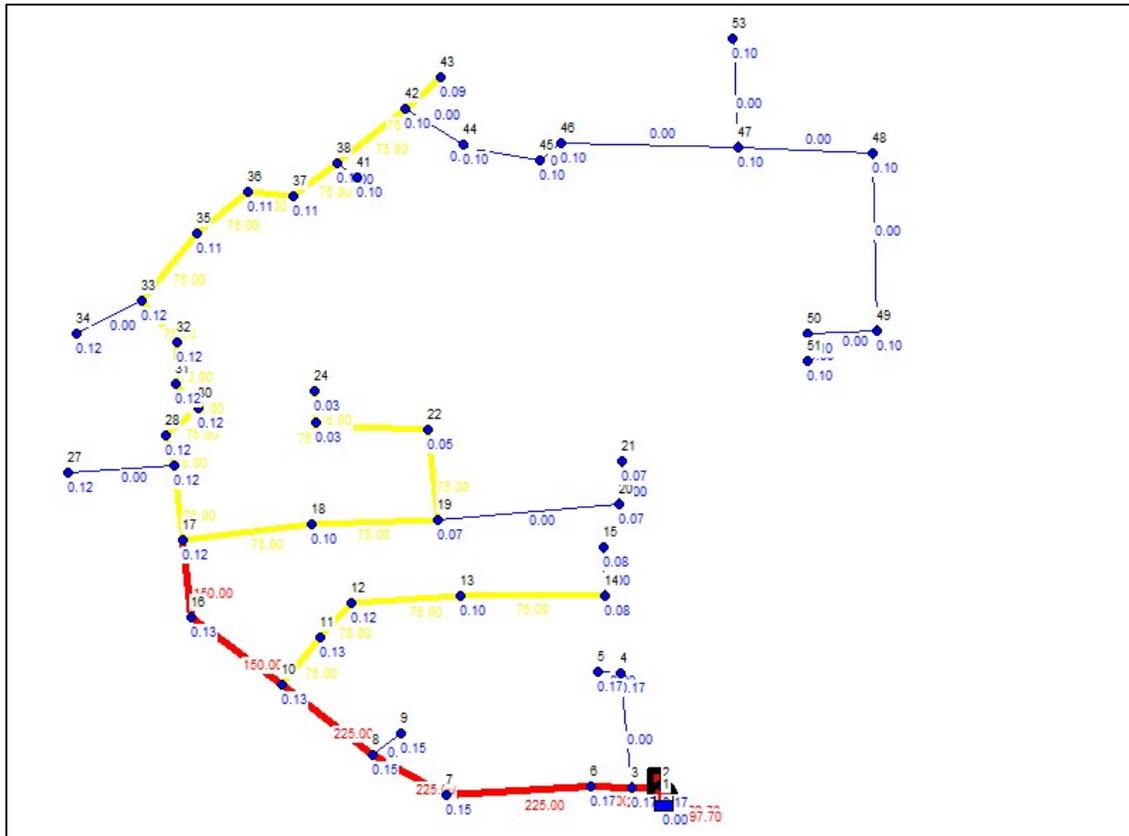
Fuente: BOTTA, Néstor Adolfo. *Diseño de sistema de hidrantes fijos*. p.24.

Con base en este ejemplo se puede iniciar el diseño de los hidrantes de los edificios de CUDEP.

4.6. Cálculos hidráulicos, por medio del programa EPANET 2.0

Para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema de hidrantes se realizarán los cálculos por el programa EPANET, cuyos parámetros fueron descritos con anterioridad. En la siguiente figura se observa la distribución de la tubería que alimenta cada hidrante.

Figura 21. Diagrama de distribución de tubería de hidrantes



Fuente; elaboración propia, empleando el programa EPANET 2.0.

La tabla resumen se encuentra en los apéndices, donde se incluyen los detalles de diámetro de tubería, pérdidas y longitudes.

5. DISEÑO DEL CUARTO DE BOMBAS

La NFPA requiere que para los sistemas de extinción se cuente con un suministro de agua confiable, en cuanto a caudal y presión; aunque no lo establece específicamente, de manera general para cumplir este requisito se recurre a la utilización de bombas contra incendio, que junto con un conjunto de equipos y accesorios se instalan en un cuarto de bombas. NFPA tampoco impone el tipo de bombas que se debe instalar, ya sea por accionamiento con motor eléctrico o por máquina diésel, pero establece los requisitos con que debe cumplir la disposición e instalación de estas.

La norma que rige las pautas y requerimientos para la instalación, control y operación de las bombas contra incendio es la NFPA 20, *Standard for the installation of stationary pumps for fire protection*. (Instalación de bombas estacionarias para protección contra incendios).

En este capítulo se exponen los componentes básicos que debe comprender el arreglo normalizado de una instalación de bombas contra incendios, de acuerdo con la norma NFPA 20-2016. Junto con el elemento se indica la sección de dicha norma donde se hace referencia al mismo.

5.1. Parámetros de funcionamientos

El uso de las bombas contra incendio ha evolucionado con el tiempo debido a la necesidad de modernos sistemas de protección como los rociadores automáticos, que exigen mayor suministro de agua. Es así como actualmente las bombas de incendio normal son centrífugas.

Su solidez, fiabilidad, fácil mantenimiento y características hidráulicas, así como la variedad de formas de accionamiento (motores eléctricos, turbinas de vapor y motores de combustión interna), han dejado postergada a otros tipos de bombas que existían antes. Las características destacables de las bombas centrífugas, verticales u horizontales son:

- Poseen elemento giratorio: formado por un eje y uno o varios rodetes.
- Disponen de elemento estacionario (carcasa).
- Tienen elementos de cierre.
- Aumentan la energía del fluido por la acción de la fuerza centrífuga.
- Se adaptan a trabajos que sugieren velocidades altas.
- El líquido sale perpendicular al eje de rotación del álabe o rodete.
- En bombas de alta presión pueden emplearse varios rotores en serie.
- En las bombas de baja presión el difusor es un canal en espiral.
- En el caso de flujos bajos y altas presiones, la acción del rotor es en gran medida radial.
- En flujos más elevados y presiones de salida menores, la dirección de flujo en el interior de la bomba es más paralela al eje del rotor.
- Puede darse un flujo mixto cuando la transición de un tipo de condiciones a otro es gradual, y cuando las condiciones son intermedias.
- Las bombas centrífugas, al contrario que las de desplazamiento positivo, no son auto aspirantes y requieren de cebado previo al funcionamiento.
- Generalmente se considera como tamaño de una bomba centrífuga horizontal al diámetro del orificio de descarga; a veces se indica el tamaño por los diámetros de las bridas de las tuberías, tanto de salida como de aspiración.
- El tamaño de las bombas verticales de turbinas es igual al diámetro de la columna de la bomba.

- Se tiene que considerar potencia efectiva frente a descarga (potencia en caballos de vapor frente a galones por minuto).
- Presentan rendimiento frente a descarga (potencia útil/potencia empleada frente a galones por minuto).
- En la selección de bombas existen otros parámetros como velocidad específica, la cual corresponde al índice para el tipo de bomba, el NPSH o presión de aspiración positiva neta.

5.2. Definiciones

Las definiciones contenidas en este capítulo deberán aplicarse a los términos utilizados en esta norma. Cuando estos no estén definidos se utilizará el significado aceptado comúnmente dentro del contexto en el cual son utilizados. La décimo primera edición del *Merriam- Webster's Collegiate Dictionary*, deberá ser la fuente del significado comúnmente aceptado.

- Aprobado: aceptable para la autoridad competente.
- Autoridad competente (AC): se refiere a una organización, oficina o individuo responsable de hacer cumplir los requerimientos de un código o norma, o de aprobar equipamiento, materiales, instalaciones o procedimientos.
- Listado: se refiere al equipamiento, materiales o servicios incluidos en una lista publicada por una organización aceptable para la autoridad competente y a cargo de la evaluación de productos y servicios, que mantiene inspección periódica sobre la producción de equipamiento, materiales o evaluación de servicios. Estos deben cumplir con los

estándares apropiados designados, luego haber sido puestos a prueba y considerados como aceptables para un propósito especificado.

- Norma: es un documento cuyo texto principal contiene solo estipulaciones obligatorias que utilizan la palabra "deberá" para indicar requerimientos y que se encuentran en una forma generalmente adecuada para referencia obligatoria por parte de otra norma o código o para la adopción como ley. Las estipulaciones no obligatorias deberán encontrarse en un apéndice o anexo, con nota al pie o nota en letra pequeña y no considerarse como parte de los requerimientos de una norma.
- Aditivo: es un líquido tal como concentrados de espuma, emulsificadores y líquidos de supresión de vapores peligrosos y agentes espumosos que se inyectan en el flujo de agua con su respectiva presión o por encima de la misma.
- Circuito de control externo tolerante a las fallas: son aquellos circuitos de control, tanto los que entran como los que salen del gabinete controlador de la bomba contra incendios, que, si se rompen, desconectan o entran en corto, no impedirán que el controlador ponga en marcha la bomba contra incendio desde otros medios internos o externos, o puede provocar que dicho controlador ponga en marcha la bomba bajo estas condiciones.
- Material resistente a la corrosión: se refiere a materiales como bronce, cobre, monel, acero inoxidable u otros materiales equivalentes resistentes a la corrosión.

- Medios de desconexión: es el dispositivo, grupo de dispositivos u otros similares, por medio de los cuales los conductores de un circuito pueden desconectarse de sus fuentes de suministro.
- Motor diésel: es un motor de combustión interna en el cual el combustible se enciende por completo mediante el calor proveniente de la compresión del aire suministrado para la combustión. El motor diésel que funciona mediante aceite combustible inyectado después de que la compresión está casi finalizada, es el tipo usualmente utilizado como impulsor de bomba contra incendio.
- Motor de combustión interna: se refiere a cualquier motor en el cual el medio de trabajo consista en los productos de combustión del aire y del combustible suministrado. Esta combustión, usualmente es producida dentro del cilindro de trabajo, pero puede tener lugar en una cámara externa.
- Controlador de la bomba contra incendio: es un grupo de dispositivos que sirven para controlar de manera predeterminada el encendido y apagado del motor de la bomba contra incendio, para monitorear y señalar el estado y condición de la unidad de la bomba contra incendio.
- Acoplador flexible: se trata de un dispositivo utilizado para conectar ejes u otros componentes de transmisión de torque desde un motor a la bomba, que permite desalineaciones angulares y paralelas menores, restringidas por los fabricantes de bombas y acopladores.

- Carga de agua (cabeza de presión): es la cantidad utilizada para expresar una forma (o una combinación de formas) del contenido de energía del agua por unidad de peso del agua, referida a cualquier dato arbitrario.
- Cabeza total (H), bombas horizontales: se refiere a la medida de incremento de trabajo, por kilogramo (libra) transmitida al líquido por la bomba, y, por lo tanto, la diferencia algebraica entre la cabeza de descarga total y la de succión total. La cabeza total, como se determina en pruebas donde existe la altura de succión, consiste en la suma de la cabeza total de descarga y la altura de succión total. Cuando existe una cabeza de succión positiva, la cabeza total constituye la de descarga total menos la de succión total.
- Cabeza de velocidad: se calcula a partir de la velocidad promedio (v) obtenida al dividir el flujo en metros cúbicos por segundo (pies cúbicos por segundo) por el área real de la sección transversal de tubería en metros cuadrados (pies cuadrados) y determinado en el punto de conexión del manómetro.
- Máxima potencia al freno en caballos de fuerza de la bomba: es la potencia al freno en caballos de fuerza máxima requerida para impulsar la bomba a la velocidad nominal. El fabricante de bombas lo determina mediante una prueba de taller llevada a cabo bajo condiciones de succión y descarga previstas. Las condiciones de campo reales pueden diferir de las condiciones de taller.

5.3. Requerimientos generales

- Aprobación requerida: las bombas estacionarias deberán seleccionarse con base en las condiciones bajo las cuales deben ser instaladas y utilizadas. El fabricante de bombas o su representante autorizado deberán recibir información completa sobre las características del líquido y del suministro de energía y prepararse para su aprobación en un plano completo con información detallada sobre la bomba, impulsor, controlador, suministro de energía, accesorios, conexiones de succión y descarga, y condiciones de almacenamiento de líquido. Cada bomba, impulsor, equipamiento de control, suministro y disposición de energía, y suministro de líquido, deberán ser aprobados por la autoridad competente para las condiciones de campo específicas que se encuentren.
- Operación de la bomba: en caso de que se opere la bomba contra incendio, personal calificado deberá hacerse presente en donde esté ubicada, a fin de determinar que esté funcionando de modo satisfactorio.
- Desempeño de la unidad de bomba contra incendio: la unidad de bomba contra incendio, que consta de una bomba, un impulsor y un controlador, deberá funcionar de conformidad con la presente norma como una unidad completa, cuando haya sido instalada o cuando los componentes hayan sido reemplazados.
- La unidad de bomba contra incendio entera deberá someterse a una prueba de campo que apruebe su desempeño adecuado de conformidad con las estipulaciones de la presente norma. (Ver sección 14.2, norma NFPA 20).

- Prueba de taller certificada: el fabricante deberá entregar al comprador curvas de pruebas de taller certificadas que muestren la capacidad de cabeza y la potencia al freno en caballos de fuerza de la bomba.
- El comprador deberá entregar la información requerida a la autoridad competente.
- Confiabilidad: la aceptabilidad y confiabilidad de la fuente de agua son de importancia vital, y deberán determinarse por completo, con la debida tolerancia a su confiabilidad en el futuro.
- Deberá permitirse que cualquier fuente de agua adecuada en cantidad, calidad y presión funcione como suministro de una bomba contra incendio.
- Cuando el suministro de agua de una tubería pública principal no resulte adecuado en calidad, cantidad o presión, deberá suministrarse una fuente de agua alternativa.
- La aceptabilidad del suministro de agua deberá determinarse y evaluarse con anterioridad a la especificación e instalación de la bomba contra incendio.
- Para líquidos que no sean agua, la fuente de líquido debe ser adecuada para suministrar el índice máximo de flujo requerido para cualquier demanda simultánea, por la duración y el número de descargas.
- El nivel mínimo de agua de un foso o pozo húmedo deberá determinarse bombeando a no menos de 150 por ciento de la capacidad nominal de la bomba contra incendio

- Un suministro almacenado más un relleno automático confiable deberán ser suficientes para satisfacer la demanda requerida para la duración del diseño.
- Debe proveerse un método confiable para reponer el suministro.
- La cabeza disponible de un suministro de agua debe calcularse sobre la base de un caudal de 150 % de capacidad nominal de la bomba contra incendio.
- Bombas, impulsores y controladores: las bombas contra incendio deberán estar dedicadas al servicio de protección contra incendios y listadas para dicha actividad.
- Los motores eléctricos y diésel, turbinas de vapor o una combinación de estos, deberán ser impulsores aceptables para las bombas en una instalación única. Una bomba no deberá ser equipada con más de un impulsor.
- Cada bomba de incendio debe tener su propio impulsor dedicado.
- Cada impulsor debe tener su propio controlador dedicado.
- La presión neta de apagado de la bomba más la presión máxima de succión estática, ajustadas para elevación, no deberán superar la presión para la que los componentes se encuentran clasificados.

