



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Físicas
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

**Diseño de un sistema de rociadores para la protección
contra incendio en el mercado 03 de febrero – La
Victoria**

MONOGRAFÍA TÉCNICA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Andréi Franz UGARTE VALENTÍN

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Ugarte, A. (2022). *Diseño de un sistema de rociadores para la protección contra incendio en el mercado 03 de febrero – La Victoria*. [Monografía técnica de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Andréi Franz Ugarte Valentín
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46502401
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7529-4304
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	-
Tipo de documento de identidad	-
Número de documento de identidad	-
URL de ORCID	-
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MANUEL VICIENTE HERQUINIO ARIAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	21288812
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	JAIRO PINEDO TAQUIA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	44754057
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JORGE LUIS GASTELO VILLANUEVA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08434899
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.2.5.2. Recursos Hídricos
Grupo de investigación	No Aplica

Agencia de financiamiento	PROPIA
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: La Victoria Latitud: -12.0651690 Longitud: -77.0119785
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del PERÚ, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

XIII CAP DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

**ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE LA MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS, MODALIDAD DE
TITULACIÓN M-3 – POR SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Siendo las 15:00 horas del día martes 13 de diciembre de 2022, en la Sala de Sesión Virtual de la Facultad de Ciencias Físicas, bajo la presidencia del Ing. MANUEL VICENTE HERQUINIO ARIAS y con la asistencia de los miembros Mg. Ing. JAIRO PINEDO TAQUIA y el Dr. Ing. JORGE LUIS GASTELO VILLANUEVA, se dio inicio a la Sesión Pública Virtual de Sustentación de la Monografía Técnica para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, mediante la Modalidad de Titulación M-3 Por Suficiencia Profesional, del Bachiller:

ANDRÉI FRANZ UGARTE VALENTÍN

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente, e invitó al Bachiller ANDRÉI FRANZ UGARTE VALENTÍN, a realizar la Exposición del trabajo de la Monografía Técnica titulada “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ROCIADORES PARA LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO EN EL MERCADO 03 DE FEBRERO – LA VICTORIA”.

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller a abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado. Se procedió a promediar la nota final del curso de actualización y la nota de la sustentación para obtener la calificación final.

Al término de la deliberación del Jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida por el Bachiller, la misma que fue:

.....Diecisiete.....(17)

El Presidente del Jurado Ing. MANUEL VICENTE HERQUINIO ARIAS, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller ANDRÉI FRANZ UGARTE VALENTÍN Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 16:00 horas, del mismo día, se levantó la sesión.

Ing. MANUEL VICENTE HERQUINIO ARIAS
PRESIDENTE DEL JURADO

Mg. Ing. JAIRO PINEDO TAQUIA
MIEMBRO DEL JURADO

Dr. Ing. JORGE LUIS CASTELO VILLANUEVA
MIEMBRO DEL JURADO



UNMSM

Firmado digitalmente por LOZANO
BARTRA Whualker Enrique FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25.12.2022 19:57:17 -05:00

DR. WHUALKUER ENRIQUE LOZANO BARTRA
VICEDECANO ACADÉMICO FCF

Datos de la plataforma virtual institucional del acto de sustentación:

<https://us06web.zoom.us/j/87815917297?pwd=QUNmVk11bHQ2WnFZeXp2VE1wcTNCdz09>

ID de reunión: 878 1591 7297

Código de acceso: 365548

Grabación archivada en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/file/d/11z6c8PqhonQUfHjzSXwyJtD4bBjgF_3W/view?usp=share_link

Anexo 1

Informe de evaluación de Originalidad

1. Facultad de Ciencias Físicas
2. Escuela/Unidad de Posgrado
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos
3. Autoridad Académica que emite el informe de originalidad
El Director de la EPIMF
4. Apellidos y nombres de la autoridad académica
Sarango Julca Douglas Donal
5. Operador del programa Informático de similitudes
Dr. Ing. Douglas Sarango Julca
6. Documento evaluado (1)
"DISEÑO DE UN SISTEMA DE ROCIADORES PARA LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO EN EL MERCADO 03 DE FEBRERO – LA VICTORIA"
7. Autor del documento (2)
ANDRÉI FRANZ UGARTE VALENTÍN
8. Fecha de recepción del documento 28/11/22
9. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes 30/11/22
10. Software utilizado
 - Turnitin (X)
 - Ithenticate
 - Otro (especificar)
11. Configuración del programa detector de similitudes
 - Excluye textos entrecomillados
 - Incluye Bibliografía
 - Excluye cadenas menores a 40 palabras
12. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes³
4%
13. Fuentes originales de las similitudes encontradas⁴
14. Observaciones
Ninguna
15. Calificación de originalidad
 - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones (X)
 - Documento cumple criterios de originalidad, con observaciones
 - Documento no cumple criterios de originalidad
16. Fecha del Informe 24 /12 /22



Firmado digitalmente por SARANGO
JULCA Douglas Donal FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26.12.2022 09:46:12 -05:00

DR. ING. Douglas Sarango Julca
DIRECTOR (e) DE LA EPIMF

-
- 1 Otro (especificar) Monografía Técnica Modalidad de Titulación M-3
Suficiencia Profesional
 - 2 Apellidos y Nombres completos
 - 3 En letras y números
 - 4 Indicarlas en orden decreciente y su respectivo porcentaje

Dedicatoria

La presente monografía técnica está dedicada a Dios, a mis padres, mi hermano y a mis profesores de la facultad.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	2
Resumen	9
Capítulo I. Generalidades	10
1.1. Introducción	10
1.2. Importancia del Tema	11
1.3. Identificación del Problema	12
1.4. Propuesta de Solución	12
1.5. Objetivo general y objetivos específicos	12
1.5.1. Objetivo General.....	12
1.5.2. Objetivos Específicos	13
Capítulo II. Marco Teórico.....	14
2.1. Antecedentes.....	14
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	14
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	15
2.2. Bases teóricas fundamentales	16
2.2.1. El Fuego.....	16
2.2.2. Tipo de Riesgos.....	19
2.2.3. El Agua.....	20
2.2.4. Sistemas Contra Incendio:.....	23
2.2.5. Sistemas Contra Incendios a base de agua.....	24
2.2.6. Sistemas Hidrantes	25
2.2.7. Sistemas de Rociadores.....	26
2.2.8. Rociadores	28
2.2.9. Cisterna de agua contra incendio	30
2.2.10. Sistema de Bombeo (bombas):.....	31
2.2.11. Red Hidráulica (tuberías)	32

2.3.	Bases teóricas de ingeniería	33
2.3.1	Presión de fluidos	33
2.3.2	Caudal	34
2.3.3	Ecuación de Continuidad:	34
2.3.4	Diferencia entre canales y tuberías.....	35
2.3.5	Flujo del agua en Tuberías	36
2.3.6	Régimen de Flujo	36
2.3.7	Pérdidas de energía por fricción	37
2.3.8	Ecuación de Darcy-Weisbach.....	37
2.3.9	Ecuación Hazen William.....	38
2.3.10	Principio de Bernoulli	40
2.3.11	Teorema de Torricelli	42
2.3.7	Carga Piezométrica:	42
Capítulo III.	Desarrollo metodológico	44
3.1.	Ubicación del proyecto.....	44
3.2.	Descripción de instalaciones existentes y proyectadas.....	44
3.3.	Estándares para toma de datos y/o instrumentos, normatividades.....	47
3.4.	Consideraciones de diseño	49
3.4.1	Identificación de los tipos de riesgos	49
3.4.2	Pre - Cálculos de Caudal y capacidad volumétrica de la cisterna	50
3.4.3	Selección del Tipo y Tamaño de los Rociadores	52
3.4.4	Esquema de Distribución de la Red de rociadores	52
3.5.	Cálculos de Ingeniería	53
3.5.1	Calculo de la Presión Mínima en la Red de Distribución.....	53
3.5.2	Cálculo para determinar presión y caudal de operación	57
3.5.3	Selección de los equipos del sistema de Bombeo	86
3.5.4	Capacidad volumétrica requerida para la cisterna de agua	90

Capítulo IV. Resultados y Discusión	91
4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	91
Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones	92
5.1. Conclusiones	92
5.2. Recomendaciones	93
Bibliografía.....	94
Anexos.....	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla Unidades de viscosidad dinámica, η	21
Tabla 2. Tabla Unidades de viscosidad cinemática, ν	22
Tabla 3. Tabla de las propiedades físicas del agua en Unidades del SI.....	23
Tabla 4. Tabla del tamaño nominal de los orificios de los rociadores	30
Tabla 5. Tabla de clasificación de colores por temperatura.....	30
Tabla 6. Principales Valores de la constante de pérdida de fricción C.	40
Tabla 7. Tabla para asignación de chorros	51
Tabla 8. Tabla de cálculo hidráulico del tramo F-G al tramo II-JJ.....	85
Tabla 9. Longitudes equivalentes de tuberías de acero de cédula 40.	96
Tabla 10. Dimensiones de tuberías de acero	96
Tabla 11. Costo estimado de la implementación del diseño de Rociadores	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tetraedro de fuego.....	17
Figura 2. Formas de Extinción del Fuego.....	19
Figura 3. Esquema de un sistema de rociadores, reuniendo varias fuentes de abastecimiento y aditamentos del sistema.....	27
Figura 4. Diseño de un sistema de rociadores húmedo.....	28
Figura 5. Cisterna de agua contra incendio, en proceso de construcción.....	31
Figura 6. Sistema de Bombeo.....	32
Figura 7. Red hidráulica de tuberías	33
Figura 8. Escurrimiento a través de dos secciones	35
Figura 9. Diferencia entre canales y tuberías	35
Figura 10. Distribución de las velocidades de una tubería (Flujo Lamina y Flujo Turbulento)	36
Figura 11. Representación gráfica del teorema de Bernoulli	40
Figura 12. Escurrimiento a través de dos secciones	41
Figura 13. Flujo desde un tanque.....	42
Figura 14. Presiones a diferente altura	43
Figura 15. Ubicación del Mercado 03 de febrero.....	44
Figura 16. Gabinete clase 2 instalado en el mercado 3 de febrero.....	45
Figura 17. Placa de la bomba principal	46
Figura 18. Placa del motor de la bomba principal.....	46
Figura 19. Placa electrobomba Jockey	46
Figura 20. Sistema de bombeo ACI existente	47

Figura 21 Distribución de tiendas del mercado 03 de febrero.....	49
Figura 22. Distribución de tiendas del mercado 3 de febrero.....	50
Figura 23. Curva densidad / área.....	50
Figura 24. Rociador Upright marca Tyco.....	52
Figura 25. Isométrico de la distribución de Rociadores del piso 3.....	53
Figura 26. Imagen representativa para la determinación de L y S.....	54
Figura 27. Arreglo de Rociadores de la zona hidráulicamente más desfavorecida (piso 3).	54
Figura 28. Perfil del área de diseño.....	56
Figura 29. Rangos de operación de diversos modelos de bombas Hidrostal.....	87
Figura 30. Curva característica de la bomba Hidrostal Modelo 65-200.....	88
Figura 31. Curva de caudal Potencia bomba Salmson Modelo 406.....	89
Figura 32. Plano de Ubicación.....	98
Figura 33. Plano de distribución de Riesgos Sótano 1 – Piso 1.....	99
Figura 34. Plano de distribución de Riesgos Piso 2 – Piso 3.....	100
Figura 35. Plano de distribución de Rociadores Sótano.....	101
Figura 36. Plano de distribución de Rociadores Piso 1.....	102
Figura 37. Plano de distribución de Rociadores Piso 2.....	103
Figura 38. Plano de distribución de Rociadores Piso 3.....	104
Figura 39. Plano de corte cuarto de bombas.....	105

Resumen

En la presente monografía técnica, se elabora el "Diseño de un sistema de Rociadores para la protección contra incendio en el mercado 03 de febrero - La Victoria". El cual complementará al sistema de gabinetes ya instalados y proporcionará mayores cuidados a las personas, a las infraestructuras, a los enceres, reduciendo riesgos, frente a un incendio.

Para dicho diseño, se verifica los tipos de riesgos existentes en la edificación y se realiza la distribución de los Rociadores, siguiendo los lineamientos de diseño, estipulados en la NFPA 13.

A partir de dicha distribución se efectúa los cálculos hidráulicos para obtener, el caudal y la presión de diseño, asimismo también aborda los cálculos para una adecuada selección de la máquina que proporcionará energía hidráulica, que en este caso es una bomba principal y Jockey, acorde a estos nuevos parámetros de operación.

Por último, corrobora el Volumen requerido para el diseño propuesto.

Capítulo I. Generalidades

1.1. Introducción

Casi en su gran mayoría de locales como el mercado 03 de febrero al igual que toda propiedad dedicada al comercio, están expuestas a potenciales incendios, los cuales afectarían a los seres vivos, a las estructuras y materiales, produciendo en muchos casos, la pérdida de los mismos, es por ello que necesitan de una adecuada protección contra incendio, que permita minimizar estos riesgos, y conseguir ambientes confiables.