- Las válvulas de alivio de presión y los dispositivos reguladores de la misma en la instalación de la bomba de incendio, no deberán utilizarse como medio para cumplir los requerimientos.
- Los impulsores de control de limitación de presión de velocidad variable, tal como los define esta norma, deberán ser aceptables para limitar la presión del sistema.
- La presión establecida más la varianza máxima de presión de los sistemas controlados de limitación de presión de velocidad variable durante la operación de la velocidad variable y ajustada para elevación, no deberá exceder la clasificación de presión de ningún componente del sistema.
- Una bomba centrífuga contra incendio deberá seleccionarse para funcionar al 150 % o menos de la capacidad nominal.
- Las bombas centrífugas contra incendio deberán tener una de las capacidades nominales *gpm* (L/min.) identificadas en la tabla del apéndice 1 de la norma NFPA 20, y estar clasificadas a presiones netas de 40 psi (2,7 bar) o más.
- Las bombas centrífugas contra incendio con clasificaciones sobre 5000 *gpm* (18,925 L/min.) se encuentran sujetas a revisiones individuales por parte de la autoridad competente o un laboratorio de listado.
- Placa de identificación: las bombas deberán contar con una placa de identificación.
- Deben incluirse manómetros de presión.

- Un manómetro de presión con un cuadrante no menor a 3,5 in. (89 mm) de diámetro deberá conectarse cerca de la fundición de descarga con una válvula para manómetro de 0,25 in. (6 mm) nominal.
- El cuadrante deberá indicar la presión a por lo menos el doble de la del trabajo nominal de la bomba, pero no a menos de 200 psi (13,8 bares).
- El frente del cuadrante deberá leerse en bar, libras por pulgada cuadrada o ambos, con las graduaciones estándares del fabricante.
- Cerca de la bomba debe haber una válvula reguladora nominal de 0,25 in. (6 mm).
- El frente del cuadrante deberá leerse en pulgadas de mercurio (milímetros de mercurio) o psi (bar) para el rango de succión.
- El manómetro deberá contar con un rango de presión dos veces superior a la presión de succión máxima nominal de la bomba, pero no menor a 100 psi (6,9 bares).
- Los requerimientos de 5.10.2 de la norma NFPA 20, no deberán aplicarse en bombas tipo turbina de eje vertical que toman succión de un foso o pozo húmedo abierto.
- Una válvula de alivio automática debe listarse para el servicio de bomba contra incendio, instalada y ajustada por debajo de la presión de apagado a la de succión mínima esperada.

- La válvula deberá instalarse en el lado de descarga de la bomba antes de la de retención de descarga.
- La válvula deberá otorgar un caudal de suficiente agua, para evitar que la bomba se recaliente cuando funciona sin descarga.
- Deberán hacerse provisiones para que se realice la descarga en un drenaje.
- Las válvulas de alivio de circulación no deberán estar conectadas con la caja de empaque o con drenajes de bordes de goteo.
- La válvula de alivio automática deberá tener un tamaño nominal de 0,75 pulgadas (19 mm) para bombas de una capacidad nominal que no supere los 2 500 *gpm* (11,365.248 L/min) y tener un tamaño nominal de 1 pulgada (25 mm) para bombas de una capacidad nominal de 3 000 *gpm* a 5 000 *gpm* (13 638, 397 L/min a 22 730,96 L/min).
- Combinación con una válvula de alivio de presión: cuando la descarga de una válvula de alivio de presión se conecte a la succión, deberá colocarse una válvula de alivio de circulación y el tamaño deberá ser el indicado.
- Requerimientos generales: la bomba contra incendio, el impulsor, el controlador y el suministro de agua y energía deberán estar protegidos contra la posible interrupción del servicio debido a daños causados por explosiones, incendios, inundaciones, terremotos, roedores, insectos, tormentas de viento, congelamiento, vandalismo y otras condiciones adversas.

5.4. Selección de bomba

En el proceso de diseño de un sistema de rociadores automáticos es necesario determinar las características que debe tener el suministro de agua; es decir, cuál será el caudal requerido y a qué presión, así como la cantidad de agua que debe reservarse para incendios. Para ello se deben realizar cálculos hidráulicos una vez completado el diseño del sistema, que en la actualidad se llevan a cabo mediante la utilización de algún software especializado.

Los resultados de caudal y presión obtenidos mediante los cálculos hidráulicos constituyen la demanda máxima esperable para el sistema y son los valores utilizados para seleccionar la bomba contra incendio y establecer el tamaño del tanque donde se va a contener el volumen de agua como reserva para incendios.

En no pocas ocasiones es necesario estimar la capacidad de la bomba contra incendio, antes de terminar de diseñar el sistema de rociadores. Es decir, se debe realizar un precálculo mediante el cual se determina teóricamente el caudal que deberá suministrar la bomba, y a partir de allí obtener el volumen de la reserva de agua.

Anteriormente se obtuvo la presión y caudal necesario para el área de diseño:

$$Q_E = 382,63 \text{ gpm @ } 29,36 \text{ psi}$$

Un caudal de 382,63 galones por minutos a una presión de 29,36 psi. Por otra parte, en la norma NFPA 13 se indica que a la demanda de agua de los rociadores debe añadirse la concesión para chorros de manguera (*hose stream*

allowance), en caso de contar con conexiones para manguera en el predio; esta concesión es un caudal de agua que se reserva para utilización de ocupantes entrenados o bomberos, y va a depender también de la clase de ocupación, como puede observarse en la siguiente tabla:

Tabla VI. **Requerimiento de duración de cálculos hidráulicos**

<i>Occupancy</i>	<i>Inside Hose</i>		<i>Total Combined Inside and Outside Hose</i>		<i>Duration (minutes)</i>
	<i>gpm</i>	<i>L/min</i>	<i>gpm</i>	<i>L/min</i>	
Light hazard	0, 50, or 100	0, 190, or 380	100	380	30
Ordinary hazard	0, 50, or 100	0, 190, or 380	250	950	60–90
Extra hazard	0, 50, or 100	0, 190, or 380	500	1900	90–120

Fuente: YBIRMA, Luis. *Estimación de capacidad de la bomba contra incendio*.

<http://www.contraincendio.com.ve/estimacion-de-capacidad-de-la-bomba-contra-incendio/>.

Consulta: 13 de diciembre 2019.

La concesión para chorros de manguera interna presenta 3 opciones: si no existen conexiones, la concesión es cero; si existe una conexión, la concesión es de 50 *gpm*; si existen dos o más conexiones, la concesión es de 100 *gpm*.

Entonces tomando el área de diseño se tienen 2 gabinetes con manguera; al caudal obtenido para el sistema de rociadores se le deben sumar 100 *gpm*, por lo que se tiene:

$$Q_t = 382,93 + 100 = 482,93 \text{ gpm}$$

Las conexiones externas para mangueras (hidrantes) son suministradas desde la bomba contra incendio; también debe agregarse ese caudal en el cálculo; habría que sumar 150 *gpm*, dado que el caudal total combinado indicado en la tabla mostrada más arriba es de 250 *gpm*, de los cuales se restan los 100 *gpm* asignados para las mangueras internas.

$$Q_t = 482,93 + 150 = 632,93 \text{ gpm}$$

Con base en los resultados de 632.93 *gpm* y utilizando la tabla VII, se puede optar por una bomba de 500 *gpm*, donde podrá suministrarse hasta un 150 % de su caudal; esta sería la primera opción.

La segunda opción es la bomba de 750 *gpm*, donde se cubriría la demanda máxima y se tendría un margen para ampliación del sistema, por lo que esta sería la bomba que se tenga que elegir.

Tabla VII. **Flujo de las bombas por NFPA-20**

gpm	L/min	gpm	L/min
25	95	1,000	3,785
50	189	1,250	4,731
100	379	1,500	5,677
150	568	2,000	7,570
200	757	2,500	9,462
250	946	3,000	11,355
300	1,136	3,500	13,247
400	1,514	4,000	15,140
450	1,703	4,500	17,032
500	1,892	5,000	18,925
750	2,839		

Fuente: GALLO CARVAJAL, Fernando. *Bombas contra incendio NFPA 20*. <http://anraci.org/wp-content/uploads/2017/09/4.Modelo-de-Presentaci%C3%B3n-ANRACI-Bombas-Contra-Incendio-NFPA-20.pdf>. Consulta: 21 diciembre 2020.

5.5. Accesorios para cuarto de bomba

Los accesorios para bombas de aguas limpias engloban los elementos necesarios para el control, maniobra y protección de las mismas y todos los componentes necesarios para el montaje de equipos de bombeo y grupos de presión; los mismos se describen a continuación.

5.5.1. Válvula de compuerta en la succión

Se debe tener una válvula de compuerta “OS&Y” listada en la tubería de succión de la bomba (esto no aplica para bombas verticales). Esta válvula permite cortar el flujo de agua hacia la bomba y proveer una manera de aislarla para su mantenimiento o sustitución. En la succión no se permite válvula tipo mariposa.

A medida que el agua fluye hacia la bomba, necesita estar tan libre de turbulencias como sea posible, para evitar tanto la introducción de burbujas de aire como cargas desbalanceadas en el impulsor.

Cuando una válvula de compuerta está totalmente abierta, el disco se retrae dentro del cuerpo de esta, dejando el pasaje del líquido libre de cualquier obstrucción y permitiendo efectivamente un flujo laminar; esto no ocurre con una válvula mariposa. Es importante que esta válvula permanezca 100 % abierta.

5.5.2. Reductor excéntrico en la succión

Cuando la tubería y la brida de succión de la bomba no son del mismo diámetro, deben ser conectadas mediante un reductor excéntrico, instalado de manera que evite el uso de bolsas de aire. En muchas instalaciones de bombas, el tubo de succión es de mayor diámetro que la abertura de succión de la bomba

(esto no aplica para bombas verticales); un reductor excéntrico permite hacerlos coincidir; si se instala con el lado plano hacia arriba, se reduce la probabilidad de que se formen bolsas de aire y entren al impulsor. Por supuesto, si la tubería es del mismo tamaño que la abertura de succión, no se requiere un reductor.

Figura 22. **Válvula de compuerta y reductor excéntrico en la succión**



Fuente: YBIRMA, Luis. *Estimación de capacidad de la bomba contra incendio.*

<http://www.contraincendio.com.ve/estimacion-de-capacidad-de-la-bomba-contra-incendio/>.

Consulta: 13 de diciembre 2019.

5.5.3. Manómetro en la succión

En el tubo de succión, cerca de la bomba, debe conectarse un manómetro con un dial no menor a 89 mm (3,5") con una válvula de 6 mm (1/4") (esto no aplica para bombas verticales). Cuando existe la posibilidad de una presión de succión por debajo de 20 psi (1,3 bar), se requiere que el manómetro de succión sea compuesto, capaz de registrar presiones negativas.

El manómetro de succión proporciona al operador de la bomba la capacidad de monitorear la presión de succión para garantizar que no caiga por debajo de 0 psi, mientras la bomba está funcionando al 150 % de su capacidad nominal; a

menos que la bomba tome el agua desde un tanque superficial, con su base a la misma o mayor elevación, cuando la presión en el manómetro puede bajar hasta -3 psi (-0,2 bar) con el nivel más bajo de agua después que se ha suplido la demanda máxima del sistema, según se indica en la sección 4.15.3 de NFPA 20-2016.

Si una bomba contra incendios comienza a generar una presión de succión negativa, existe la posibilidad de que ocurra cavitación, tanto en la bomba como en la tubería de succión.

Las presiones de succión negativas en tuberías subterráneas también pueden causar la infiltración de aguas subterráneas. La indicación del dial del manómetro debe ser en pulgadas de mercurio (mm Hg) o en psi (bar). El manómetro debe tener un rango de medición de dos veces la presión de succión máxima.

5.5.4. Manómetro de descarga

Cerca de la descarga de la bomba contra incendios debe conectarse un manómetro con un dial no menor a 89 mm (3,5") con una válvula de 6 mm (1/4"). Este manómetro proporciona al operador la capacidad de observar la presión ejercida desde la bomba.

La indicación del dial del manómetro debe ser en psi, en bar o en ambos. El manómetro debe tener un rango de medición de dos veces la presión de trabajo nominal de la bomba, pero no menos de 200 psi (13,8 bar).

Es conveniente usar manómetros llenos de líquido tanto en el lado de succión como en el de descarga de la bomba contra incendios, ya que amortiguan las fluctuaciones de la presión, lo que facilita la lectura.

Figura 23. **Manómetro en succión y en descarga de bombas**



Fuente: YBIRMA, Luis. *Estimación de capacidad de la bomba contra incendio*.
<http://www.contraincendio.com.ve/estimacion-de-capacidad-de-la-bomba-contra-incendio/>.

Consulta: 13 de diciembre 2019.

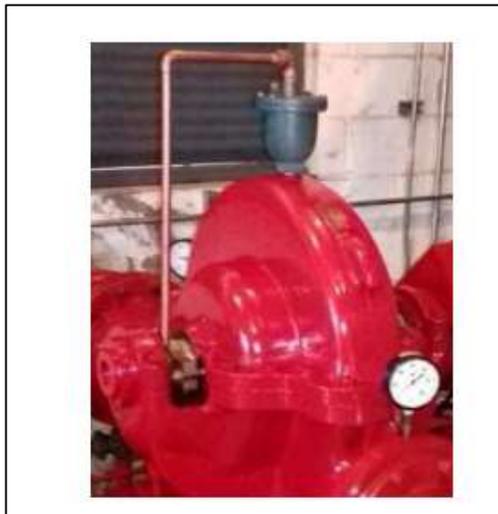
5.5.5. Válvula de venteo automático de aire

Las bombas contra incendios que son controladas automáticamente deben ser provistas con una válvula listada operada por flotador para liberación de aire, que tenga un diámetro nominal mínimo de 1/2" (12,7 mm) y que descargue a la atmósfera. El aire en el impulsor de la bomba puede causar daños, por lo que es prudente tener un método para liberarlo, si se desarrolla.

En el caso de las bombas verticales, la válvula de liberación de aire debe tener un diámetro nominal mínimo de 1,5" (38 mm) y no solo debe ventear aire

cuando la bomba arranque, sino que también admitir aire cuando la bomba se detenga (sección 7.3.5.2 de NFPA 20-2016).

Figura 24. **Válvula de venteo automático de aire**



Fuente: YBIRMA, *Luis. Estimación de capacidad de la bomba contra incendio.*
<http://www.contraincendio.com.ve/estimacion-de-capacidad-de-la-bomba-contra-incendio/>.

Consulta: 13 de diciembre 2019.

Figura 25. **Válvula de venteo y admisión de aire**



Fuente: YBIRMA, Luis. *Estimación de capacidad de la bomba contra incendio*.
<http://www.contraincendio.com.ve/estimacion-de-capacidad-de-la-bomba-contra-incendio/>.
Consulta: 13 de diciembre 2019.

5.5.6. Válvula de recirculación

La bomba contra incendios debe tener una válvula automática listada para alivio de presión cuando no hay flujo de agua hacia el sistema y la bomba está funcionando, que proporcione suficiente caudal para evitar el recalentamiento; debe ser calibrada por debajo de la presión de cierre a la presión de succión mínima esperada. Esta válvula debe estar instalada del lado de la descarga, antes de la válvula *check* y tomar la previsión de dirigir la descarga hacia un desagüe.

El diámetro nominal de la válvula debe ser 3/4" para bombas de capacidad menor o igual a 2,500 *gpm* y 1" para bombas de capacidad mayor a 3,000 *gpm*. Si la bomba es accionada por máquina diésel y el agua de enfriamiento es tomada de la tubería de descarga, no se requiere esta válvula.

Figura 26. **Válvula de recirculación**



Fuente: YBIRMA, Luis. *Estimación de capacidad de la bomba contra incendio*.
<http://www.contraincendio.com.ve/estimacion-de-capacidad-de-la-bomba-contra-incendio/>.
Consulta: 13 de diciembre 2019.

5.5.7. Válvula de alivio de presión

Cuando la bomba es accionada por máquina diésel y cuando el 121 % de la presión nominal neta de cierre (churn), más la presión de succión estática máxima, ajustada por elevación, exceda la presión para la cual los componentes del sistema están clasificados, se debe instalar una válvula de alivio de presión. También se deberá instalar cuando se utilice un controlador eléctrico de velocidad variable para limitación de presión y la presión de descarga total máxima ajustada por elevación, con la bomba funcionando sin flujo y a velocidad nominal, exceda la clasificación de presión de los componentes del sistema.

Aunque es práctica común en las instalaciones de bomba contra incendios accionada por máquina diésel colocar una válvula de alivio de presión, NFPA 20 señala que esta solo es necesaria cuando se presenten las condiciones arriba indicadas, por lo que se requiere realizar un análisis previo.

La válvula de alivio no está diseñada para controlar la presión cuando una bomba contra incendios ha sido sobre diseñada; está destinada a aliviar la presión cuando una máquina diésel gira más rápido de lo normal, o cuando el fallo del controlador de velocidad variable hace que la bomba funcione a la velocidad nominal. La válvula de alivio debe estar localizada entre la bomba y la válvula *check* de la descarga y ser instalada de manera que pueda ser fácilmente removida. Las válvulas de alivio de presión pueden ser de resorte cargado o tipo de diafragma operado por piloto.

5.5.8. Cono de visualización

La descarga de la válvula de alivio debe ser fácilmente visible o detectable por el operador. Cuando la válvula se instala de tal manera que la descarga se conduce hasta el tanque o se conecta a la tubería de succión (circuito cerrado), se utiliza un cono con mirilla de vidrio a continuación de la válvula para proporcionar una manera de observar el flujo de agua.

Si la descarga es a través de una tubería abierta a un drenaje o lugar seguro, o la válvula de alivio está provista de medios para detectar flujo de agua, no se requiere el cono.

Figura 27. **Válvula de alivio y cono de visualización**



Fuente: YBIRMA, Luis. *Estimación de capacidad de la bomba contra incendio*.
<http://www.contraincendio.com.ve/estimacion-de-capacidad-de-la-bomba-contra-incendio/>.

Consulta: 13 de diciembre 2019.

5.5.9. Reductor concéntrico en la descarga

Cuando la tubería y la brida de descarga de la bomba no son del mismo diámetro, deben conectarse mediante un reductor concéntrico. En muchas instalaciones el tubo es más grande que la abertura de descarga de la bomba; para adaptarlos se utiliza un reductor, en este caso concéntrico.

Si la tubería de descarga es del mismo tamaño que la abertura de descarga de la bomba, no se requiere un reductor.

5.5.10. Válvula de retención en la descarga

Se debe instalar una válvula de retención listada en la tubería de descarga. La válvula de retención restringe la presión aguas abajo de la bomba contra incendios, y evita que el líquido presurizado regrese a través ella.

El contraflujo a través de una bomba puede hacerla girar hacia atrás, causando daños. Se pueden desarrollar ondas de presión y oscilaciones cuando

la bomba arranca o se detiene, o cuando se produce un cambio significativo en el caudal.

En algunos sistemas es necesario que la válvula de retención tenga características antigolpes de ariete. La válvula de retención de descarga es necesaria también para que una bomba *jockey* mantenga la presión en el sistema.

5.5.11. Válvula de control de descarga

La válvula de control de descarga de la bomba contra incendios puede ser de compuerta OS&Y o mariposa. Esta válvula, combinada con la de control de succión, proporciona la capacidad de aislar la bomba, la válvula de retención de descarga y las tuberías y componentes del cabezal de prueba para reparación, reemplazo y prueba, a la vez que mantiene la red de agua presurizada. Esta válvula debe ser listada y estar supervisada.

Figura 28. **Válvula de retención y de control de descarga**



Fuente: YBIRMA, Luis. *Estimación de capacidad de la bomba contra incendio*.
<http://www.contraincendio.com.ve/estimacion-de-capacidad-de-la-bomba-contra-incendio/>.

Consulta: 13 de diciembre 2019.

5.5.12. Controlador de bombas

Los controladores de las bombas contra incendios se utilizan para monitorearlas, arrancarlas y detenerlas. Los controladores para bombas de accionamiento eléctrico monitorean la disponibilidad de energía y controlan la alimentación del motor eléctrico. Los controladores para bombas de máquina diésel controlan la disponibilidad de energía y el estado de la máquina, y envían señales electrónicas al arrancador de la misma.

Cuando se configura un controlador para el funcionamiento automático se usa un sensor de presión (interruptor *mercoïd* o un transductor de presión) para indicar al controlador que encienda la bomba contra incendios cuando la presión del sistema caiga a un nivel predeterminado.

Los controladores de las bombas contra incendios se conectan al sistema mediante una línea censora. Un extremo de dicha línea se conecta al sensor de presión dentro del controlador; el otro extremo se conecta a la tubería de descarga, entre la válvula de retención y la válvula de control.

Los controladores de las bombas contra incendios deben ser listados. Cada bomba debe tener su propio controlador, el cual será seleccionado según se trate de una bomba accionada por motor eléctrico o por máquina diésel. Para los motores eléctricos se tienen varias opciones de controladores; la selección va a depender del voltaje utilizado y del modo de arranque preferido.

Figura 29. **Controlador de bomba diésel**



Fuente: YBIRMA, Luis. *Estimación de capacidad de la bomba contra incendio.*

<http://www.contraincendio.com.ve/estimacion-de-capacidad-de-la-bomba-contra-incendio/>.

Consulta: 13 de diciembre 2019.

5.5.13. Bomba de mantenimiento de presión – bomba *jockey*

Aunque NFPA 20 no requiere específicamente el uso de una bomba *jockey*, sí requiere un medio para mantener la presión del sistema contra incendio; una bomba *jockey* es la opción más comúnmente utilizada para cumplir con este requisito.

La bomba *jockey* mantiene la presión en el sistema de extinción y evita que la bomba contra incendio funcione, a menos que haya un flujo significativo de agua. Los ajustes y calibraciones de presión para la bomba *jockey* y la bomba contra incendios deben ser tales, que el arranque de la segunda no genere un golpe de ariete.

Si se usa una bomba *jockey*, debe tener su propio controlador. El controlador sirve para arrancar la bomba *jockey* cuando la presión en el sistema de protección contra incendios disminuye hasta un nivel preestablecido, y para detenerla cuando la presión aumenta hasta un valor también preestablecido. Para que la bomba *jockey* funcione correctamente, su presión de arranque debe ser mayor que la de la bomba contra incendios, como es lógico. La descarga de la bomba *jockey* se conecta después de la válvula de control de la descarga del sistema.

Figura 30. **Bomba piloto o *jockey***



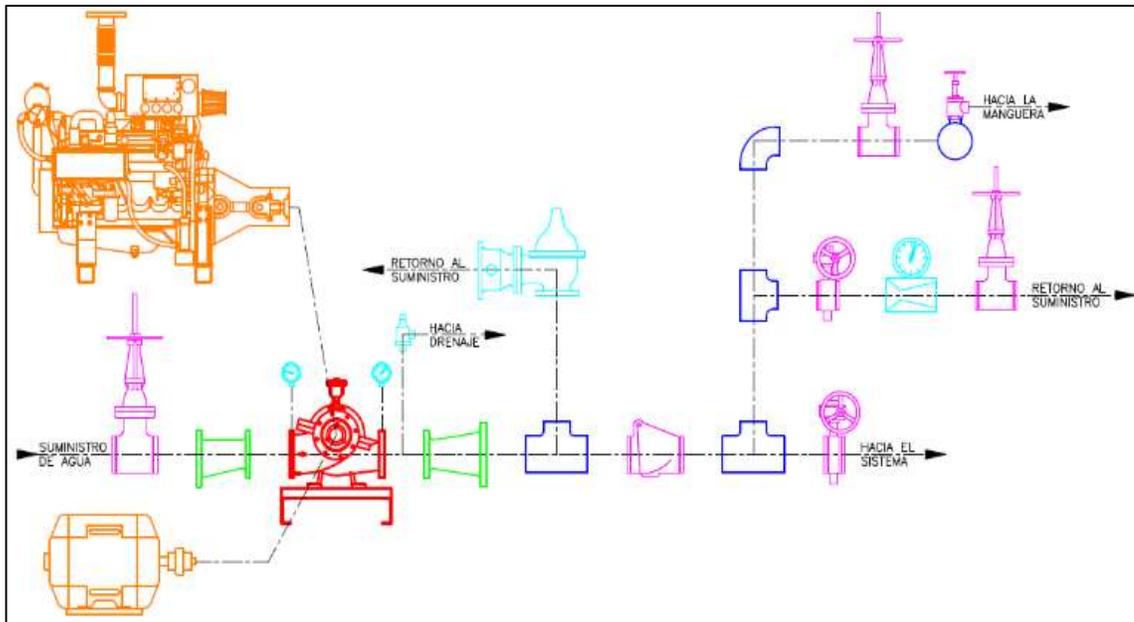
Fuente: YBIRMA, Luis. *Estimación de capacidad de la bomba contra incendio*.
<http://www.contraincendio.com.ve/estimacion-de-capacidad-de-la-bomba-contra-incendio/>.

Consulta: 13 de diciembre 2019.

5.6. Diseño de distribución de tubería en cuarto de bomba

En esta sección se distribuirá la tubería dentro del cuarto de bomba para la conexión de los diferentes accesorios que conformar el cuarto de bombas. En la siguiente figura se muestra el unifilar de un cuarto de bombas.

Figura 31. Unifilar de cuarto de bombas

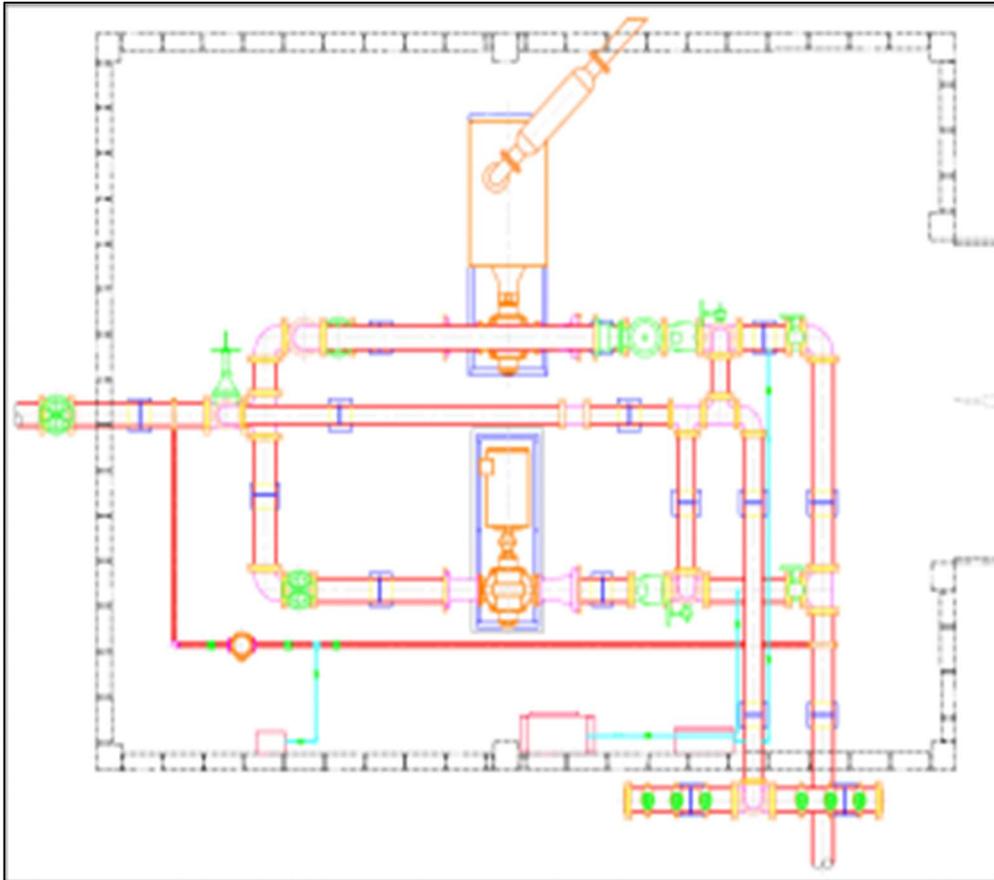


Fuente: YBIRMA, Luis. *Estimación de capacidad de la bomba contra incendio.*

<http://www.contraincendio.com.ve/estimacion-de-capacidad-de-la-bomba-contra-incendio/>.

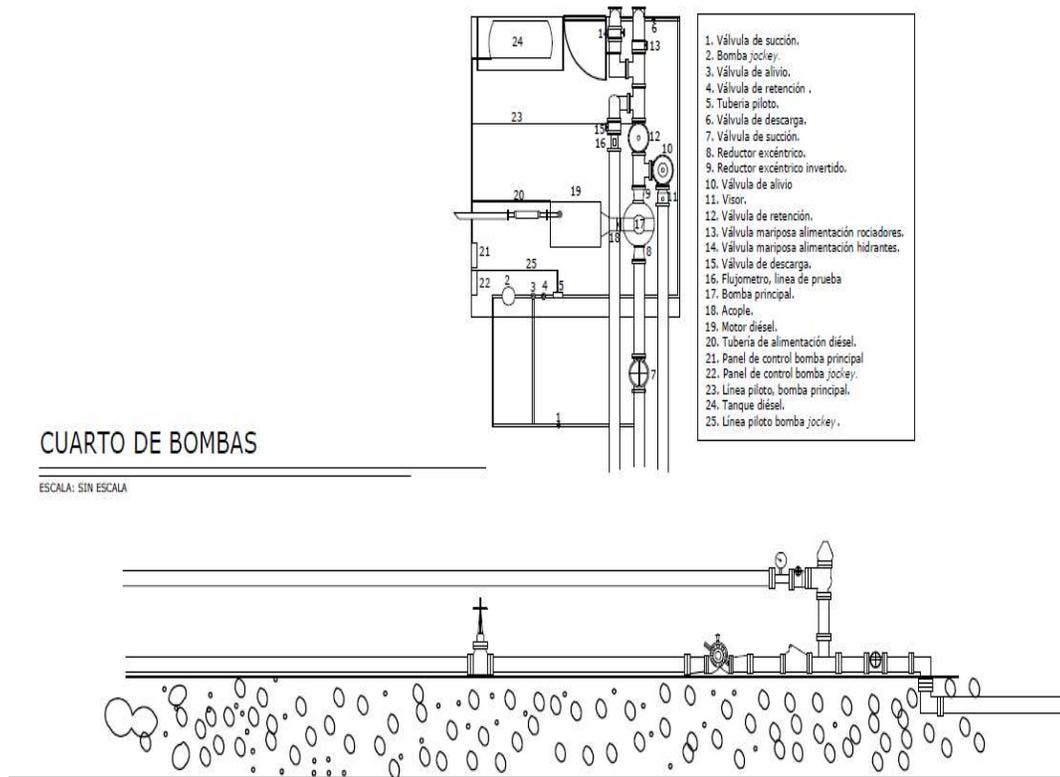
Consulta: 17 de diciembre 2019.

Figura 32. **Vista panorámica del cuarto de bombas**



Fuente: YBIRMA, Luis. *Estimación de capacidad de la bomba contra incendio.*
<http://www.contraincendio.com.ve/estimacion-de-capacidad-de-la-bomba-contra-incendio/>.
Consulta: 17 de diciembre 2019.

Figura 33. Plano de cuarto de bombas



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD.

6. SUMINISTRO DE AGUA

6.1. Suministro de agua requerida

La norma UNE 23500: 2012 define un abastecimiento de agua como conjunto de fuentes de agua, equipos de impulsión y red general de incendios destinados a asegurar, para uno o varios sistemas específicos de protección, el caudal y presión necesarios durante el tiempo de autonomía requerido.