Partiendo de este principio básico el cual es “seguridad y cuidado a la vida, a la infraestructura y enceres”, dan origen a esta monografía técnica, la cual diseña y calcula los elementos de un sistema de seguridad denominado Rociadores, con el fin de proteger y prevenir un incendio, partiendo de un análisis minucioso y estableciendo una metodología de fácil comprensión, utilizando los elementos de la ciencia de los fluidos, en búsqueda de un diseño adecuado y confiable, que cumpla con las normativas nacionales (RNE) e internacionales (NFPA).

Diseño que complementará la ineficiente protección contra incendio, que actualmente tiene el mercado y validando, si componentes principales como el sistema de bombeo, serán adecuados o no para nuestro sistema propuesto.

1.2. Importancia del Tema

En la actualidad las instalaciones de protección contra incendio tienen diseños de última generación que actúan automáticamente como los sistemas de rociadores, y no depende de la intervención humana para su activación, como es el caso de los extintores o las mangueras, es por esta característica que los sistemas de rociadores son muy importantes en la protección contra incendio, igualmente este sistema, previene el fenómeno denominado “Flashover” también llamado “combustión súbita general” la cual se caracteriza por una repentina propagación del incendio a sectores que no estaban comprometidos, dentro de una misma área, producto de la radiación de las llamas que inciden en el techo.

Los sistemas de Rociadores evitan que la temperatura del recinto se eleve, extinguiendo o controlando el fuego.

En este caso en particular el diseño protegerá a los ambientes del mercado 03 de febrero, y esta implementación futura, permitirá que la edificación cumpla con las normativas vigentes para su funcionamiento.

1.3. Identificación del Problema

El Mercado 03 de Febrero, está expuesto a cualquier siniestro de incendio debido a los productos que expenden y los que tienen en stock, como resultado tienen altísimos riesgos aunados a la poca protección contra incendio con la que cuenta, exponiendo la vida de los usuarios, transeúntes, sus propiedades y de terceros, asimismo y como consecuencia directa de este problema, también incumple con el reglamento nacional de edificaciones, y la NFPA.

Actualmente el mercado cuenta con un sistema de gabinetes compuesto por 5 gabinetes por cada piso, haciendo un total de 15 gabinetes para toda la edificación, los cuales no alcanzan a cubrir toda la cobertura del mercado, asimismo otras áreas como el interior de cada tienda requieren de una protección más sofisticada y automatizada, los cuales no se contempló, debido posiblemente a un deficiente análisis de riesgos.

1.4. Propuesta de Solución

Todo incendio o amago de incendio puede reducirse a un mínimo, siempre en cuando cuente con sistemas adecuados de atención rápida al siniestro como los sistemas de Rociadores, este trabajo propone diseñar dicho sistema con la visión de su implementación en el Mercado 03 de febrero, y complementar con ello al sistema de gabinetes ya existente.

El fin es obtener que dicho mercado, sean un lugar efectivamente confiable, y que cumplan con las normas legales.

1.5. Objetivo general y objetivos específicos

1.5.1. Objetivo General

Implementar un diseño de “Sistema de prevención y atención rápida de Rociadores contra incendio”, para el mercado 03 de febrero – La Victoria, siguiendo la norma NFPA, específicamente a la NFPA 13, el cual solucionará el problema de los altos riesgos

presentes ante un evento de incendio en dicho mercado, reduciéndolos al mínimo, previniendo y controlando la ignición de fuentes combustibles y garantizando una calidad de vida.

1.5.2. Objetivos Específicos

1. Cualificar los riesgos presentes en las instalaciones del mercado.
2. Elaborar un esquema de arreglo de tuberías para el sistema de Rociadores.
3. Calcular la presión y el caudal requeridos, para el sistema de Rociadores planteado.
4. Seleccionar los equipos de bombeo y validar si los equipos existentes cumplen con los nuevos parámetros de operación.
5. Calcular la capacidad volumétrica de la cisterna de agua requerida

Capítulo II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes nacionales

- Ñingle, en el 2014 en su trabajo titulado “Cálculo-selección e implementación de un sistema de protección contra incendio para un edificio de oficinas del centro Empresarial Armendáriz”, empleó métodos como enfriamiento y sofocación para la mitigación del fuego usando como agente extintor al Agua mediante el empleo de Rociadores y mangueras, del mismo modo la presente monografía toma aspectos básicos que se abordaron en dicho diseño de rociadores, pero enfocados a la protección contra incendio de un mercado el cual cuenta con otro tipo de Riesgos.
- Perez Piñas en el año 2016, en su trabajo titulado “Cálculo-selección para un sistema de Rociadores contra incendio” calculó y seleccionó un sistema de rociadores para un colegio empleando una metodología practica y sencilla asimismo en dicha investigación también seleccionó las bombas contra incendio que cumpliesen con su diseño propuesto, es gracias a este trabajo previo que la presente monografía toma como antecedente para comprobar el proceso de diseño y los cálculos hidráulicos para el mercado en cuestión.
- Quispe, 2019 en su tesis titulada “Cálculo - sistema contra incendio para una planta de generación de energía en la industria láctea”, realiza los cálculos hidráulicos para el sistema de Rociadores y gabinetes tipo 3, también realiza la selección del sistema de bombeo, siguiendo parámetros de selección adecuados para los sistemas contra incendio; la presente monografía también ocupa realizar una selección de equipos de bombeo, para lo cual este trabajo previo nos permite corroborar parámetros e interpretar el dimensionamiento y selección.

2.1.2. Antecedentes internacionales

- Martínez & Barreto, en el año 2017, en su artículo “Diseño de un Sistema Contra Incendio para una Empresa Productora de Cereales”, en Guayaquil – Ecuador. Determinó las condiciones de diseño usando una combinación de sistemas y equipos: mangueras extintores y rociadores, considerando las recomendaciones mínimas de seguridad y protección que estipula la NFPA, realizando los cálculos correspondientes al diseño y selección de materiales para elaborar los planos correspondientes.

Esta monografía técnica toma como antecede dicho artículo, ya que también desarrolla un proceso de diseño, particularmente el de Rociadores y selección de los equipos de bombeo. Asimismo, al tener como base común las normas NFPA, el artículo descrito, nos permite validar las interpretaciones de dicha norma en nuestro proceso de diseño.

- Diéguez Bello (2020) en su proyecto de grado; “Diseño de instalación contra incendios en nave de almacenamiento de producto textiles” Desarrolla las bases esenciales para un diseño de un sistema de rociadores siguiendo la normativa establecida por el reglamento de instalaciones de protección contra incendio (RIPCI) y normas UNE (Asociación española de Normalización) partiendo por la clasificación de Riesgos y desarrollando una metodología de cálculos hidráulicos hasta determinar los requerimientos de presión y caudal, nuestra presente monografía, está basada en los lineamientos de la NFPA, sin embargo ajustamos algunos criterios empleados en dicho diseño, orientándolo a nuestro caso en particular.

2.2. Bases teóricas fundamentales

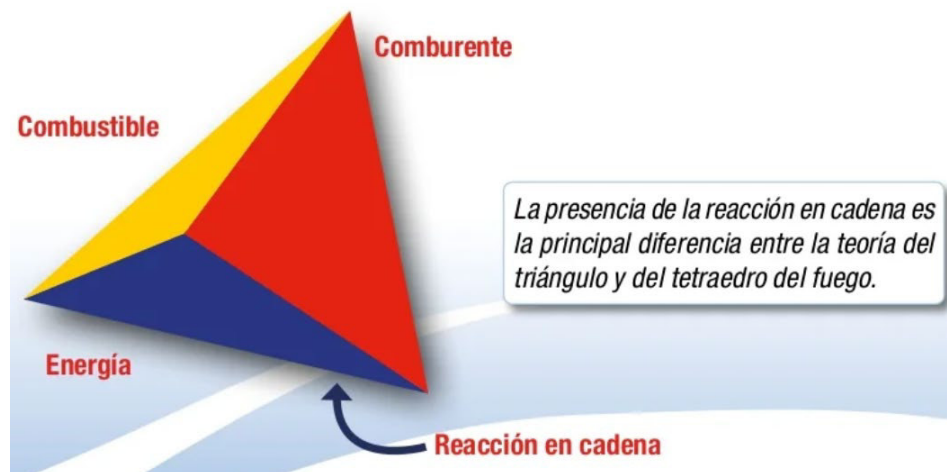
2.2.1. El Fuego

Se explica al fuego, como una reacción química de combustión, con componentes de oxidación y reducción, a una elevada temperatura, en cuya reacción libera energía en 2 formas, calor y luz (reacción exotérmica), para que ocurra este fenómeno químico es necesario 3 componentes, conocidos como el triángulo de fuego. (Cifuentes & Garzón, 2020)

El Triángulo-tetraedro del fuego

El triángulo de fuego son los factores imprescindibles para comenzar el fuego, dichos componentes deben combinarse simultáneamente, el combustible (componente que arde), el comburente (el oxígeno) y el tercer componente la energía de activación (calor), la carencia de uno de los componentes hará imposible la combustión, pero existe un cuarto componente que determina si el fuego se vuelve un incendio, la “reacción en cadena”, si la necesaria energía en modo de calor desprendido de la inicial combustión alcanza a otro material combustible con el suficiente oxígeno, se producirá el fuego y de forma consecutiva a otros materiales, ello da como resultado la reacción en cadena y el llamado Tetraedro de fuego, mostrado en la Figura 1 que es representado por un tetraedro y una llama incandescente.

Figura 1. Tetraedro de fuego



Nota. Tomada de guía de Auto instrucción N° 1 El fuego y los incendios (p.9) por S. Albornoz; J. Chereau; S. Araya, 2016

Combustible: es el componente que sufre la reacción de oxidación-reducción, los combustibles pueden encontrarse en los 3 diferentes estados de la materia.

- Sólidos: los más comunes, carbón, madera, papel, plásticos, etc.
- Líquidos: principalmente, alcohol, gasolina, aceites, etc.
- Gaseosos: los de mayor riesgo, gas natural, hidrogeno, metano, etc.

Comburente: es principalmente el oxígeno que se encuentra en el aire, para producir la combustión es necesario que exista entre un 16% y 21%, en menores proporciones la reacción química de combustión se extinguirá.

Energía de activación (calor): es el calor mínimo que requiere un elemento (en estado sólido, líquido o gaseoso), para variar su temperatura y combinado con el oxígeno, reaccionen al punto de producir la combustión, y que pueda mantenerse independiente de otras fuentes de calor, esta energía varía dependiendo el material.

Reacción en cadena: es la propagación de calor de forma auto sustentada capaz de brindar la energía requerida de un material en combustión a otro, causando reacciones consecutivas, solo la interrupción de uno de los elementos del triángulo de ignición puede cortar la activación en cadena.

Clases de Fuego

Basados en la norma internacional NFPA 10 en su capítulo 5.2, de su edición del 2007, organiza el fuego en diferentes clases:

- **Clase A**

Es el fuego que se origina como producto de la combustión de materiales sólidos, los más comunes entre ellos, papel, tela, carbón, plásticos, etc.

- **Clase B**

Es el fuego que se origina como producto de la combustión de materiales líquidos inflamables, solventes, combustibles, alcoholes, lacas y gases inflamables.

- **Clase C**

Es el incendio donde el fuego es producto de equipos eléctricos, o que se encuentran con carga eléctrica, y con una alta conductividad eléctrica

- **Clase D**

Es el fuego que se origina por la oxidación-reducción de metales altamente combustibles, entre ellos el sodio, potasio, circonio y magnesio.

- **Clase K**


Es el fuego que se origina como producto de la combustión de equipos que sirvan de combustibles en la cocina como los aceites, sean de naturaleza animal, mineral o grasas. .

(National Fire Protection Association, 2019)

Formas de extinción del fuego:

Como se determinó anteriormente el fuego tiene 4 componentes, y la carencia o falta de uno de ellos hará que el incendio sea controlado y posteriormente reducido hasta el punto de que se extinga, evitando así su propagación, según el componente que se pretenda eliminar existen 4 formas de mitigar el incendio que se describirán en la subsiguiente imagen.

Figura 2. Formas de Extinción del Fuego

Componente	Formas de extinción	Definición	Ejemplo
Calor	Enfriamiento	Aplicación de un agente como el agua que absorbe energía calórica para reducir o detener la combustión.	
Combustible	Segregación	Retirar o cortar el paso de combustible durante la combustión o dejar que se quemé hasta que se agote el combustible.	
Comburente	Sofocación	Bajar la concentración del comburente del lugar de la combustión mediante la aplicación de un gas más pesado que el aire o generación de vapor de agua.	
Reacción en cadena	Inhibición	Detener la reacción o quitarle energía para que no continúe por el material aplicando inhibidores como el Polvo Químico Seco.	