Los tipos de abastecimientos son los siguientes:

- Categoría I, abastecimiento sencillo
- Categoría II, abastecimiento superior
- Categoría III, abastecimiento doble

El tipo de categoría del abastecimiento planteado se puede determinar con base en la siguiente tabla:

Tabla VIII. **Tipos de abastecimiento / UNE 23500**

Rociadores (RL) según UNE EN 12845	Rociadores (RO) según UNE EN 12845	Rociadores (RE) según UNE EN 12845	BIEs	Hidran-tes	Espu-ma física	Agua Pulve-rizada	Cate-goría
			X				III
X							III
				X			II
X			X				II
	X		X				II
X				X			II
			X	X			II
	X		X	X			II
X			X	X			II
		X					I
					X		I
						X	I
		X	X				I
		X	X	X			I

Fuente: CASQUET PÉREZ, José. *Manual de seguridad tipos de abastecimiento*.

https://www.enginyersbcn.cat/media/upload//arxiu/collegi/Manual_Seguretat_Incendis/Presentacio_fitxa_2.5_ABA.pdf. Consultado: 05 enero 2020.

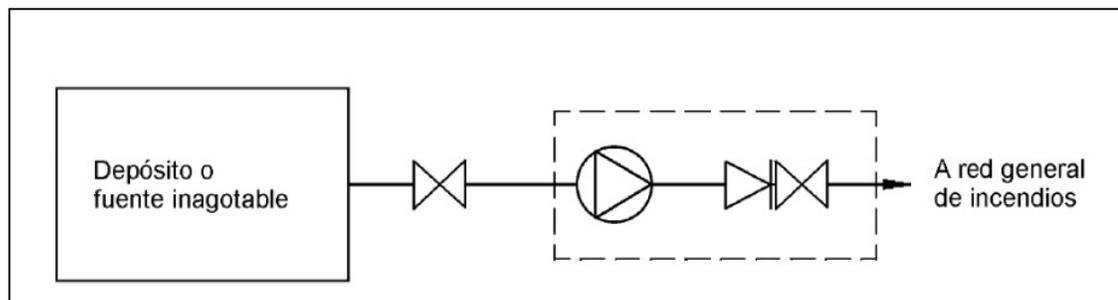
Con base en la tabla anterior se tiene un sistema tipo II (abastecimiento superior), de suministro de agua; por tanto, se tendría un depósito o fuente inagotable con equipo de bombeo único (según tabla siguiente):

Tabla IX. **Clase de abastecimiento según su categoría**

Abastecimiento SUPERIOR (A. SUP)	A. SUP. A (figura 5)	Red de uso público de categoría 1		MIN	OPC
	A. SUP. B (figura 6)	Depósito de gravedad tipo A o B		MIN	OPC
	A. SUP. C (figura 7)	Depósito tipo A o B con dos o más equipos de bombeo	MIN	OPC	OPC
	A. SUP. D (figura 8)	Fuente inagotable con dos o más equipos de bombeo	MIN	OPC	OPC

Fuente: CASQUET PÉREZ, José. *Manual de seguridad tipos de abastecimiento*
https://www.enginyersbcn.cat/media/upload//arxiu/collegi/Manual_Seguretat_Incendis/Presentacio_fitxa_2.5_ABA.pdf. Consultado: 05 enero 2020.

Figura 34. **Abastecimiento sencillo B**



Fuente: CASQUET PÉREZ, José. *Manual de seguridad tipos de abastecimiento*
https://www.enginyersbcn.cat/media/upload//arxiu/collegi/Manual_Seguretat_Incendis/Presentacio_fitxa_2.5_ABA.pdf. Consultado: 05 enero 2020.

Tabla X. Fuentes de agua: depósitos A y B

Depósitos tipo A (fuente tipo C.1):	Depósitos tipo B (fuente tipo C.2):
<ul style="list-style-type: none"> • C [m³] = 100 % V • Reposición auto 100 % V en 36 h o bien C [m³] = 130 % V • Material garantía uso ininterrumpido 15 años. • Agua dulce no contaminada o tratada • Agua protegida acción luz o materia contaminante. • Entrada aportación agua separación ≥ 2 m horizontal respecto aspiración. 	<ul style="list-style-type: none"> • C [m³] = 100 % V • Reposición 100 % V en 36 h • Material garantía uso ininterrumpido 3 años. • Agua dulce no contaminada o tratada. • Agua protegida acción luz o materia contaminante. • Entrada aportación agua separación ≥ 2 m horizontal respecto de la aspiración.

Fuente: CASQUET PÉREZ, José. *Manual de seguridad tipos de abastecimiento*
https://www.enginyersbcn.cat/media/upload//arxiu/collegi/Manual_Seguretat_Incendis/Presentacio_fitxa_2.5_ABA.pdf. Consultado: 05 enero 2020.

Respecto del volumen de agua para reserva contra incendio, este se obtiene multiplicando el caudal total por el tiempo de aplicación (duración). Para el caso de riesgos ordinarios, la tabla indica dos opciones de duración: 60 y 90 minutos. Se utiliza el menor valor (60) si el sistema de rociadores es monitoreado desde una estación central o remota, y el mayor valor (90), en caso contrario.

En el presente caso, para el CUDEP se utilizará el valor de 90 minutos, por lo que se tendrá un volumen de almacenamiento de:

$$V = 632,93 \text{ gpm} * 90 \text{ m} = 56\,963,70 \text{ galones.}$$

6.2. Diseño de cisterna

Para el caso del CUDEP será un tanque elevado de forma cilíndrica, el cual debe de tener un volumen de 60 000 galones ($227,12 m^3$), para este diseño se utilizará una hoja de Excel, que nos dará las características técnicas del tanque.

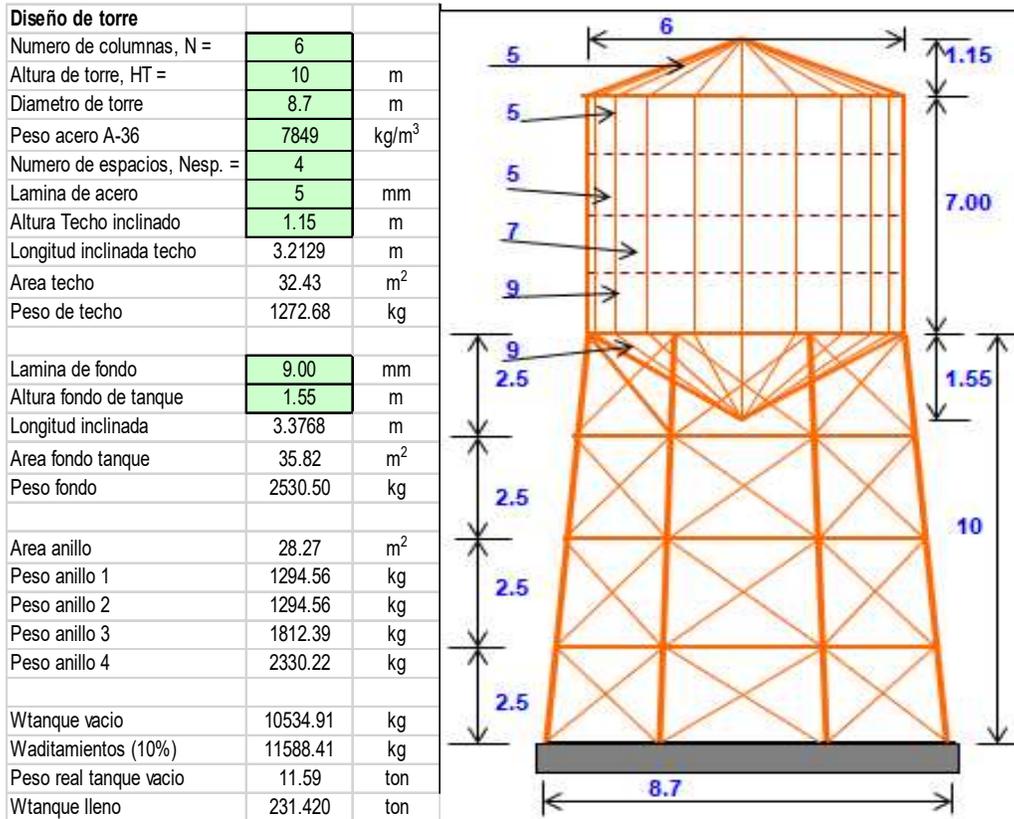
Tabla XI. **Datos de lámina para diseño de tanque elevado**

Ancho	6 pies
Largo	20 pies
Peso agua	$1\ 000\ kg/m^3$
Diámetro	6 m
Número de anillos	4
Altura	7 m
Volumen tanque	$219,83\ m^3$
Capacidad	58 072,5 galones
Acero estructural	A-36 ($36,000\ kg/pul^2$)
f'c	$280\ kg/cm^2$
Fy	$2800\ kg/cm^2$

Fuente: elaboración propia.

En la figura siguiente se muestran las dimensiones del tanque elevado para el sistema contra incendio del CUDEP:

Figura 35. Dimensiones del tanque



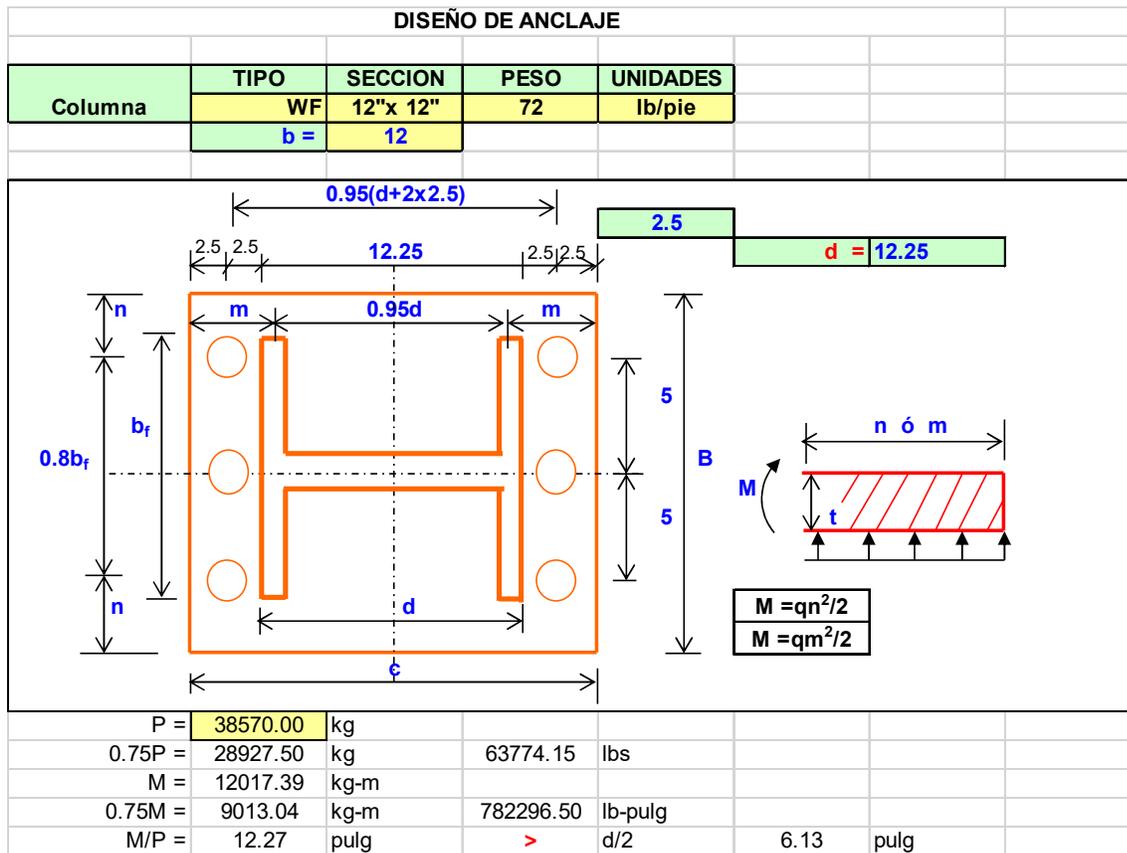
Fuente: Civil Excel: planilla Excel para ingeniería civil. *Diseño de tanque elevado metálico*.
<https://www.civilexcel.com/2012/02/disenio-de-tanque-elevado-metalico.html>. Consulta: 12 enero 2020.

Figura 36. Diseño de columnas

DISEÑO DE COLUMNAS			SECCION			
					WF	Peso
Numero de columnas, N =	6		1 to 21	14" x 14"		
Altura de torre, Htorre =	10	m	22 to 35	12" x 12"		
Numero de espacios, Ne =	4		36 to 49	10" x 10"		
Altura de espacios, Hesp. =	2.5	m	50 to 59	8" x 8"		
Pn max =	163181.74	kg				
0.75Pnmx =	122386.31	kg				
			ALAS			Espesor
		Seccion	Altura	Ancho	Espesor	Alma
Numero de seccion	27		pulg	pulg	pulg	pulg
Tipo de seccion	WF	12"x 12"	12.25	12.04	0.671	0.43
Area =	21.16	pulg ²				
W =	72	lb/pie				
Ix =	597.4	pulg ⁴				
Sx =	97.5	pulg ³				
rx =	5.31	pulg				
Iy =	195.3	pulg ⁴				
Sy =	32.4	pulg ³				
ry =	3.04	pulg				
Kx =	1					
Ky =	0.85					
Kxl/rx =	47.08					
Kyl/ry =	69.90					
Fax =	15930	lb/pulg ²	?			
Fay =	14620	lb/pulg ²	?			
fa =Pn/A =	12747.6	<	14620			

Fuente: Civil Excel: planilla Excel para ingeniería civil. *Diseño de tanque elevado metálico*.
<https://www.civilexcel.com/2012/02/diseno-de-tanque-elevado-metalico.html>. Consulta:12 enero 2020.

Figura 37. Diseño de anclaje



Fuente: Civil Excel: planilla Excel para ingeniería civil. *Diseño de tanque elevado metálico*.
<https://www.civilexcel.com/2012/02/disenio-de-tanque-elevado-metalico.html>. Consulta: 12 enero 2020.

6.3. Planos

En los planos están incluidas las medidas de cada parte del tanque elevado, así como las consideraciones especiales cuando apliquen; en los anexos se comparten ya los planos finalizados.

CONCLUSIONES

1. La actual bomba contra incendio tiene la capacidad ideal para satisfacer la demanda solicitada por el sistema, al momento de un conato de incendio.
2. El diseño cumple con la demanda de caudal y presión al momento que el sistema entre en funcionamiento; la distribución es ajustada a la topografía de los edificios en la sede del CUDEP, así como el tipo de soporte que se debe utilizar en cada tramo de tubería.
3. La actuación del sistema de hidrantes es de forma manual; debe operarse por medio de un bombero o persona capacitada para su utilización.
4. Se realizaron los planos por edificio de cada sistema diseñado, y se detalla en función de cada elemento que se va a instalar.
5. El tanque diseñado cumple con el volumen necesario para satisfacer la demanda de agua al momento de un conato; de esa manera se cumple con la norma NFPA 20, 14 y 13.
6. El diseño de este proyecto está basado en las normas NFPA; el mismo cumple con las especificaciones establecidas en la *National Fire Protection Association*, quienes son especialistas en el tema.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario cumplir con los requisitos indicados en el diseño del sistema, debido a que está elaborado para soportar una ampliación del mismo al momento de contar con nuevas instalaciones.
2. Todo material que se va a utilizar debe estar normado, para dar cumplimiento con lo establecido en las normas ASTM.
3. Realizar prueba hidrostática a toda la tubería subterránea para evitar fugas de agua.
4. Toda soldadura debe cumplir con la norma AWWA C206-62. (*Field welding of steel water pipe*).
5. Al momento de realizar cambios en el diseño del sistema contra incendio del CUDEP, los mismos deben regirse por las normas NFPA 13,14 y 20.

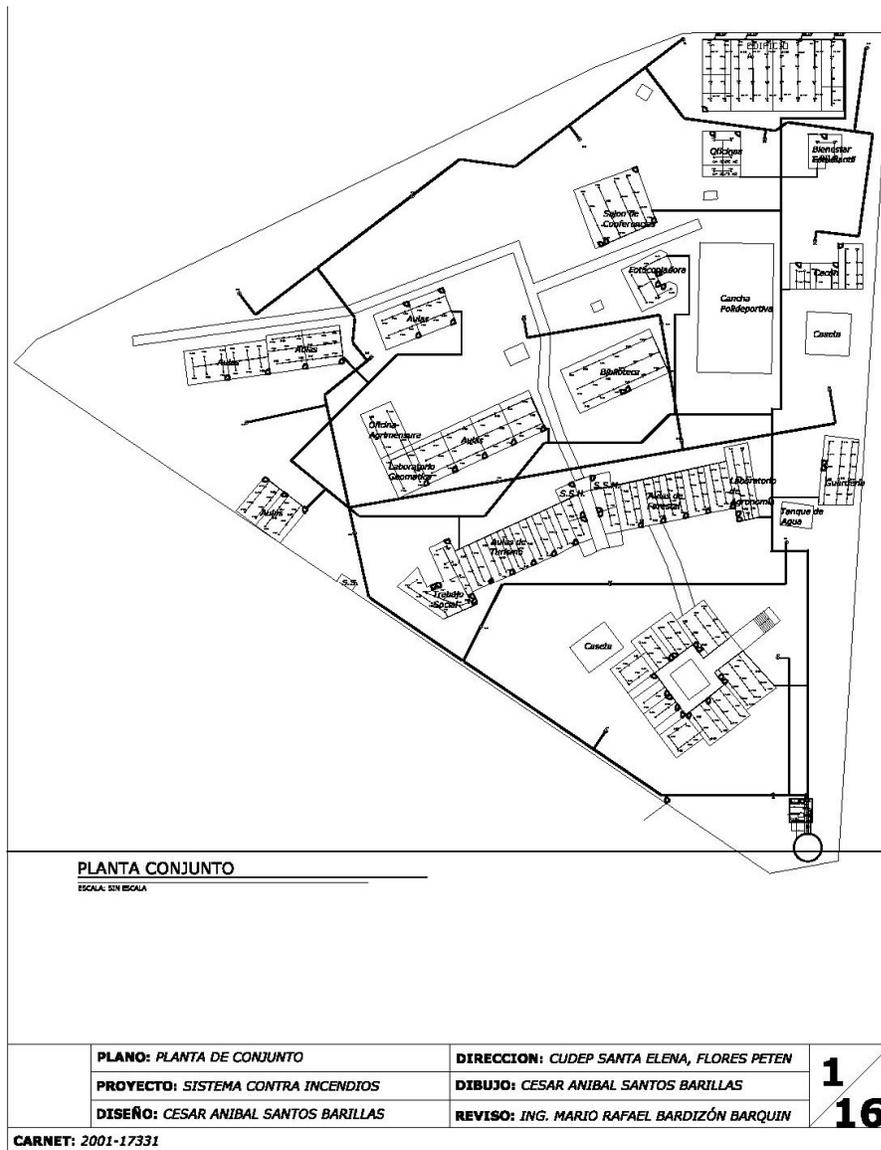
BIBLIOGRAFÍA

1. BATRES GUERRA, Jorge Jonathan Paolo. *Análisis de normas de seguridad y su aplicación; caso específico: incendios y accidentes*. Trabajo de graduación de Lic. en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 211 p.
2. National Fire Protection Association NFPA 13. *Norma para la instalación de sistema de rociadores*. Washington, D. C., USA: 2007. 544 p.
3. National Fire Protection Association NFPA 14. *Norma de sistemas de tuberías vertical y de mangueras*. Orlando, USA: 2007. 54 p.
4. National Fire Protection Association NFPA 20. *Norma para la instalación de bombas estacionarias contra incendios. Anexo A. Material explicativo*, Washington, D. C., USA: 2007. 119 p.
5. NEIRA RODRÍGUEZ, José Antonio. *Instalaciones de protección contra incendios*. España: FC Editorial Published Date, 2008. 384 p.
6. PLANAS CORED, Guillermo; ESPLUGAS VIDAL, Joan Pau. *Guía para la selección, instalación, uso y mantenimiento de las bocas de incendio equipadas*. España: Asepello, 2016. 44 p.
7. TORRES CÓRDOBA, Nicolás Felipe. *Diseño del sistema de protección contra incendios con base a extinción automática para el edificio*

Aquinate de la Universidad Santo Tomas. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica, División de Ingenierías, Bogotá: D. C, 2016. 72 p.

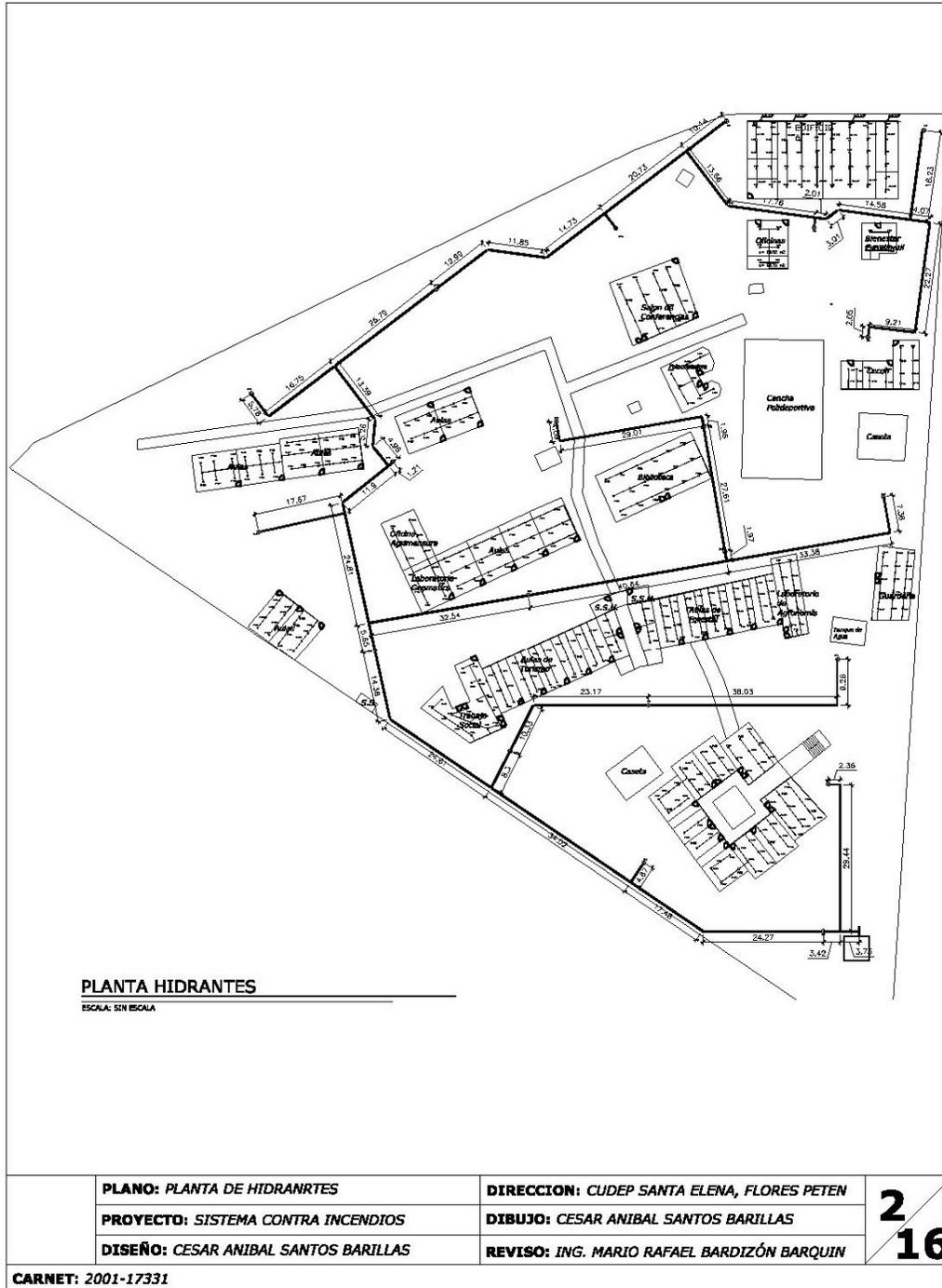
APÉNDICES

Apéndice 1. Plano conjunto



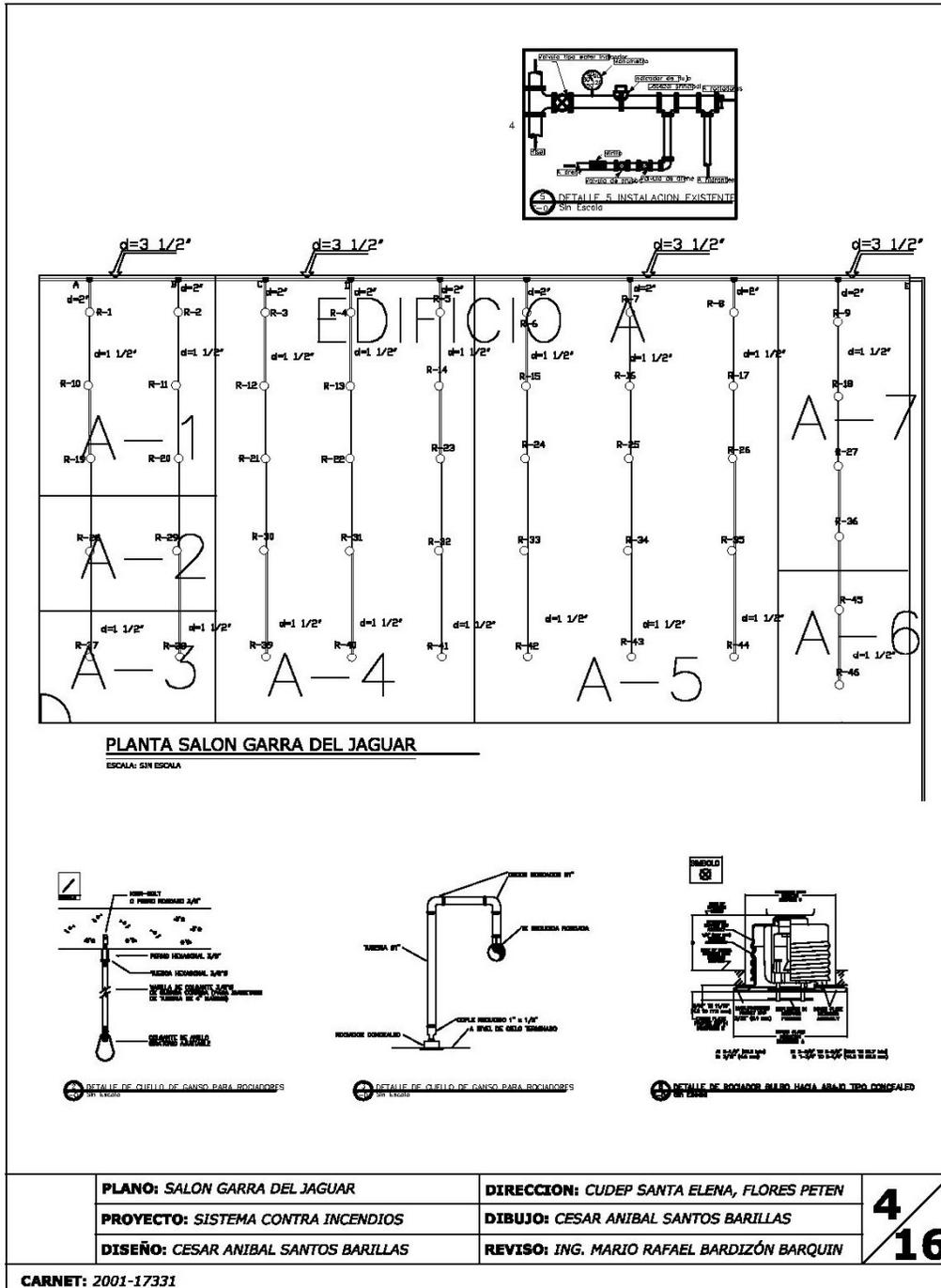
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 2. Planta de hidrantes



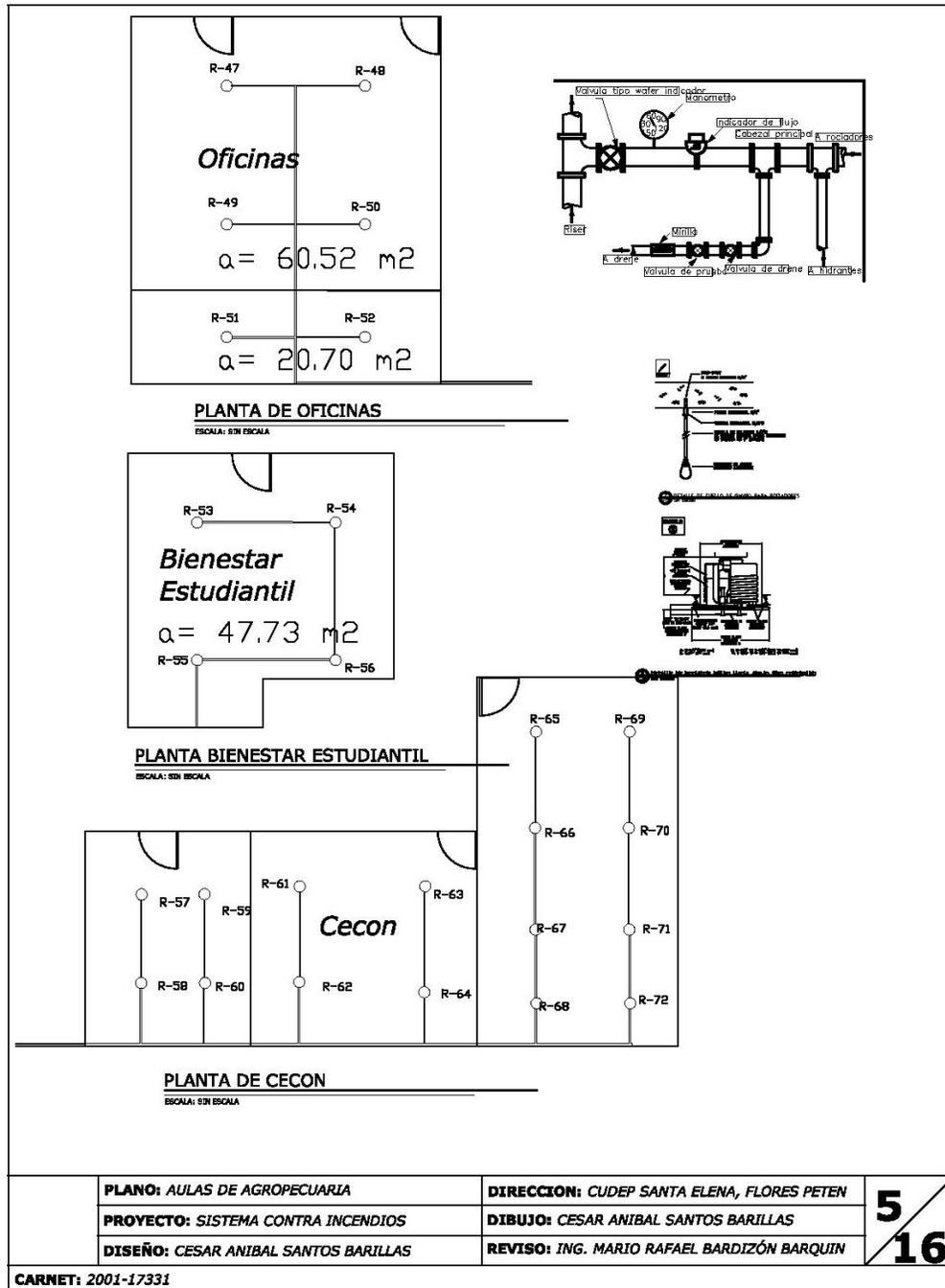
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 4. Detalles de edificio A, rociadores