Nota. Tomada de guía de Auto instrucción N° 1 El fuego y los incendios (p.10) por S. Albornoz; J. Chereau; S. Araya, 2016

2.2.2. Tipo de Riesgos

Riesgo Leve o Bajo. – Se determina como los lugares o recintos con un bajo nivel de ocupación de riesgo, contiene muy poca cantidad de combustible (clase A, B), y se calcula un nivel de calor liberado en un rango muy bajo. (National Fire Protection Association, 2018a)

Riesgo Ordinario Tipo 1.- Son ocupaciones de riesgo moderado, al igual que el riesgo level también pueden ser provocados por combustibles de Clase A y Clase B, pero en una escala moderada, la cantidad de agente combustible no superan los 2,4 m (8 ft) en forma apilada, y se estima un calor liberado en un rango moderado. (National Fire Protection Association, 2019)

Riesgo Ordinario Tipo 2.- Son las ocupaciones de riesgo moderado a alto, la concentración de material combustible o apilada no superan la altitud de 8ft de riesgo alto, y de 12ft riesgo moderado, la cantidad de calor liberado se estima en un rango alto. (National Fire Protection Association, 2019)

Riesgo Extra. – Son ocupaciones que presentan riesgos elevados, el volumen de material combustible de tipo A al igual que el material del tipo B y su combustibilidad es alta, se estima que ante un eventual incendio su propagación es rápida, con altísimas cantidades de liberación de calor, generalmente estas áreas cuentan con material altamente inflamable como; almacenes de materiales clase A, al igual que materiales de clase B, se puede catalogar en riesgo extra I y II, con la diferencia que las ocupaciones de riesgo extra I son de materiales sólidos y nula presencia de combustibles líquidos, al contrario la ocupación de riesgo extra II que son en su mayoría líquidos altamente inflamables. (National Fire Protection Association, 2019)

2.2.3. El Agua

Es una molécula que se compone de 2 volúmenes de hidrógeno y 1 volumen de oxígeno (H₂O), es la sustancia con mayor presencia en la corteza terrestre y se halla en los 3 estados de la materia de forma natural. Para nuestro diseño de sistemas de rociadores a realizar, el elemento extintor será el agua en su estado líquido, por lo que es importante tener conocimiento de sus características inherentes:

Densidad

Es la proporción de masa entre el volumen unitario de un elemento, esta relación varía con la temperatura de la sustancia. En los cálculos hidráulicos la densidad es una propiedad que usamos. (Mott & Untener, 2015)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \text{ para el agua}$$

Donde:

ρ = Densidad, kg/m³

m = Masa, kg

V = Volumen, m³

Peso específico

Se determina como la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia.

Cuya unidad de medida se expresa kg/m^3 o lb/ft^3 . (Mott & Untener, 2015)

$$\gamma = \rho \cdot g$$

Donde:

γ = Peso específico. (N/m^3)

ρ = Densidad. (kg/m^3)

g = Aceleración de la gravedad. (m/s^2)

Viscosidad

Es una medida de la permitividad con que transita un fluido y se mide en s/m^2 o s/ft^2 .

Existen 2 tipos, la viscosidad dinámica y la cinemática. (Mott & Untener, 2015)

Viscosidad dinámica, η

También llamada viscosidad absoluta, es la resistencia interior del fluido a dejarse cortar (o a que se deslicen entre si las moléculas).

$$\tau = \eta \left(\frac{\Delta v}{\Delta y} \right)$$

τ = Esfuerzo cortante

$\left(\frac{\Delta v}{\Delta y} \right)$ = Gradiente de velocidad

η = Viscosidad dinámica

Tabla 1. Tabla Unidades de viscosidad dinámica, η

Unidades de viscosidad dinámica, η (letra griega eta)	
Sistema de unidades	Unidades de viscosidad dinámica (η)
Sistema Internacional (SI)	$\text{N}\cdot\text{s/m}^2$, $\text{Pa}\cdot\text{s}$ o $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$
Sistema de uso común en Estados Unidos	$\text{lb}\cdot\text{s/ft}^2$ o $\text{slug}/(\text{ft}\cdot\text{s})$
Sistema cgs (obsoleto)	$\text{poise} = \text{dinas}\cdot\text{s/cm}^2 = \text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}) = 0.1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
Nota. Tomada	$\text{centipoise} = \text{poise}/100 = 0.001 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 1.0 \text{ mPa}\cdot\text{s}$

Nota. Tomada de Mecánica de Fluidos, (p. 22), por R. L. Mott & J. A. Untener, 2015, Pearson

Viscosidad cinemática, ν

Refiere a la oposición del fluido a dejarse cortar por la fuerza de la gravedad, lo que se obtiene con el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad del líquido

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

ν = Viscosidad cinemática

η = Viscosidad dinámica

ρ = Densidad del líquido

Tabla 2. Tabla Unidades de viscosidad cinemática, ν

Unidades para la viscosidad cinemática, ν (letra griega nu)	
Sistema de unidades	Unidades de viscosidad dinámica (ν)
Sistema Internacional (SI)	m^2/s
Sistema de uso común en Estados Unidos	ft^2/s
Sistema cgs (obsoleto)	stokes = $\text{cm}^2/\text{s} = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ centistoke = stoke/100 = $1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$

Nota. Tomada de Mecánica de Fluidos, (p. 22), por R. L. Mott & J. A. Untener, 2015, Pearson

En la siguiente tabla se detalla las propiedades físicas del agua a diferentes temperaturas:

Tabla 3. Tabla de las propiedades físicas del agua en Unidades del SI

Unidades del SI [101 kPa (abs)]				
Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.50×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

Nota. Tomada de Mecánica de Fluidos, (p. 25), por R. L. Mott & J. A. Untener, 2015, Pearson

2.2.4. Sistemas Contra Incendio:

Un sistema contra incendios son todos aquellos aparatos, tecnologías, equipos, sistemas de detección o de alarma combinados entre sí, con la capacidad de controlar y extinguir un incendio, así mismo de dominar los subproductos resultantes de la combustión como el humo y cenizas, evitando que el incendio se propague sin control.

Se clasifican los diferentes sistemas contra incendios de acuerdo a su función:

- Función de detección: estos sistemas son capaces de detectar humo y/o temperatura y dar un aviso de incendio.

- Función de alarma: son todos las luces, pulsadores y sirenas, que dan sobre aviso a todos a su alrededor para que se pongan a cubierto y a salvo del incendio.
- Función de extinción/supresión: son los sistemas de rociadores, gabinetes, extintores, etc. Que ayudan a combatir de forma directa el incendio.
- Función de corte rápido: son sistemas basados en el corte del suministro de los componentes del fuego, ventilación mecánica, corte del combustible y protección de los puntos de evacuación.

A su tipo de extintor:

- Agua: las diferentes formas de suministrarla; chorro, pulverizada, niebla o lluvia.
- Agentes Limpios: los principales son: CO₂, polvo químico, etc.
- Espuma: ejemplos como; inundaciones y cañones.

A su disposición y/o aplicación:

- Sistemas contra incendios fijos: Sistemas de alarmas y de detección, Redes ACI, Ventilación mecánica, etc.
- Equipos móviles: Camiones de bomberos, cisternas, bombas portátiles.
- Equipos portátiles: Monitores, mangueras, extintores y sus diferentes clases, etc.

2.2.5. Sistemas Contra Incendios a base de agua

Los sistemas contraincendios más comunes y usados son a base de agua, no solo porque el agua es elemento más abundante, sino también por su alta eficiencia para mitigar los incendios, estos sistemas mantienen el agua estancada en suministros de gran capacidad (cisternas o tanques), hasta su activación, el sistema también contempla el mecanismo de impulso del agua (bombas) a través de la red de tuberías garantizando una presión constante y distribución uniforme en un tiempo indeterminado, también las válvulas de paso apoyan a conservar de la presión y para futuros mantenimientos, también es

necesario mantener una calidad de agua, y un mecanismo de activación ya sea manual o automático, podríamos clasificar a los sistemas contra incendios a base de agua de diferentes formas en este estudio lo clasificaremos en 2: (National Fire Protection Association, 2020)

2.2.6. Sistemas Hidrantes

Son los sistemas contra incendios basados en válvulas que poseen una o más salidas y que proporcionan enormes cantidades de agua con la finalidad de mitigar la difusión del fuego y posteriormente extinguir el fuego, ellos se localizan de forma estratégica en lugares abiertos y de simple acceso para la intervención de los bomberos con el fin ahorrar tiempo en su uso, basados en la NFPA 25 se clasificarían en 5 tipos: (National Fire Protection Association, 2020)

Hidrante de barril seco.

Hidrante seco.

Hidrante con boquilla monitora.

Hidrante de pared.

Hidrante de barril húmedo.

2.2.7. Sistemas de Rociadores

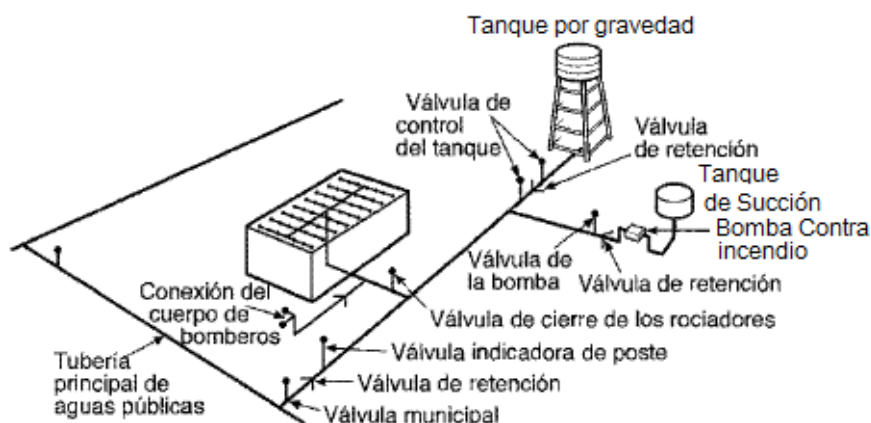
Son los sistemas más eficaces para el control de incendios en su fase temprana, Están compuestos por tuberías aéreas y subterráneas distribuidas en toda la edificación y conectadas con un abastecimiento de agua automático, las tuberías generalmente están ubicadas en las partes superiores y adheridas a ellas se encuentran los Rociadores, los cuales cumplen un patrón sistemático, según la norma NFPA 13. (National Fire Protection Association, 2019)

El sistema comúnmente se activa por acción del calor, desprendido del incendio y provoca que se libere agua sobre la superficie del siniestro, es un sistema complejo compuesto de varias partes, y se pueden clasificar en: (National Fire Protection Association, 2019)

- Sistema de rociadores con anticongelante: es el sistema de tubería húmeda, de activación automática y contiene una solución anticongelante, el anticongelante solo será usada al inicio de la activación.
- Sistema de rociadores de diluvio: es el sistema de rociadores abiertos, controlados por una válvula que se activara al detectar el fuego, los sensores se encontraran en el área de los rociadores.
- Sistema de rociadores de tubería seca: es el sistema de rociadores de tipo automático, que contiene en las tuberías aire o nitrógeno a presión, que es liberada cuando se activa el rociador, que posteriormente el agua abre una válvula para suministrar agua a todos los rociadores abiertos.
- Sistema marítimo: es el sistema de rociadores instalados en embarcaciones o plataforma flotante de todo tipo, usan como suministro el agua en donde se encuentran.
- Sistema de rociadores de acción previa: es el sistema de rociadores de tipo automático, que contiene en las tuberías aire con o sin presión, y un sistema de detección de apoyo cercano a los rociadores.