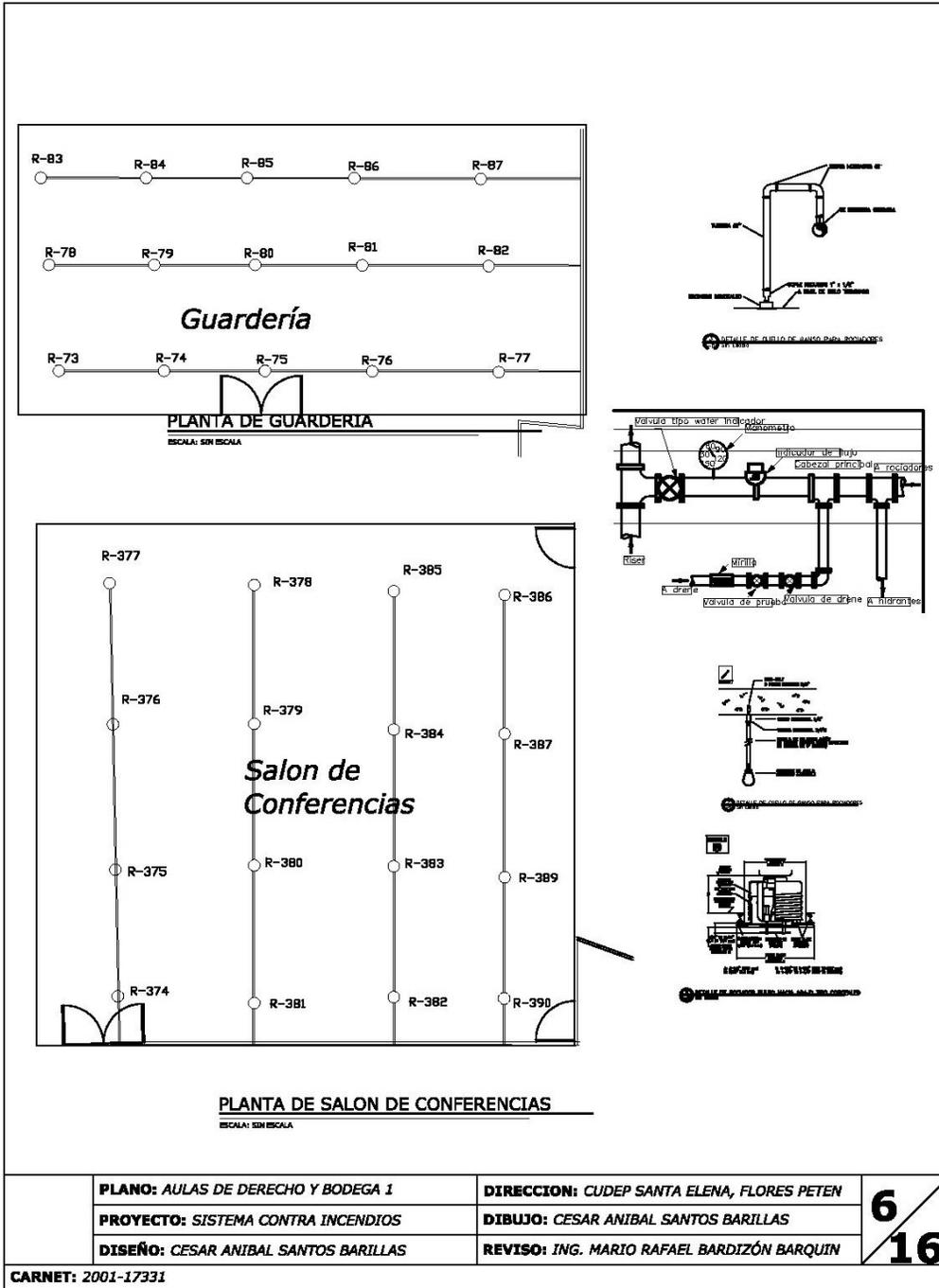
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 5. Planta CECON, rociadores



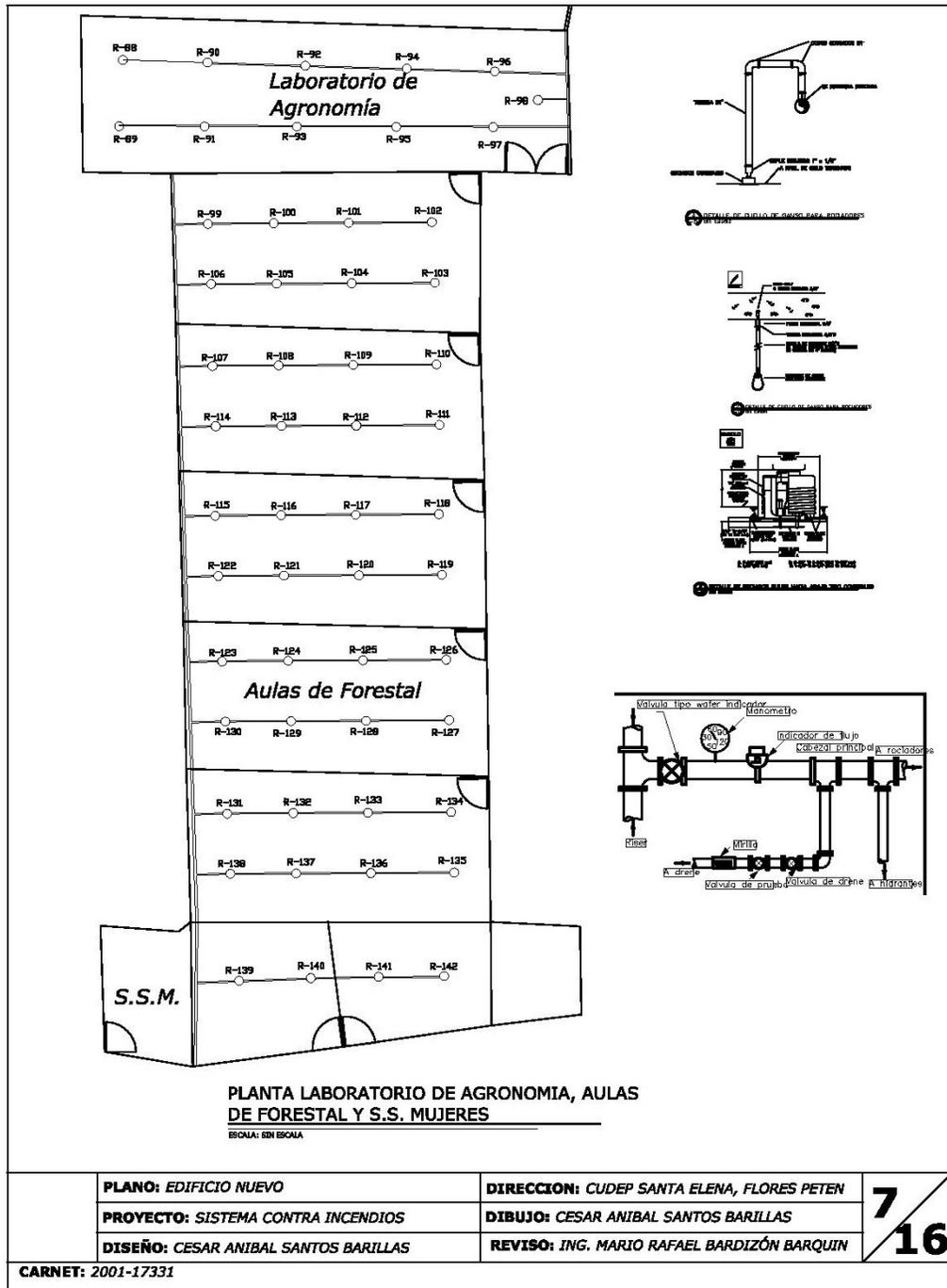
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 6. Planta de salón de conferencia, rociadores



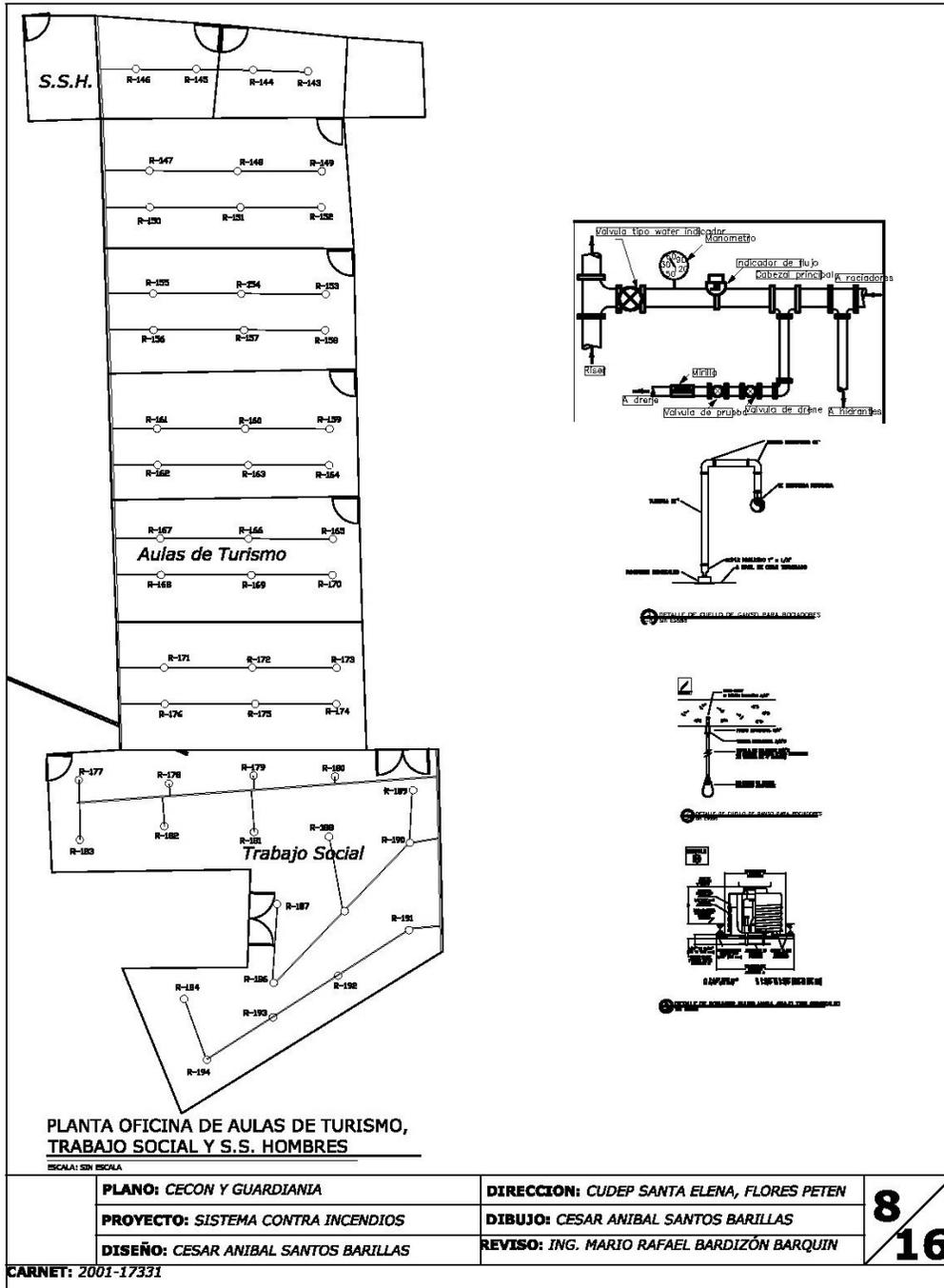
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 7. Planta laboratorios de Agronomía



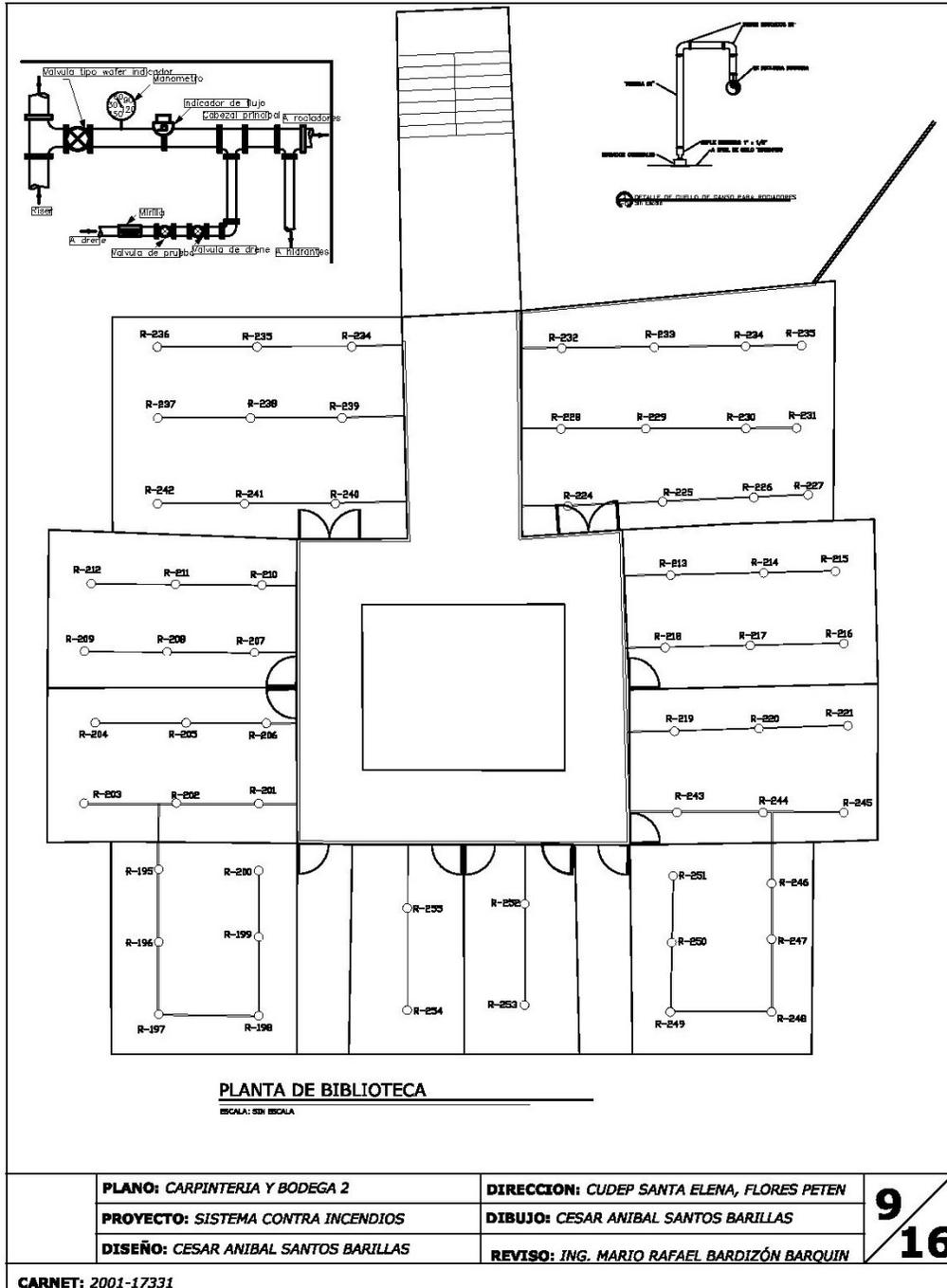
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 8. Planta turismo, rociadores



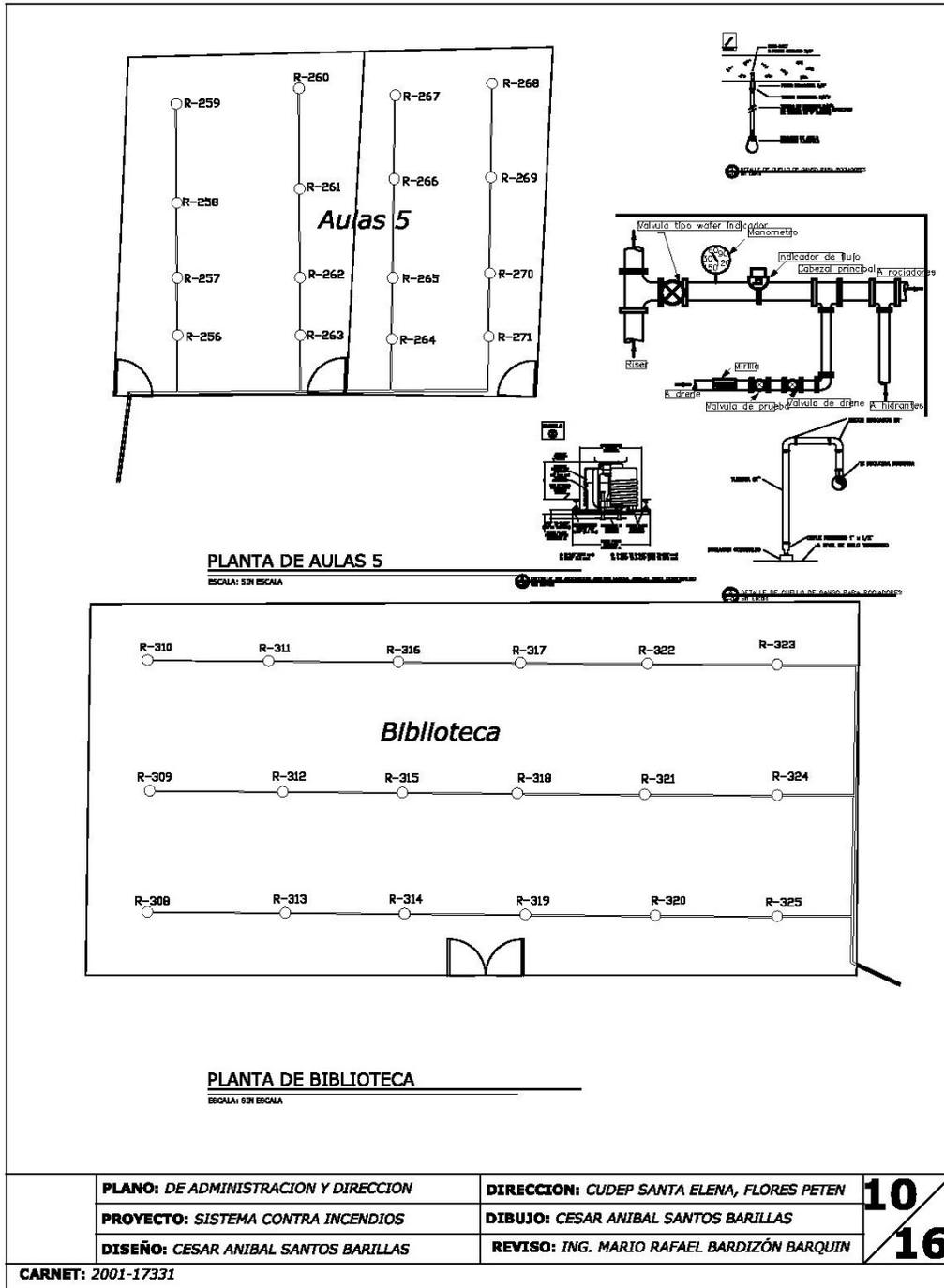
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 9. Edificio administración



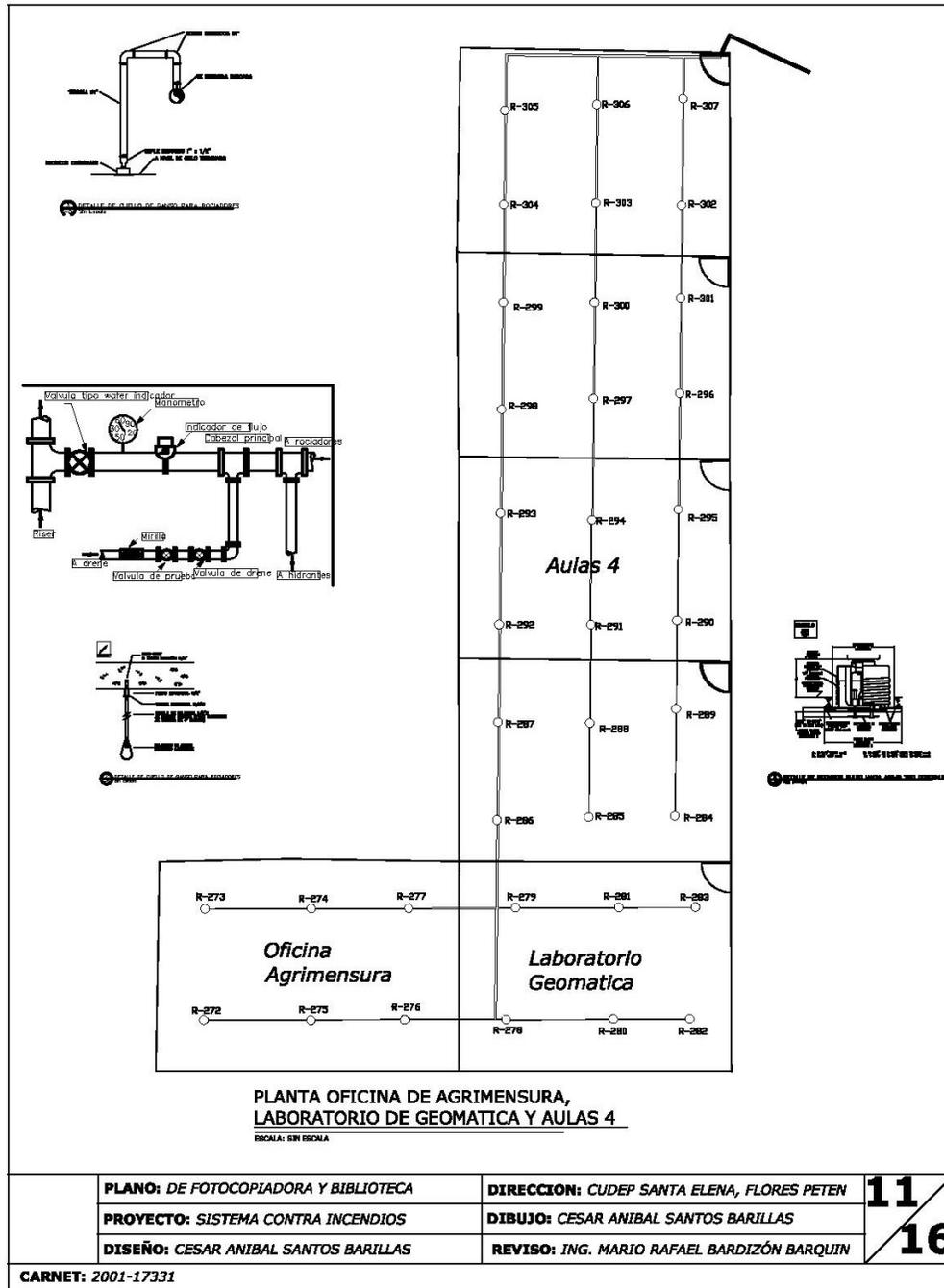
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 10. Planta biblioteca, rociadores



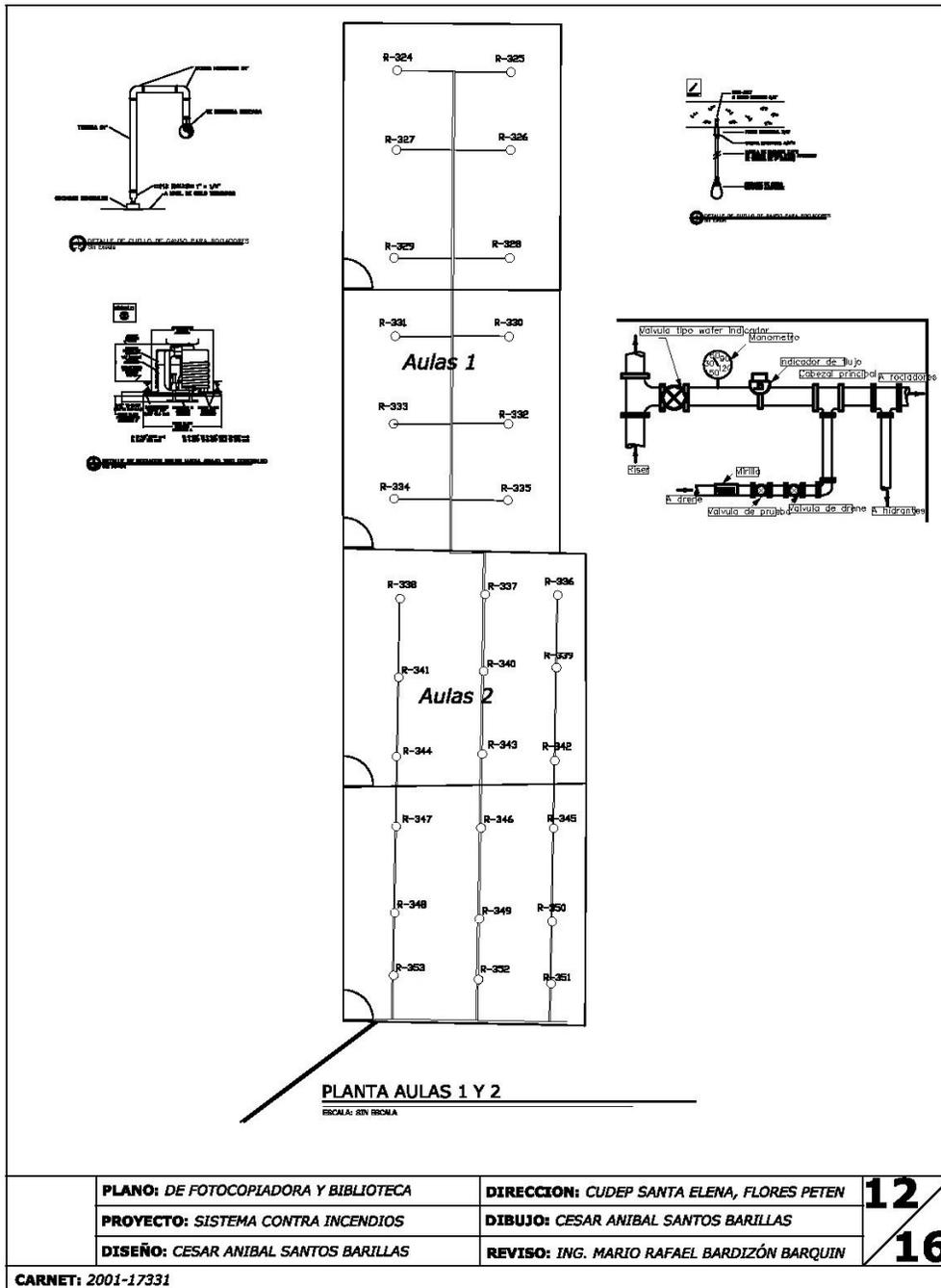
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 11. Planta agrimensura, rociadores



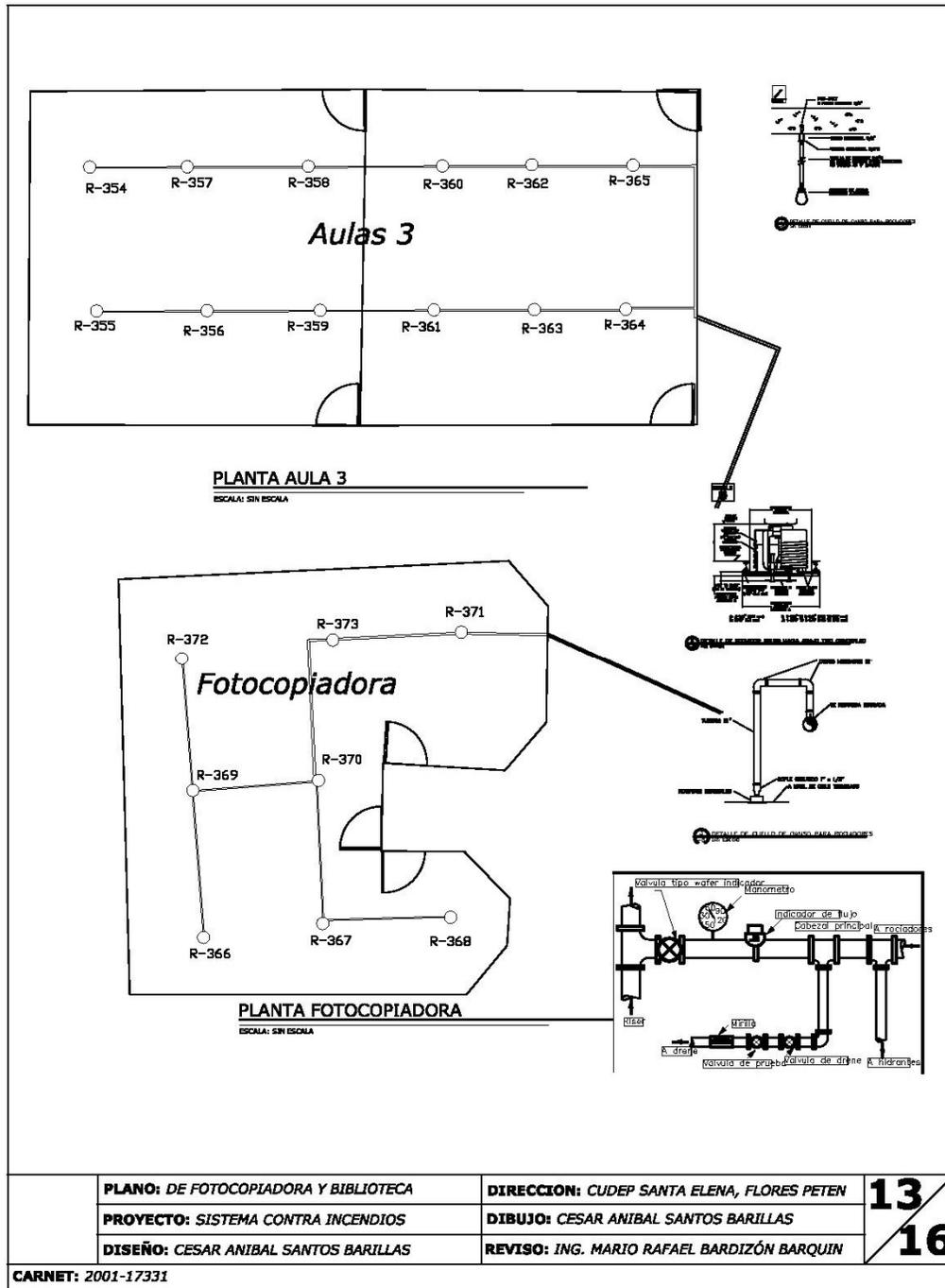
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 12. Planta de aulas 1 y 2, rociadores