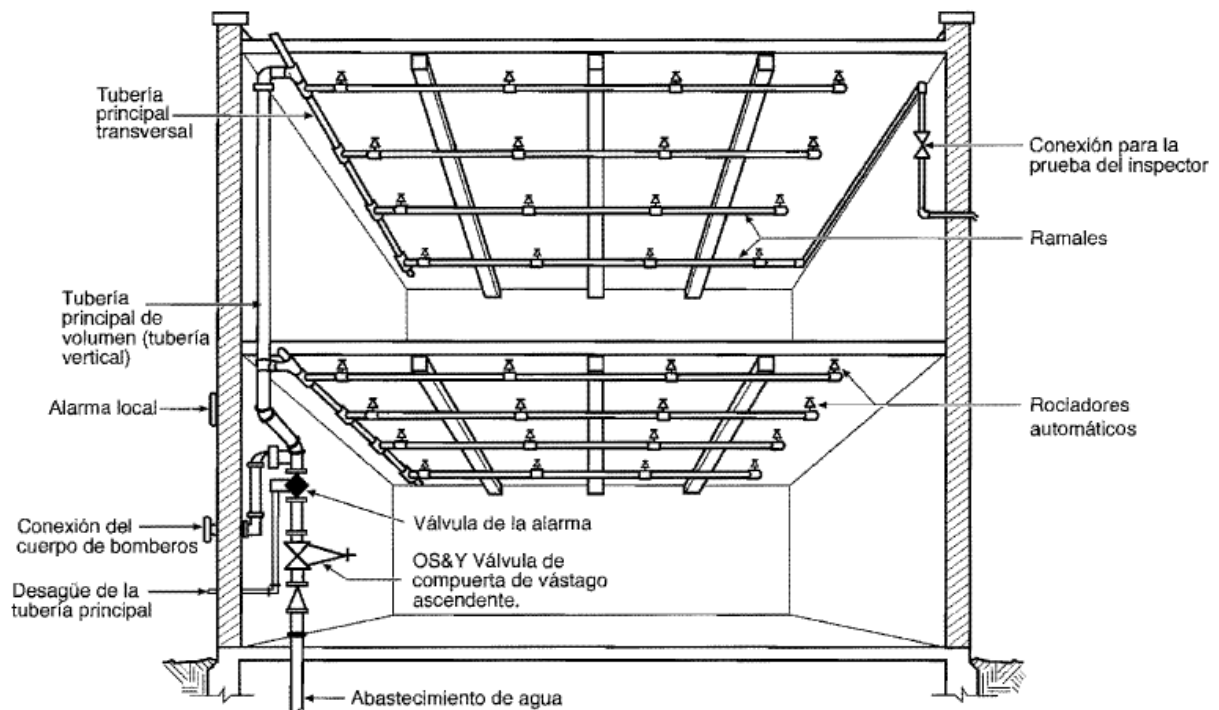
- Sistema de rociadores de tubería húmeda: Es el sistema de rociadores automáticos, compuesta por una red de tuberías que en todo momento contiene agua, conectados a una unidad que suministra agua (cisterna o tanque), que libera agua de forma inmediata desde los rociadores abiertos y activados por el aumento de temperatura (la temperatura de activación se determina por el factor K, varía en cada rociador), para posteriormente distribuir el agua en el área designada, basados en un estudio y diseño considerando normas de seguridad y riesgo, cada red está diseñada específicamente a la estructura del edificio o área a proteger.

Figura 3. Esquema de un sistema de rociadores, reuniendo varias fuentes de abastecimiento y aditamentos del sistema.



Nota. Tomada de Manual de protección contra incendio Vol. 2, (P.181) por NFPA, 5° Edición en español, 2009

Figura 4. Diseño de un sistema de rociadores húmedo



Nota. Tomada de Manual de protección contra incendio Vol. 2, (P.181) por NFPA, 5° Edición en español, 2009

2.2.8. Rociadores

Los Rociadores o Sprinkler están compuestos por un orificio para la salida del agua, el mecanismo de disparo y un deflector que dispersa el chorro de agua.

Dependiendo de la forma de activación los rociadores pueden o no, tener un dispositivo Termosensible, los que no tienen están conectados a detectores de incendio para su activación.

Los rociadores termosensibles tienen la salida taponeada por el elemento termosensible el cual se destruye cuando el Rociador alcanza su temperatura de activación.

Este elemento termosensible puede ser de fusible o de bulbo

Los de fusible están compuesto por dos placas metálicas unidas por soldadura la cual esta calibrada, para que a determinada temperatura la soldadura se ablande, permitiendo que la presión del agua actúe sobre el tapón y haga saltar las dos placas, admitiendo el paso del agua.

Los de bulbo poseen una cobertura de vidrio, la cual sujeta el tapón en su lugar; este bulbo contiene un líquido que no llena el bulbo. Cuando se produce un incendio, el incremento de temperatura proveniente del fuego dilata el líquido del bulbo, produciendo la fractura y liberando a su vez el tapón, permitiendo el paso del agua para cubrir el área de deflagración. (National Fire Protection Association, 2019)

Podemos clasificar a los rociadores por su orientación de instalación en 6 formas según la norma de NFPA 25: (National Fire Protection Association, 2019)

Rociador oculto.

Rociador montado a ras.

Rociador colgante, (Pendent)

Rociador empotrado.

Rociador de pared lateral. (Sidewall)

Rociador montante. (upright)

Factor K

La característica usada para medir el tamaño del orificio del rociador se denomina factor K, y personifica la constante matemática que relaciona el caudal desde el rociador bajo la presión disponible

$$K_n = \frac{Q}{\sqrt{P}}$$

Donde:

K_n = Factor K.

Q = Flujo en un nodo.

P = Presión en un nodo.

Este factor es característico de los rociadores se obtiene experimentalmente en base a los ensayos del fabricante y su relación con el caudal y la presión se basa en la ecuación de Bernoulli, en la misma forma como es aplicada al medidor de Venturi.

Tabla 4. Tabla del tamaño nominal de los orificios de los rociadores

Factor K nominal		Tamaño nominal de orificio	
U.S. [gpm/(psi) ^{1/2}]	Métrico [L/min/(bar) ^{1/2}]	pulg.	mm
1.4	20	¼	6.4
1.9	27	⅝ ₁₆	8.0
2.8	40	⅜	10
4.2	60	⅞ ₁₆	11
5.6	80	½	13
8.0	115	1⅞ ₃₂	13
11.2	160	⅝	16
14.0	200	¾	20
16.8	240	—	—
19.6	280	—	—
22.4	320	—	—
25.2	360	—	—
28.0	400	—	—

Nota. Tabla 21. Tamaños nominales de los orificios de los rociadores. Fuente Norma NPFA 13 Tabla

A.7.2.2.1 Ed. 2019

Tabla 5. Tabla de clasificación de colores por temperatura.

Temperatura máxima del cielorraso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Código de color	Colores del bulbo de vidrio
°F	°C	°F	°C			
100	38	135–170	57–77	Ordinaria	Sin color o de color negro	Naranja o rojo
150	66	175–225	79–107	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
225	107	250–300	121–149	Alta	Azul	Azul
300	149	325–375	163–191	Extra alta	Rojo	Morado
375	191	400–475	204–246	Muy extra alta	Verde	Negro
475	246	500–575	260–302	Ultra alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Naranja	Negro

Nota. Tabla 22. Rangos, códigos de colores de temperatura y clasificaciones. Fuente Norma NPFA

13 Tabla 7.2.4.1 Ed. 2019

2.2.9. Cisterna de agua contra incendio

Las cisternas para agua contra incendio, tienen la función vital de almacenar el volumen preciso para proveer la necesaria presión y el caudal para el perímetro expuesto en el cálculo hidráulico y el nivel de riesgo; este variara referente al tipo y distancia de la red de tuberías en un diseño del sistema de rociadores.

La norma NFPA 22, nos indica los requisitos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de cisternas de agua para la protección contra incendio privada. La aplicación de la norma no impedirá el empleo de métodos sistemas o dispositivos de una calidad superior o equivalentes. De acuerdo a los requisitos de la norma, se recomienda que las cisternas sean periódicamente inspeccionados, probados y mantenidos. (National Fire Protection Association, 2019)

Figura 5. Cisterna de agua contra incendio, en proceso de construcción.



Nota. Fuente propia [Fotografía], 2021

2.2.10. Sistema de Bombeo (bombas):

Se encuentra en el cuarto de máquinas (bombas), es el que provee la presión y flujo de agua requerida para un óptimo funcionamiento del sistema de rociadores y sistemas de mangueras, en la NFPA 20 se detalla la normativa para la instalación de motores estacionarios, con el fin de aumentar la presión del agua, contiene una red succión y otra de descarga que pueda abastecer un gran volumen de agua a la presión requerida.

Está compuesto generalmente, por una bomba principal, una bomba Jockey, tablero de control y fuerza, independiente para cada bomba en caso de sistemas listados, y un conecxionado mecánico hidráulico con tuberías y válvulas.

El sistema de bombeo se puede activar de forma manual y automática al momento de detectar la falta de presión, para pequeñas bajas de presión se activará la bomba Jockey para reestablecer la presión del sistema, una vez reestablecida la presión su parada

también se realiza de modo automático, en caso el descenso de presión sea mayor por causa de la activación de algún dispositivo de extinción (Rociador o manguera), la bomba Jockey se verá superada para poder reestablecer la presión, dando paso a la activación de la bomba principal la cual tiene una activación automática pero necesariamente tiene que tener una parada manual.

Las bombas principales, pueden funcionar a base de vapor, eléctricos o diésel, las bombas pueden ser de 2 tipos, bombas centrífugas que usan agua en carga y las bombas verticales de turbina que se abastecen de agua almacenada.

Figura 6. Sistema de Bombeo



Nota. Tomada de Universidades [Fotografía], Pixabay,2018, www.pixabay.com

2.2.11. Red Hidráulica (tuberías)

Una red hidráulica es un sistema de tuberías con válvulas, uniones de mangueras y accesorios auxiliares, implementados en un edificio o infraestructura. Las redes de agua suministran conexiones para mangueras contra incendio, en el interior del edificio o complejo industrial, en el NFPA 14 se basan en la norma de instalación para el sistema de tubería vertical.

Figura 7. Red hidráulica de tuberías



Nota. Fuente propia [Fotografía] 2021

2.3. Bases teóricas de ingeniería

2.3.1 Presión de fluidos

Es la fuerza normal que ejerce un fluido por unidad de superficie, sus unidades de medida pueden ser en Pascales (Pa) o libras entre pulgada cuadrada (psi). (Cengel y Cimbala, 2006, p.68)

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde:

P = Presión Hidrostática. Pa

F = Fuerza. N

A = Área. m^2

Para un fluido en reposo, la presión que ejerce en un punto, solo depende de la densidad del fluido, la aceleración de la gravedad y la profundidad del fluido.

$$P = \rho gh$$

Donde:

P = Presión Hidrostática. Pa

ρ = Densidad. Kg/m³

g = aceleración de la gravedad. = 9.8066 m/s²

h = profundidad del punto. m

2.3.2 Caudal

Pedrosa (2018, p.81) manifiesta que el caudal está definido como el volumen de fluido que transita por una sección transversal en un lapso de tiempo.

$$Q = \frac{\text{Volumen [m}^3\text{]}}{\text{tiempo [s]}}$$

Sin embargo, para calcular el caudal en corrientes presurizadas o en superficie libre, se multiplica la velocidad media del agua por el área

$$Q = A.V$$

Donde:

Q = Caudal del fluido m³/s

V = Velocidad m/s

A = Área transversal m²

A esta fórmula se le llama Ecuación de Castelli, dado que a él se atribuye su planteamiento original.

2.3.3 Ecuación de Continuidad:

Esta ecuación deriva de la ecuación de conservación de la masa, la cual establece para fluidos compresibles, que la cantidad de fluido que atraviesa cada sección en la unidad de tiempo es constante

$$\rho AV = \text{Constante}$$

Donde:

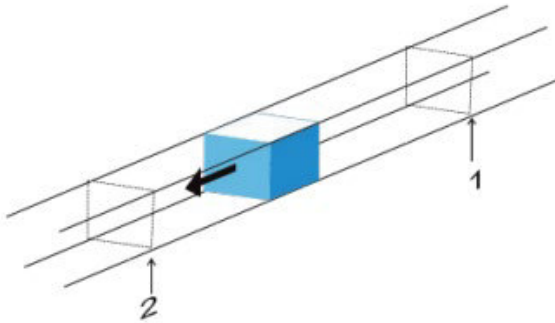
ρ : Densidad del fluido kg/m³

A : Área de la sección transversal m²

V : Velocidad media en la sección m/s

Para fluidos incompresibles, la densidad es constante dando como resultado la ecuación de la continuidad

Figura 8. Esgurrimento a través de dos secciones



Nota. Tomada de Hidráulica básica (p.83) por Edmundo Pedrosa 2018

$$A_1V_1 = A_2V_2 = Q = \text{Constante}$$

Donde:

Q : Caudal m^3/s

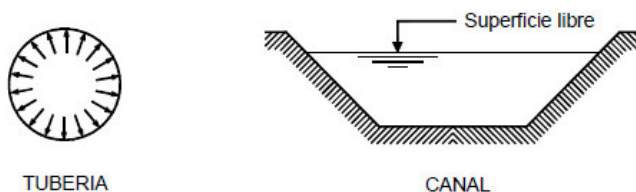
A : Área de la sección transversal m^2

V : Velocidad media en la sección m/s

2.3.4 Diferencia entre canales y tuberías

La diferencia principal entre un canal y una tubería es que el primero posee una superficie libre la cual está en contacto con la atmósfera, mientras que, en las tuberías, el fluido está confinado y sometido a una cierta presión.

Figura 9. Diferencia entre canales y tuberías



Nota. Tomada de Hidráulica de tuberías y canales (p.03) por A. Rocha Felices 2007

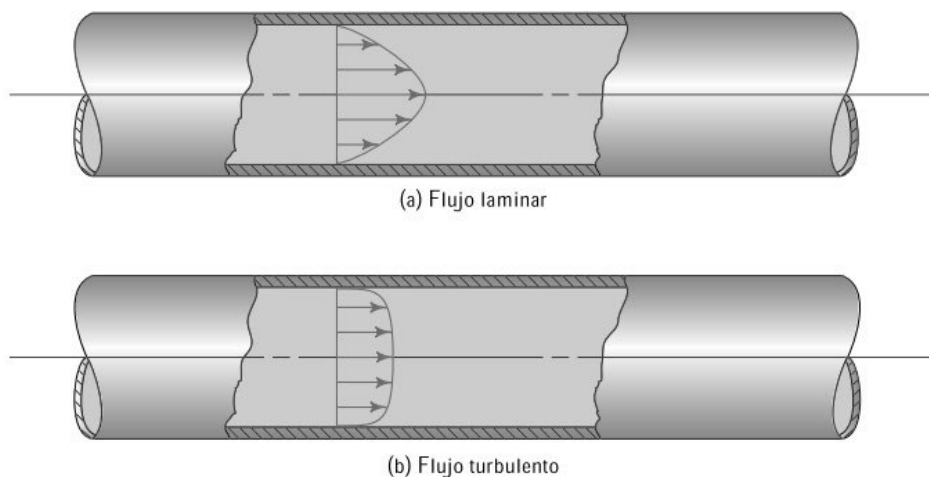
En el canal el conducto puede ser cerrado o abierto en la tubería el conducto siempre es cerrado.

2.3.5 Flujo del agua en Tuberías

Como se definió líneas arriba, es aquel flujo de agua, que está limitado dentro de una tubería, involucra a los principios de continuidad y energía considerando las pérdidas de carga a causa de la fricción entre la pared de la tubería y el agua en movimiento. (Fire Protección Handbook, p.69)

Considerando un flujo incompresible se genera la sección transversal de la imagen.

Figura 10. Distribución de las velocidades de una tubería (Flujo Lamina y Flujo Turbulento)



Nota. Tomada de Mecánica de Fluidos (p.207) por Mott & Untener 2015

2.3.6 Régimen de Flujo

El efecto de la viscosidad del fluido con relación a la inercia, cuando este escurre, se expresa a través de un número Adimensional denominado Número de Reynolds (Re).

En tuberías esta expresado

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Donde:

V = Velocidad media de escurrimiento

D = Diámetro de la tubería

ν = Viscosidad Cinemática

Reynolds, demuestra que el punto crítico que separa el fluido laminar de el turbulento tiene un valor aproximado de $Re = 2300$ en tuberías circulares,

Flujo Laminar: Es cuando las partículas del fluido se mueven a lo largo de la tubería en rutas definidas, (líneas rectas), tiene un $Re < 2300$

Flujo turbulento: Es el fluido que se mueve en una masa remolinante y en cualquier punto, las partículas del fluido se trasladan al azar antes que en línea recta, tiene un $Re > 4000$

Flujo en transición: Es el fluido inestable que no se encuentra ni en laminar ni completamente en turbulento

2.3.7 Pérdidas de energía por fricción

cuando discurre un fluido a través de una tubería, ducto u otro dispositivo, se suscitan pérdidas de energía ocasionadas por la fricción que existe entre la pared de la tubería y el líquido; dichas perdidas de energía, originan como consecuencia un decrecimiento de la presión entre dos puntos correspondientes al sistema de flujo.

Esta pérdida de energía usualmente se expresa en términos de energía por unidad de peso de fluido circulante dado en dimensiones de longitud, llamada perdida de carga. La pérdida de carga se relaciona con otras variables acorde a como sea el tipo de flujo, turbulento o laminar.

2.3.8 Ecuación de Darcy-Weisbach

Esta ecuación se usa para el cálculo de perdida de energía, originado por la fricción en los tubos circulares con secciones rectilíneas y largas

Es una ecuación ajustada a datos experimentales la cual relaciona a la fricción de modo proporcional a la carga de la velocidad del flujo y a la relación de la longitud al diámetro de la corriente.

La ecuación es válida para flujo laminar y flujo turbulento, la diferencia de ambos reside en el factor de fricción adimensional f . (Mott & Untener, 2015)

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_L = pérdida de energía por la fricción. (N-m/N, m, lb-pie/lb, pies)

f = factor de fricción. (adimensional)

L = distancia de la tubería. (m o pies)

D = diámetro de la tubería. (m o pies)

v = velocidad promedio del fluido. (m/s o pies/s)

g = aceleración de la gravedad = 9.8066 m/s².

2.3.9 Ecuación Hazen William

Es una formula exponencial que tiene un origen experimental, es muy usada para calcular las pérdidas de energía por causa de la fricción, en hidráulica para protección de incendios.

“En flujo turbulento su uso está limitado por ciertas características: El diámetro de la tubería debe estar comprendido entre 2 pulg y 6 pies; La velocidad que circula el fluido no debe exceder a 10 pies/s; La temperatura del agua que fluye debe estar entre 5°C a 25°C.” (Mott & Untener, 2015, p.195).

Cuenta con un coeficiente de rugosidad C el cual permite el cálculo en diversos materiales.

Formula normalmente usada para protección contra incendio

$$p = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}$$

En donde:

p : Resistencia por rozamiento (*psi /ft* de tubería).

Q : Caudal (*gpm*).

C : Constante de pérdida por rozamiento.

d : Diámetro real interno de la tubería (*pulg*).

Haciendo uso de las unidades del sistema internacional (SI), usamos la siguiente ecuación:

$$p_m = 6.05 \left(\frac{Q_m^{1.85}}{d_m^{4.87} C^{1.85}} \right)$$

Donde:

p_m : Resistencia por rozamiento (*bar / m* de tubería).

Q_m : Caudal (*L/min*).

C : Constante de pérdida por rozamiento.

d_m : Diámetro real interno de la tubería (*m m*).

En todo sistema de rociadores se hace uso de componentes como, tees, codos, válvulas, reducciones, semicodos, etc. Todos estos accesorios hacen crecer la pérdida constante de presión de forma significativa, por ello en todo diseño se busca la manera de disminuir la cantidad de uniones o nodos a lo mínimo necesario para mantener en el sistema una presión y caudal aceptable que pueda suministrar nuestro cuarto de bombeo, sin recurrir a un mayor consumo de trabajo. (Cifuentes & Garzón, 2020)

Tabla 6. Principales Valores de la constante de pérdida de fricción C.

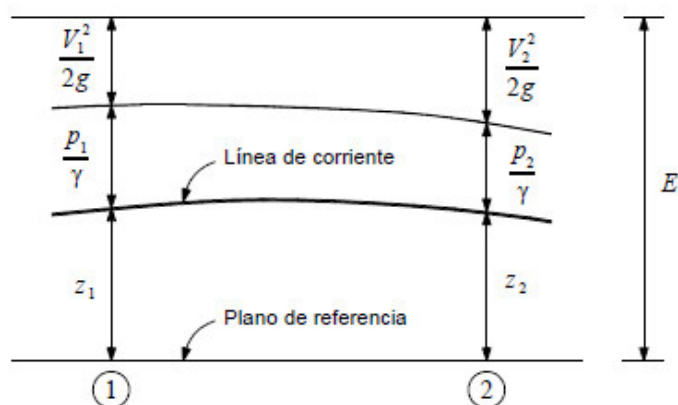
Tubería o tubo	Valor C*
De hierro dúctil o fundido sin revestimiento	100
De acero negro (sistemas secos, incluidos sistemas de acción previa)	100
De acero negro (sistemas húmedos, incluidos sistemas tipo diluvio)	120
De acero galvanizado (sistemas secos, incluidos sistemas de acción previa)	100
De acero galvanizado (sistemas húmedos, incluidos sistemas tipo diluvio)	120
De plástico (listado) — todos	150
De hierro dúctil o fundido con revestimiento de cemento	140
Tubo de cobre, de latón o acero inoxidable	150
De asbesto cemento	140
De concreto	140

Nota. Valores C de Hazen-Williams. Fuente Norma NPFA 13 Tabla 27.2.4.8.1 Ed. 2019

2.3.10 Principio de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli dicta que la energía total por unidad de peso que posee el agua en su movimiento a lo largo de una línea de corriente para un flujo ideal (flujo permanente e irrotacional) es constante (Rocha, 2007)

Figura 11. Representación gráfica del teorema de Bernoulli



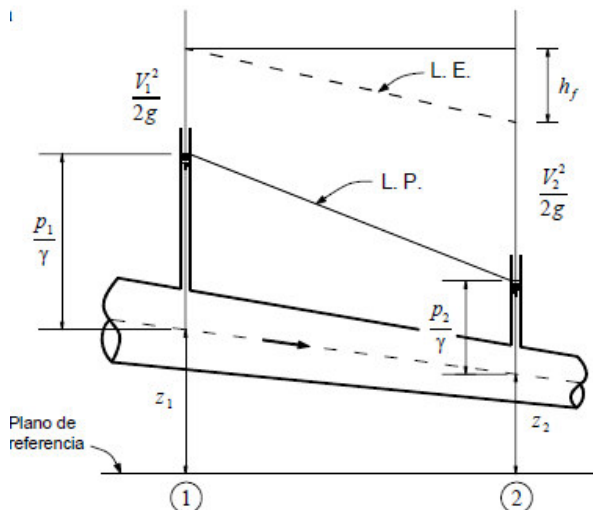
Nota. Tomada de Hidráulica de tuberías y canales (p.08) por A. Rocha Felices 2007

$$\frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + Z = \text{constante}$$

El primer término $V^2/2g$ es la energía cinética, significa la altura desde la que debe caer un cuerpo del reposo para obtener una velocidad V , los siguientes dos términos son la altura de presión y la elevación cuya adición vendría a ser la energía potencial.

Para un fluido sin viscosidades (fluido ideal) la energía E en 1 es igual a la energía en 2; sin embargo, cuando un fluido es real se considera una pérdida de energía (energía transformada en calor por fricción) teniendo la siguiente ecuación

Figura 12. Escurrimiento a través de dos secciones



Nota. Tomada de Hidráulica de tuberías y canales (p.33) por A. Rocha Felices 2007

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_f$$

Dónde:

v = velocidad. (m/s)

p = presión. (Pa=N/m²)

g = aceleración de la gravedad. (m/s²)

γ = peso específico del fluido. (N/m³)

2.3.11 Teorema de Torricelli

El teorema de Torricelli es el caso particular de la ecuación de Bernoulli, cuando la carga de presión o carga piezométrica en el punto 1 (p_1/γ_1) es igual al punto 2 (p_2/γ_2) y la v_1 se aproxima al cero, luego despejando un lado las cargas de elevación ($z_1 - z_2$) y posteriormente reemplazando la diferencia z_1 y z_2 por h , y por último despejando v_2 a un lado nos queda la ecuación de Torricelli, como se muestra en el gráfico 13:

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

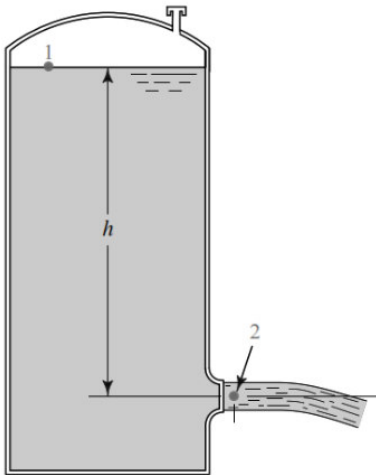
Donde:

v_2 = velocidad de salida. (m/s)

g = gravedad. (m/s²)

h = altura. (m)

Figura 13. Flujo desde un tanque



Nota. Tomada de Mecánica de Fluidos (p.137) por Mott & Untener 2015

2.3.7 Carga Piezométrica:

Si la presión que se ejerce en la superficie libre de un fluido no es igual a la presión ambiental que hay fuera del área en estudio, debido a ello se busca un concepto optimo, la noción de carga piezométrica, donde la presión real por encima

del fluido (p_a), se vuelve equivalente a la profundidad del fluido (h_a), que tendrían la misma presión. (Mott & Untener, 2015)

$$h_a = p_a / \gamma$$

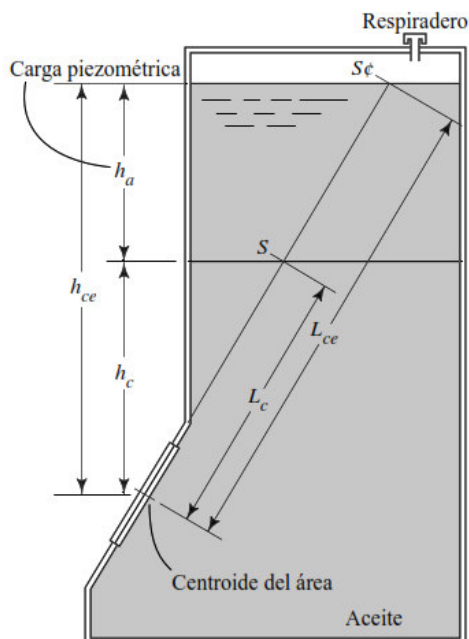
Donde:

h_a = carga piezométrica. (m)

p_a = presión. (Pa=N/m²)

γ = peso específico. (N/m³)

Figura 14. Presiones a diferente altura



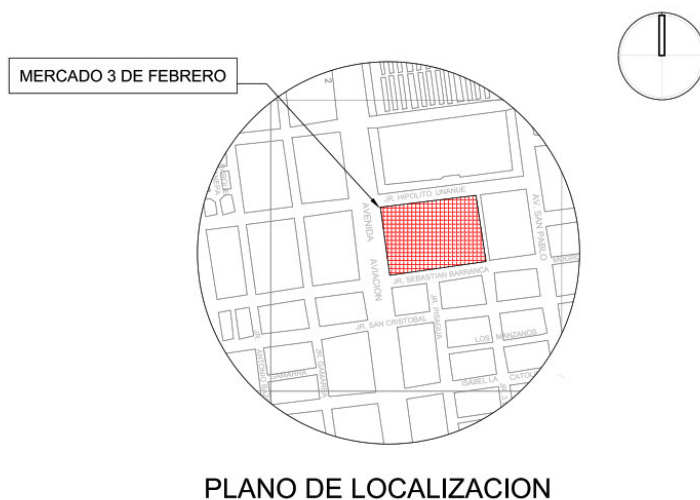
Nota. Tomada de Mecánica de Fluidos (p.73) por Mott & Untener 2015

Capítulo III. Desarrollo metodológico

3.1. Ubicación del proyecto

Las instalaciones del mercado 3 de Febrero, se encuentra geográficamente ubicada en el Distrito de La Victoria, Av. Aviación N° 401 – 402 – 405 – 407 – 409 – 415 – 417 y Jr. Hipólito Unanue N° 1702 – 1706 -1710 – 1714 -1718 – 1722 – 1726 – 1730 – 1732 – 1736 – 1740 – 1744 – 1746 – 1750 – 1754 – 1758 – 1762 – 1766 – 1770 – 1774 – 1778 – 1782; distrito de la Victoria, Dpto. De Lima.