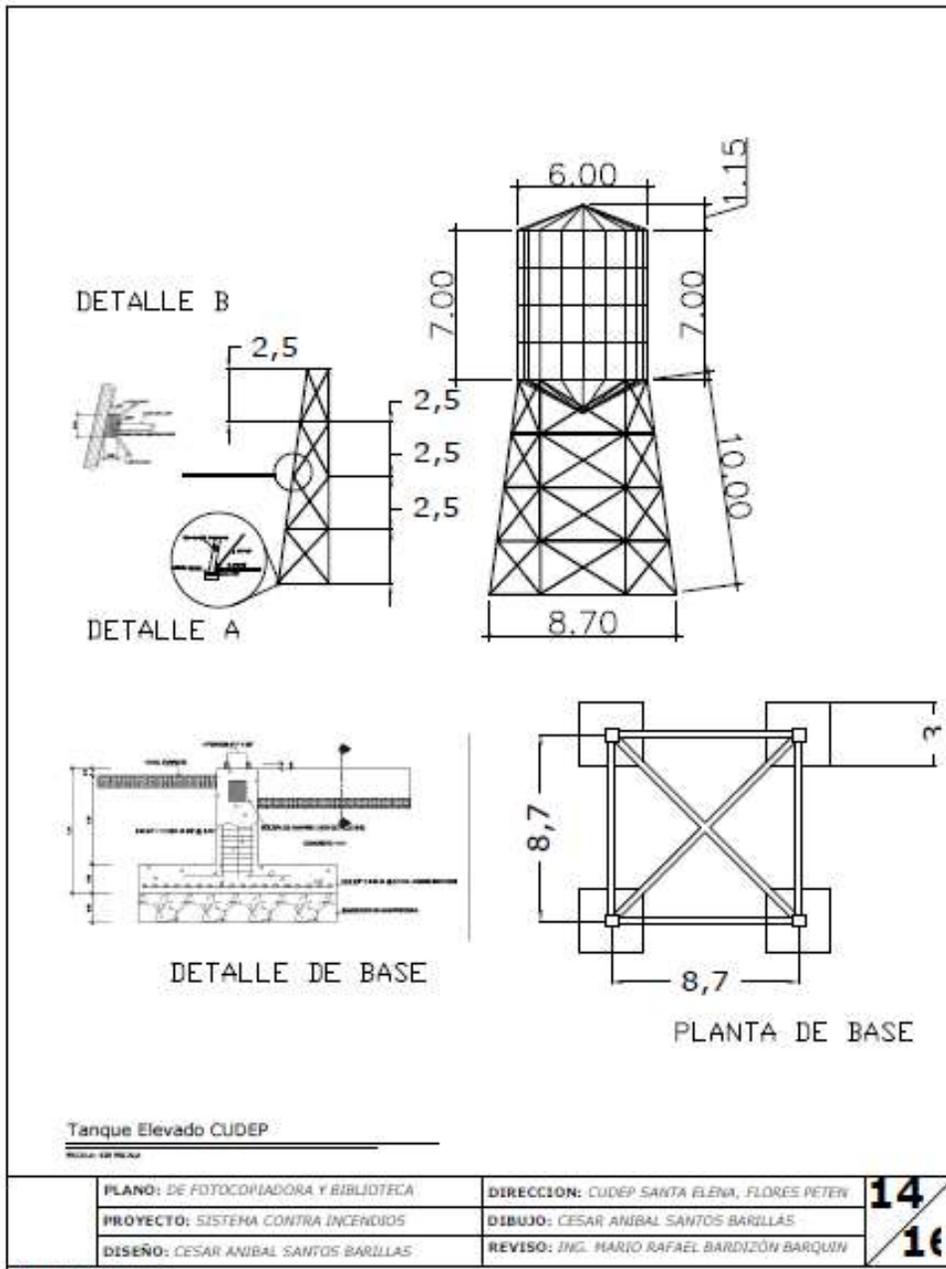
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 13. Planta fotocopiadora, rociadores



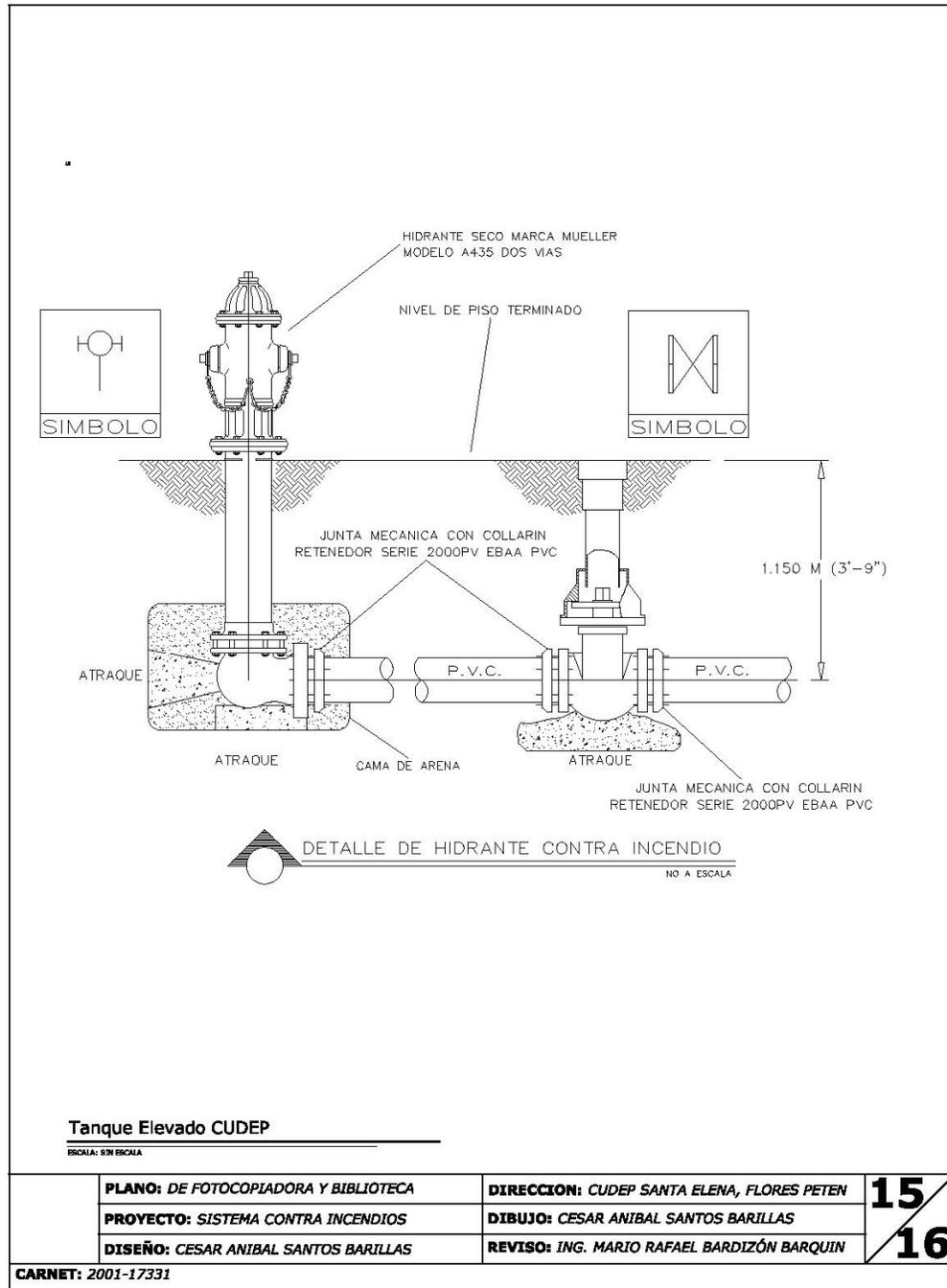
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 14. Detalles de tanque elevado



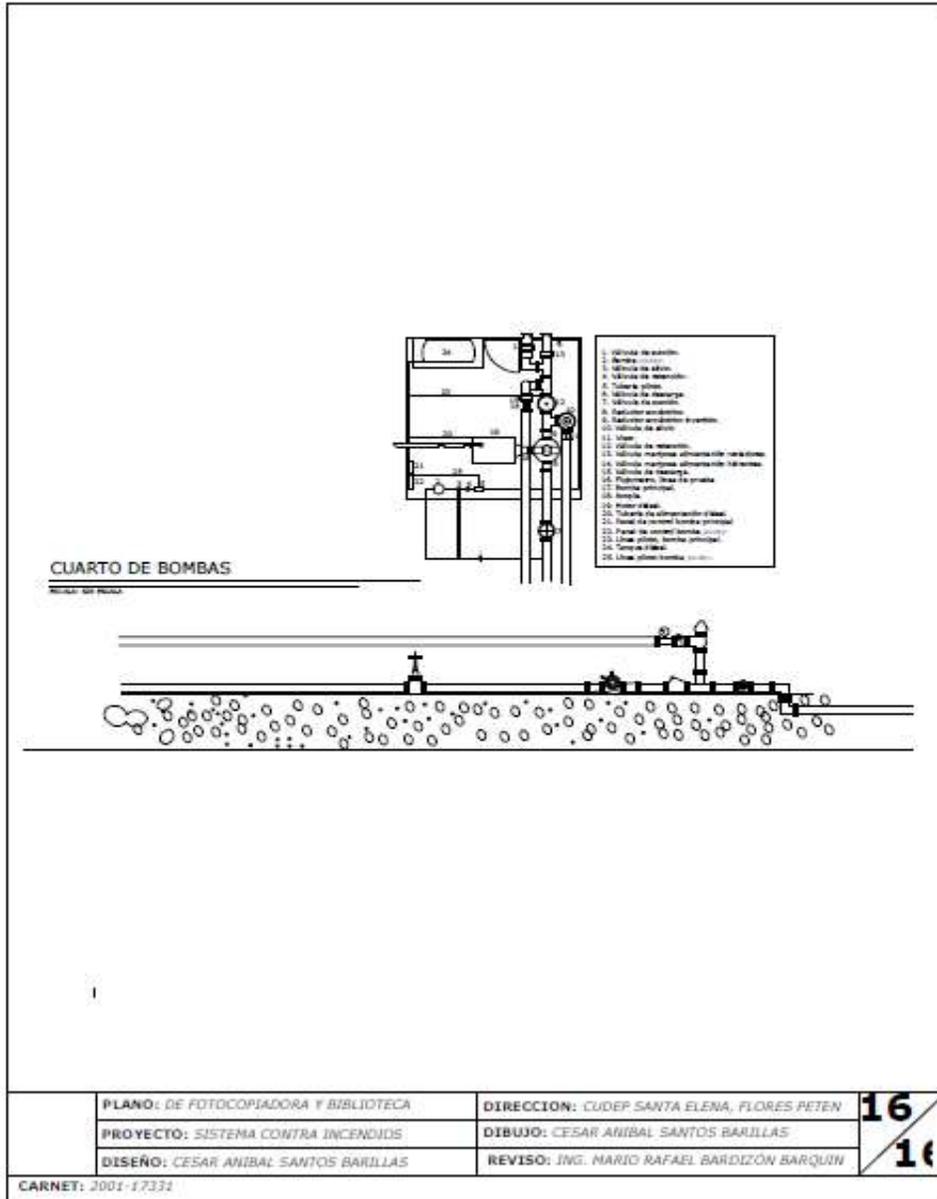
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 15. Detalles de hidrantes y atraque



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 16. Detalles de cuarto de bombas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 17. **Detalles de cuarto de bombas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD y Google Earth 2019.

Apéndice 18. **Fachada edificio CUDEP**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 19. **Vista panorámica pasillo CUDEP**



Fuente: elaboración propia.

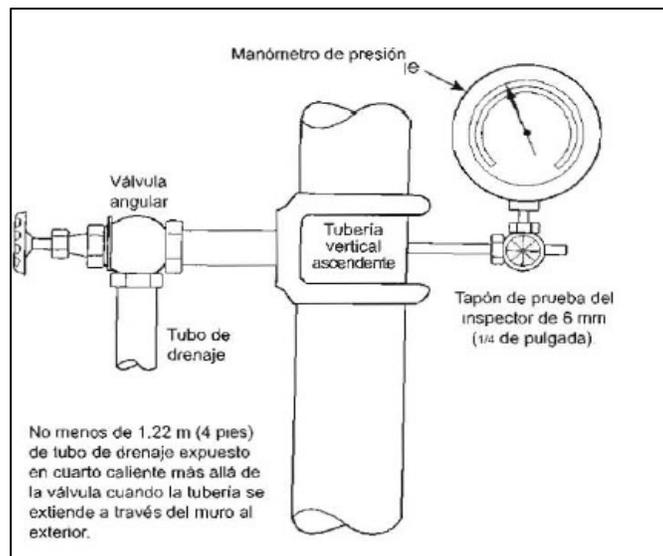
Apéndice 20. **Área de parqueo, instalación de hidrantes**



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Tubería drenaje



Fuente: Organización iberoamericana de protección contra incendio OPCI. *Norma para la instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras.* p. 26.

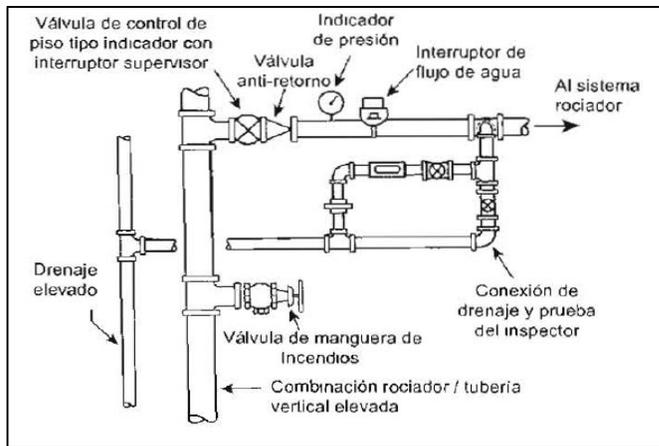
Anexo 2. Capacidad de 1 pie de tubería

Diámetro Nominal de la Tubería en Pulg.	Tubería	
	Cédula 40 (gal)	Cédula 10 (gal)
3/4	0.028	
1	0.045	0.049
1 1/4	0.078	0.085
1 1/2	0.106	0.115
2	0.174	0.190
2 1/2	0.248	0.283
3	0.383	0.433
3 1/2	0.513	0.576
4	0.660	0.740
5	1.040	1.144
6	1.501	1.649 ^b
8	2.66 ^a	2.776 ^c

Para unidades SI, 1 pulgada = 25.4 mm; 1 pie = 0.3048 m; 1 gal = 3,785 L.
^a Cédula 30.

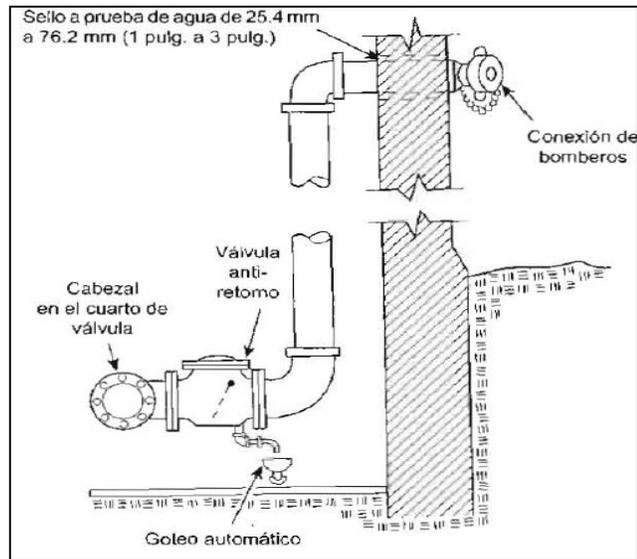
Fuente: Organización iberoamericana de protección contra incendio OPCI. *Norma para la instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras*. p. 39.

Anexo 7. Disposición de tubería aceptable para un sistema combinado rociador/tubería vertical



Fuente: Organización iberoamericana de protección contra incendio OPCI. *Norma para la instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras*. p. 40.

Anexo 8. **Conexión típica de bomberos para sistema de tuberías verticales húmedas**



Fuente: Organización iberoamericana de protección contra incendio OPCI. *Norma para la instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras.* p. 41.