Figura 15. Ubicación del Mercado 03 de febrero



PLANO DE LOCALIZACION

3.2. Descripción de instalaciones existentes y proyectadas.

Instalaciones existentes

El mercado 03 de febrero cuenta actualmente con una protección contra incendio compuesto por un sistema de gabinetes, una línea siamesa y un sistema de bombeo ACI.

Sistema de Gabinetes

El sistema en mención está compuesto por una red húmeda de tuberías SCH 40 y por 15 gabinetes tipo 2 con medidas estándar de, 600x800x200mm; cada gabinete cuenta con una manguera de nitrilo con pitón de policarbonato y válvula angular de 1 ½”.

Los gabinetes están distribuidos a razón de 5 gabinetes por piso y se encuentran ubicados en espacios de uso común, cerca de las escaleras. (Ver Anexos, plano de distribución contra incendio)

Los montantes verticales que alimentan a los gabinetes cuentan con válvulas angulares de 2 ½” para toma de bomberos.

Figura 16. Gabinete clase 2 instalado en el mercado 3 de febrero



Nota. Fuente Propia [Fotografía], 2022

Línea siamesa

Cuenta también con dos líneas siamesas compuestas cada una por una red seca de Tuberías SCH 40, válvula Check y válvula siamesa de 4x2½ x2 ½”, para conexión auxiliar a través de la cual el Cuerpo General de Bomberos puede abastecer de agua para complementar los suministros.

Sistema de bombeo

Actualmente se encuentra instalado una bomba principal Marca Hidrostral 65-200-9HE con un motor marca WEG de 50 HP, una bomba Jockey Marca Salmson MULTI-H406 de 3HP, y un tablero de control Marca Hidrostral.

Figura 17. Placa de la bomba principal



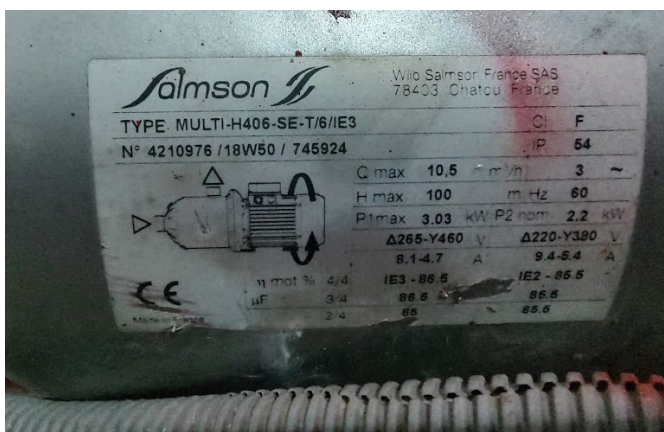
Nota. Fuente Propia [Fotografía], 2022

Figura 18. Placa del motor de la bomba principal



Nota. Fuente Propia [Fotografía], 2022

Figura 19. Placa electrobomba Jockey



Nota. Fuente Propia [Fotografía], 2022

Figura 20. Sistema de bombeo ACI existente



Nota. Fuente Propia [Fotografía], 2022

Instalaciones Projectadas.

Se proyecta la instalación de un sistema de Rociadores automáticos, conformado por una red húmeda de tuberías SCH 40 y Rociadores modelo Upright, cuyo factor y características se elegirán en el apartado de condiciones de diseño, y su distribución será uno en cada tienda y acorde a la cobertura del rociador, para las áreas comunes. Asimismo, cada piso contará con una estación de control, conformada por una Válvula mariposa; un manómetro; un sensor de flujo, y una válvula de prueba - drenaje con visor.

3.3. Estándares para toma de datos y/o instrumentos, normatividades

La metodología empleada para el diseño de Rociadores de la presente monografía está basada en forma general en las normas estipuladas en la National Fire Protection Association (NFPA) y en el Reglamento Nacional de edificaciones (RNE).

Las normas específicas y que hacen referencia a los sistemas contra incendios, y sobre las cuales se basa el actual proyecto son:

- a) Código Uniforme de Incendios, NFPA-1 (Fire Code) 2018.
- b) NFPA 13, Normativa para el diseño y la Instalación de Sistemas de Rociadores.
- c) NFPA-14 Normativa para la Instalación de Sistemas de mangueras e Hidrantes
- d) NFPA 20 Normativa para la Instalación de Bombas Estacionarias para la Protección contra Incendios,
- e) NFPA 22 Norma para Tanques de Agua para la Protección contra Incendios Privada.
- f) NFPA-24 Normativas para la Instalación de Redes Privadas de Bomberos y Accesorios.
- g) NFPA 25 Norma para la Inspección, Mantenimiento y pruebas de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua.
- h) RNE Reglamento Nacional de Edificaciones; Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA.

3.4. Consideraciones de diseño

3.4.1 Identificación de los tipos de riesgos

El mercado 03 de febrero es un centro de abastecimiento, que alberga entre sus tiendas una variedad de comercios, entre los que se destacan, la venta de plásticos, la venta de abarrotes, el servicio de restaurantes, la venta y confección de ropa, la venta de zapatos, etc. Es por ello que conceptualmente a dicho mercado le corresponde el tipo de Riesgo Mercantil.

Sin embargo, para la presente monografía, se realiza una inspección visual a través de los diversos ambientes del mercado, con el fin de constatar los tipos de riesgos presentes. (Ver Anexo, plano de distribución de Riesgos)

Terminada la inspección de las ocupaciones, se pudo evidenciar la presencia de tres tipos de Riesgos, los cuales se detallan a continuación:

- Riesgo Ligero (Baños, sector de escaleras)
- Riesgo ordinario Tipo 1 (cuarto de bombas, pasadizos)
- Riesgo ordinario Tipo 2 (Tiendas de abarrotes, tiendas de plásticos, tiendas de Ropa, en general cada puesto de venta)

Para nuestro diseño, tomaremos como punto de partida al mayor riesgo presente, en este caso el Riesgo Ordinario de Tipo 2

Figura 21 Distribución de tiendas del mercado 03 de febrero



Nota. Fuente Propia [Fotografía], 2022

Figura 22. Distribución de tiendas del mercado 3 de febrero

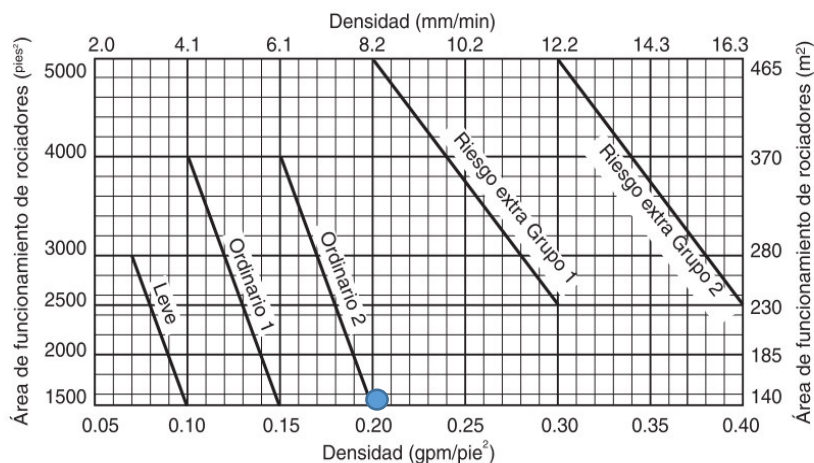


Nota. Fuente Propia [Fotografía], 2022

3.4.2 Pre - Cálculos de Caudal y capacidad volumétrica de la cisterna

Como el diseño esta realizado en base a la Norma NFPA 13 usaremos la curva de densidad / área, para determinar el caudal necesario para el área de diseño y la capacidad volumétrica de la cisterna sin considerar las perdidas.

Figura 23. Curva densidad / área



Nota. Figura 14. Curvas de densidad-área. Fuente Norma NPFA 13 Figura 19.3.3.1.1 Ed. 2019

La densidad de diseño es el volumen mínimo de fluido que cada rociador debe liberar en un determinado tiempo en un área establecida.

El cálculo de la densidad de diseño se justifica a partir del tipo de ocupación de riesgo y área de funcionamiento, para nuestro caso se determinó que el mercado cuenta con un riesgo, Ordinario tipo 2.

Y para el área de funcionamiento podemos elegir entre un rango de (1500 pies² a 4000 pies²) considerando que los pasadizos y áreas comunes son estrechos elegimos un área de 1500 pies², por tanto nuestra densidad de diseño será: 0.20 gpm/pie²

Entonces se tiene:

- Densidad de diseño: 0.20 gpm/pie²
- Área de diseño: 1500 pies²; esta área de diseño físicamente se localizará en la zona hidráulicamente más demandante.

Se determina el caudal del Rociador mediante el producto del área de diseño por la densidad de diseño.

$$Q_{roc} = \text{Densidad} \times \text{Área de diseño}$$

$$Q_{roc} = 0.2 \times 1500 = 300 \text{ gpm}$$

Para hallar el caudal total es necesario, incluir el gasto correspondiente al uso de una manguera.

Tabla 7. Tabla para asignación de chorros

Ocupación	Manguera interior		Manguera interior y exterior total combinada		Duración (minutos)
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Riesgo leve	0, 50, o 100	0, 190, o 380	100	380	30
Riesgo ordinario	0, 50, o 100	0, 190, o 380	250	950	60–90
Riesgo extra	0, 50, o 100	0, 190, o 380	500	1900	90–120

Nota. Tabla 7. Requisitos de asignación para chorros de mangueras y duración del suministro de agua para sistemas calculados hidráulicamente. Fuente Norma NPFA 13 Tabla 19.3.3.1.2 Ed. 2019

De acuerdo a la tabla, el caudal para el chorro por manguera interior es de 100 gpm

$$Q_{total} = Q_{roc} + Q_{mangueras}$$

$$Q_{total} = 300gpm + 100gpm$$

$$Q_{total} = 400gpm$$

Entonces nuestra demanda de agua y el volumen teórico de la cisterna serán:

$$Vol_{(gal)} = 400gpm \times 60min = 24000 gal$$

$$Vol_{(m^3)} = 24000 gal \times 0.003785 = 90.84 m^3 \sim 91m^3$$

3.4.3 Selección del Tamaño y el tipo de Rociadores a emplear

“Para aplicaciones de almacenamiento con densidades de 0.2gpm/pie² (8.2mm/min) o menores, se permite rociadores de respuesta estándar con un factor K de K=5.6gpm/psi^{0.5} (80lpm/bar^{0.5}) o mayor.” (National Fire Protection Association, 2019)

Para el diseño de esta Red, usaremos Rociadores de factor K=5.6 gpm/psi^{0.5}, pues aparte de cumplir con la norma, es el Rociador más empleado para proteger Riesgos ligeros y ordinarios; asimismo serán de cobertura estándar de temperatura de activación igual a 68°C modelo upright de ½”

Figura 24. Rociador Upright marca Tyco



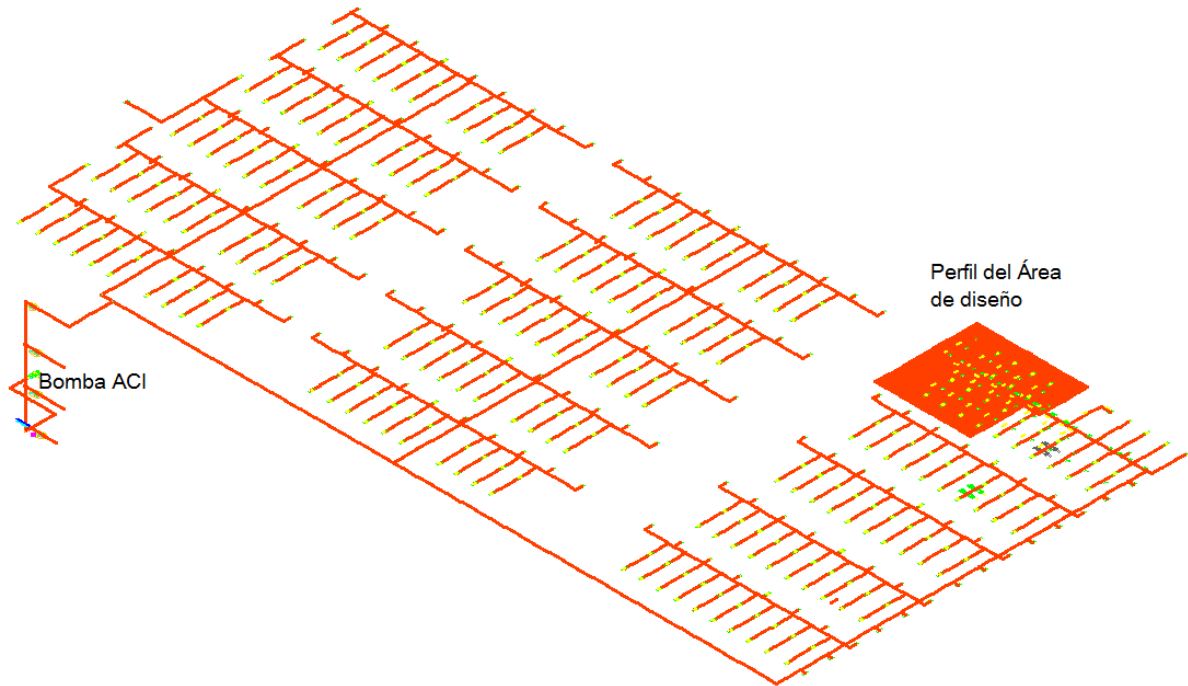
Fuente: Ficha técnica Rociador Tyco, factor k=5.6

3.4.4 Esquema de Distribución de la Red de rociadores

De acuerdo a la arquitectura del mercado elegimos un arreglo de tipo árbol, para la distribución de los rociadores, asimismo consideramos un rociador por cada tienda y en las áreas comunes, la distribución se realiza acorde a la cobertura del rociador (Cobertura estándar) garantizando que no queden áreas expuestas sin protección.

De acuerdo a estos parámetros se define el siguiente arreglo, para la distribución de los Rociadores desde el sótano hasta el piso 3 (Ver sección de anexos, distribución de Rociadores), encontrándose el área de diseño en el tercer piso del mercado (Ver figura 25).

Figura 25. Isométrico de la distribución de Rociadores del piso 3



3.5. Cálculos de Ingeniería

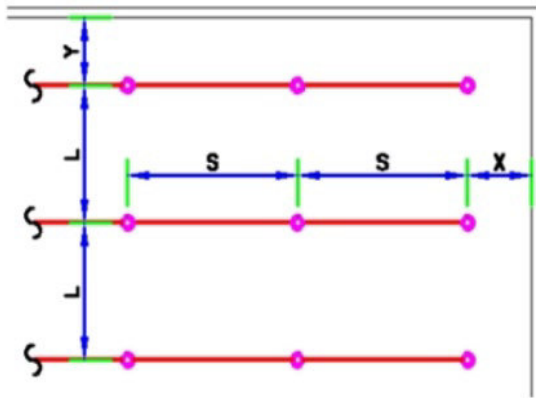
3.5.1 Cálculo de la Presión Mínima en la Red de Distribución

Para hallar la presión mínima, tenemos que determinar el perfil de nuestra área de diseño; ello implica conocer el área de cobertura de los Rociadores que estarán dentro de nuestra área de diseño.

Área de Cobertura. - Es el área sobre el cual el rociador descargará el agua.

Se determina por la separación entre Rociadores y/o con las paredes tanto en Horizontal como en Vertical.

Figura 26. Imagen representativa para la determinación de L y S



$$A_r = L \times S$$

Si $2x > S$ se considera el valor de $2X$

Si $2Y > L$ se considera el valor de $2Y$

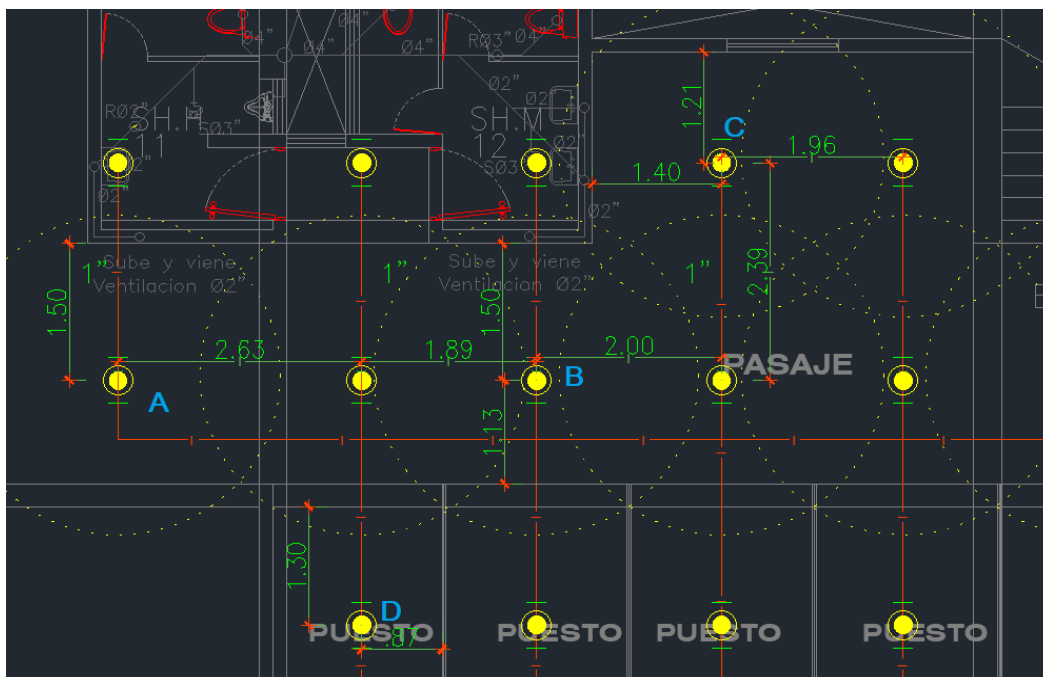
A_r = Área de cobertura por rociador.

S = Distancia de rociadores a rociador.

L = Distancia de ramal a ramal.

Ahora se halla el área de cobertura, para el arreglo de rociadores que tenemos:

Figura 27. Arreglo de Rociadores de la zona hidráulicamente más desfavorecida (piso 3)



Se halla la cobertura en los puntos A, B, C y D

Como se tiene separaciones diferentes se consideran las distancias mayores en cada caso.

$$A_{r(A)} = 2 \times 1.5 \times 2.63 = 7.89m^2 = 84.92 \text{ pie}^2$$

$$A_{r(B)} = 2 \times 1.5 \times 2 = 6m^2 = 64.58 \text{ pie}^2$$

$$A_{r(C)} = 2 \times 1.4 \times 2 \times 1.21 = 6.77m^2 = 72.87 \text{ pie}^2$$

$$A_{r(D)} = 2 \times 1.3 \times 2 \times 0.87 = 4.52m^2 = 48.65 \text{ pie}^2$$

Una vez hallado las coberturas, se utiliza la mayor $A_{r(A)} = 84.92 \text{ pie}^2$, esto con el fin de generar un diseño más ventajoso puesto que este punto es el que demanda mayor caudal.

Ahora se determina la cantidad de Rociadores que debe tener el área de Diseño; para ello se divide el área de diseño entre el área de cobertura del Rociador más demandante.

$$N^{\circ} \text{ Roc} = \frac{\text{Area diseño}}{\text{Area Roc}} = \frac{1500\text{pie}^2}{84.92\text{pie}^2} = 17.6 \sim 18$$

Se determina el perfil del Área de Diseño

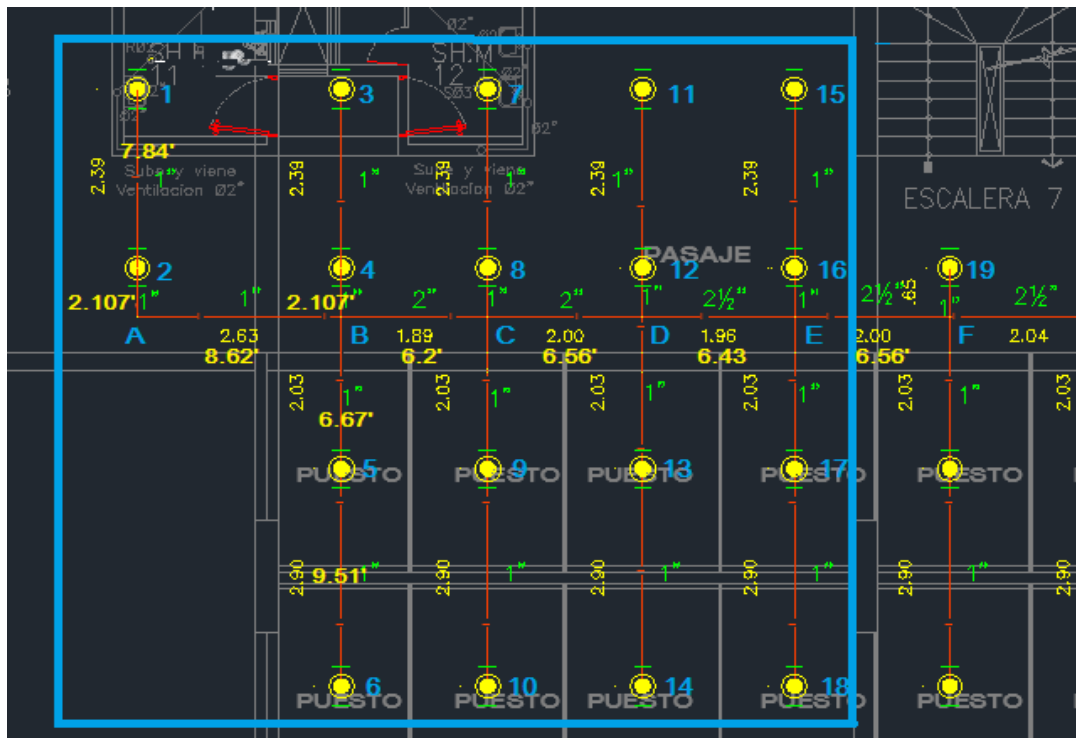
Para determinar el perfil se halla la cantidad de rociadores por ramal mediante la siguiente formula.

$$N^{\circ} \text{ rociadores por ramal} = \frac{1,2 \sqrt{\text{Área de diseño}}}{\text{distancia entre Rociadores}} = \frac{1,2\sqrt{1500}}{8.62}$$

$$N^{\circ} \text{ de Rociadores por ramal} = \frac{46.47}{8.62} = 5.39 \approx 5$$

Pero para la distribución que tenemos al no tener los 5 rociadores por ramal, se considera 4 rociadores, es por ello que nuestra área de diseño queda delimitada de la siguiente forma:

Figura 28. Perfil del área de diseño



Se determina la presión y el caudal mínimo para el Rociador hidráulicamente más desfavorecido.

$$Q_{min} = \text{Densidad} \times \text{Área roc}$$

$$Q_{min} = 0.20 \frac{gpm}{pie^2} \times 84.92 pie^2$$

$$Q_{min} = 17 gpm$$

Se calcula la presión mínima, mediante la ecuación de flujo por orificio.

$$Q = k\sqrt{P}$$

K = factor k del Rociador

Q = Flujo en el nodo.

P = presión en el nodo

$$P_{min} = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 = \left(\frac{17}{5.6}\right)^2 = 9.216 psi$$

Se observa que el rociador ubicado en el nodo 1 es él que tiene, la presión mínima y el menor caudal, entonces:

Para el nodo 1 se tiene: $P_1 = 9.216 psi$ y $Q_1 = 17 gpm$.

Se corrobora que 9.22 psi es mayor que 7 psi, cumpliendo con las condiciones de diseño de la NFPA 13.

“Las tuberías deben ser calculadas hidráulicamente y deben proveer una presión mínima de 7 psi (0.5 bar) a cualquiera de los rociadores, y con todos los rociadores situados frente a la exposición en funcionamiento.” Fuente NFPA 13 ED 2019 CAP 19 PAG. 183

3.5.2 Cálculo para determinar presión y caudal de operación

Se inicia a partir de nuestro perfil del área de Diseño:

Se calcula la pérdida que genera la fricción para el tramo 1 – 2

Tenemos: $Q_{min} = 17\text{ gpm}$

$$P_{min} = 9.216\text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William se halla la pérdida por fricción en el tramo 2-1

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos.

$$P_{f(2-1)} = \frac{4.52 \times 17^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times 7.84$$

$$P_{f(2-1)} = 0.755\text{ psi}$$

La presión en el nodo 2 será la suma de la presión en el nodo 1 más la pérdida por longitud.

$$P_2 = P_1 + P_{f(2-1)}$$

$$P_2 = 9.216\text{ psi} + 0.755\text{ psi} = 9.971\text{ psi}$$

Q_2 se determina empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_2 = k\sqrt{P_2}$$

$$Q_2 = 5.6\sqrt{9.97} = 17.683\text{ gpm}$$

Para el nodo 2 se tiene: $P_2 = 9.971\text{ psi}$ y $Q_2 = 17.683\text{ gpm}$.

Se determina el caudal que pasa de A-2

$$Q_{A-2} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_{A-2} = 17 + 17.683 = 34.683\text{ gpm}$$

Por ecuación de Hazen –William se calcula la perdida por fricción en el tramo A-2, Asimismo se aumenta el equivalente en longitud del codo en el nodo A (L=2)

$$Q_{A-2} = Q_{B-A} = Q_1 + Q_2 = 34.683 \text{ gpm}$$

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

$$P_{f(A-2)} = \frac{4.52 \times 34.683^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (2.107 + 2)$$

$$P_{f(A-2)} = 1.480 \text{ psi}$$

Se determina la presión en A

$$P_A = P_2 + P_{f(A-2)}$$

$$P_A = 9.971 \text{ psi} + 1.480 \text{ psi} = 11.451 \text{ psi}$$

Q_A se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_A = k\sqrt{P_A}$$

$$Q_A = 5.6\sqrt{11.451} = 34.683 \text{ gpm}$$

Entonces para el punto A se tiene una presión $P_A = 11.451 \text{ psi}$ y un $Q_A = 34.683 \text{ gpm}$

Por ecuación de Hazen –William se tiene la perdida por fricción en el tramo B-A, Asimismo se aumenta el equivalente en longitud de la cruceta en el nodo B (L=5pies)

$$Q_{A-2} = Q_{B-A} = Q_1 + Q_2 = 34.683 \text{ gpm}$$

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

$$P_{f(B-A)} = \frac{4.52 \times 34.68^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (8.637 + 5)$$

$$P_{f(B-A)} = 4.914 \text{ psi}$$

Se determina la presión en B

$$P_B = P_A + P_{f(B-A)}$$

$$P_B = 11.451 + 4.914 = 16.364 \text{ psi}$$

Entonces para el punto B se tiene una presión $P_B = 16.364 \text{ psi}$ y un $Q_{B-A} = 34.683 \text{ gpm}$, este es un primer valor obtenido.

Ahora se inicia los cálculos del nodo 3 y se considera nuevamente la presión y el caudal mínimo.

$$Q_3 = 17 \text{ gpm}$$

$$P_3 = 9.216 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo 4-3

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos.

$$P_{f(4-3)} = \frac{4.52 \times 17^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times 7.84$$

$$P_{f(4-3)} = 0.755 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 4 será la suma de la presión en el nodo 3 más la perdida por longitud.

$$P_4 = P_3 + P_{f(1-2)}$$

$$P_4 = 9.216 \text{ psi} + 0.75 \text{ psi} = 9.971 \text{ psi}$$

Q_4 se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_4 = k\sqrt{P_4}$$

$$Q_4 = 5.6\sqrt{9.96} = 17.683 \text{ gpm}$$

Se determina el caudal que pasa de B a 4

$$Q_{B-4} = Q_3 + Q_4$$

$$Q_{B-4} = 17 + 17.683 = 34.683 \text{ gpm}$$

Se calcula la perdida por longitud, más la perdida de fricción por la cruceta en B (L=5pies)

$$P_{B-4} = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

$$P_{f(B-4)} = \frac{4.52 \times 34.683^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (2.107 + 5)$$

$$P_{f(B-4)} = 2.561 \text{ psi}$$

Se determina la presión en B

$$P_B = P_4 + P_{f(B-4)}$$

$$P_B = 9.971 \text{ psi} + 2.561 \text{ psi} = 12.532 \text{ psi}$$

Para el punto B se tiene: $P_B = 12.532 \text{ psi}$ y $Q_{B-4} = 34.683 \text{ gpm}$, este es un falso caudal el cual necesita ser balanceado.

Para el balanceo se multiplica al caudal por un factor de corrección el cual es la raíz cuadrada del cociente de las presiones.

$$Q_{corr} = Q \sqrt{\frac{P_{mayor}}{P_{menor}}}$$

$$Q_{B-4} = 34.683 \times \sqrt{\frac{16.364}{12.532}} = 39.633 \text{ gpm}$$

Luego de corregir el caudal para el punto B se tiene: **$P_B = 16.364 \text{ psi}$ y $Q_B = 39.633 \text{ gpm}$.**

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo B-4, así mismo se aumenta la perdida de fricción de la cruceta en B (L=5).

$$P_{f(B-4)} = \frac{4.52 \times 39.633^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (2.107 + 5)$$

$$P_{f(B-4)} = 3.278 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 4 será la resta de la presión en el nodo B menos la perdida por longitud de B-4.

$$P_4 = P_B - P_{f(B-4)}$$

$$P_4 = 16.364 \text{ psi} - 3.278 \text{ psi} = 13.087 \text{ psi}$$

Q_4 Se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_4 = k\sqrt{P_4}$$

$$Q_4 = 5.6\sqrt{13.087} = 20.258 \text{ gpm}$$

Para el nodo 4 se tiene: $P_4 = 13.087 \text{ psi}$ y $Q_4 = 20.258 \text{ gpm}$ final.

Se determina el caudal que pasa de 4-3

$$Q_{4-3} = Q_B - Q_4$$

$$Q_{4-3} = 39.633 - 20.258 = 19.375 \text{ gpm}$$

La presión en el nodo 3 será la resta de la presión en el nodo 4 menos la pérdida por longitud de 4-3.

$$P_3 = P_4 - P_{f(4-3)}$$

$$P_{f(4-3)} = \frac{4.52 \times 19.375^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (7.841)$$

$$P_{f(4-3)} = 0.962 \text{ psi}$$

$$P_3 = 13.087 \text{ psi} - 0.962 \text{ psi} = 12.125 \text{ psi}$$

Q_3 se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_3 = k\sqrt{P_3}$$

$$Q_3 = 5.6\sqrt{12.125} = 19.499 \text{ gpm}$$

Para el nodo 3 se tiene: $P_3 = 12.125 \text{ psi}$ y $Q_3 = 19.499 \text{ gpm}$ final.

Ahora iniciamos en el nodo 6 con el valor mínimo:

$$Q_6 = 17 \text{ gpm}$$

$$P_6 = 9.216 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William se calcula la pérdida por fricción en el tramo 6-5

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos.

$$P_{f(6-5)} = \frac{4.52 \times 17^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times 9.51$$

$$P_{f(6-5)} = 0.917 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 5 será la suma de la presión en el nodo 6 más la pérdida por longitud.

$$P_5 = P_6 + P_{f(5-6)}$$

$$P_5 = 9.22 \text{ psi} + 0.916 \text{ psi} = 10.132 \text{ psi}$$

Q_5 se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_5 = k\sqrt{P_4}$$

$$Q_5 = 5.6\sqrt{10.126} = 17.825 \text{ gpm}$$

Se determina el caudal que pasa de B a 5

$$Q_{B-5} = Q_6 + Q_5$$

$$Q_{B-5} = 17 + 17.825 = 34.825 \text{ gpm}$$

Se calcula la perdida por longitud, y además la perdida de fricción por la crucera en B (L=5pies)

$$P_{B-5} = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

$$P_{f(B-5)} = \frac{4.52 \times 34.825^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (6.671 + 5)$$

$$P_{f(B-5)} = 4.237 \text{ psi}$$

$$P_B = 10.132 \text{ psi} + 4.237 \text{ psi} = 14.369 \text{ psi}$$

Para el punto B se tiene: $P_B = 14.369 \text{ psi}$ y $Q_{B-5} = 34.825 \text{ gpm}$, este es un falso caudal el cual necesita ser balanceado.

Para el balanceo se multiplica al caudal por un factor de corrección el cual es la raíz cuadrada del cociente de las presiones.

$$Q_{corr} = Q \sqrt{\frac{P_{mayor}}{P_{menor}}}$$

$$Q_{B-5} = 34.825 \times \sqrt{\frac{16.364}{14.369}} = 37.164 \text{ gpm}$$

Luego de corregir el caudal para el punto B se tiene: $P_B = 16.364 \text{ psi}$ y $Q_B = 37.164 \text{ gpm}$.

Por ecuación de Hazen – William, se calcula la perdida por fricción en el tramo B-5, así mismo se aumenta la perdida de fricción de la cruceta en B (L=5pies).

$$P_{f(B-5)} = \frac{4.52 \times 37.164^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (6.671 + 5)$$

$$P_{f(B-5)} = 4.779 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 5 será la resta de la presión en el nodo B menos la pérdida por longitud de B-5.

$$P_5 = P_B - P_{f(B-5)}$$

$$P_5 = 16.364 \text{ psi} - 4.779 \text{ psi} = 11.586 \text{ psi}$$

Q_5 se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_5 = k\sqrt{P_5}$$

$$Q_5 = 5.6\sqrt{11.586} = 19.061 \text{ gpm}$$

Para el nodo 5 tenemos: $P_5 = 11.586 \text{ psi}$ y $Q_5 = 19.061 \text{ gpm}$ final.

Se determina el caudal que pasa de 5-6

$$Q_{5-6} = Q_B - Q_5$$

$$Q_{5-6} = 37.164 - 19.061 = 18.103 \text{ gpm}$$

La presión en el nodo 6 será la resta de la presión en el nodo 5 menos la pérdida por longitud de 5-6.

$$P_6 = P_5 - P_{f(5-6)}$$

$$P_{f(5-6)} = \frac{4.52 \times 18.103^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (9.514)$$

$$P_{f(5-6)} = 1.030 \text{ psi}$$

$$P_6 = 11.586 \text{ psi} - 1.030 \text{ psi} = 10.556 \text{ psi}$$

Q_6 se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_6 = k\sqrt{P_6}$$

$$Q_6 = 5.6\sqrt{10.556} = 18.194 \text{ gpm}$$

Para el nodo 6 se tiene: $P_6 = 10.556 \text{ psi}$ y $Q_6 = 18.194 \text{ gpm}$ final.

Se determina $Q_{C-B} = Q_{B-A} + Q_{B-4} + Q_{B-5}$

$$Q_{C-B} = 34.683 \text{ gpm} + 39.633 \text{ gpm} + 37.164 \text{ gpm}$$

$$Q_{C-B} = 111.481 \text{ gpm}$$

En el punto B se tiene $Q_B = 111.481 \text{ gpm}$ y $P_B = 16.364 \text{ psi}$ Final.

Se calcula en el tramo de C-B

$$Q_B = 111.48 \text{ gpm}$$

$$P_B = 16.364 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo B-C

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos, adicional se agrega el valor de la reducción 2 pulg a 1 pulg (L=1.417) y la cruceta en C (L=10).

$$P_{f(C-B)} = \frac{4.52 \times 111.48^{1.85}}{120^{1.85} \times 2.098^{4.87}} \times (6.193 + 1.417 + 10)$$

$$P_{f(C-B)} = 1.882 \text{ psi}$$

La presión en C será la suma de la presión en B más la perdida por longitud de C-B.

$$P_C = P_B + P_{f(C-B)}$$

$$P_C = 16.364 \text{ psi} + 1.882 \text{ psi} = 18.246 \text{ psi}$$

Entonces para el punto C se tiene una presión $P_C = 18.246 \text{ psi}$ y un $Q_C = 111.481 \text{ gpm}$, este es un primer valor obtenido.

Ahora se inicia los cálculos del nodo 7 y se considera nuevamente la presión y el caudal mínimo.

$$Q_7 = 17 \text{ gpm}$$

$$P_7 = 9.216 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo 8-7.

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos.

$$P_{f(8-7)} = \frac{4.52 \times 17^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times 7.84$$

$$P_{f(8-7)} = 0.755 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 8 será la suma de la presión en el nodo 7 más la pérdida por longitud.

$$P_8 = P_7 + P_{f(8-7)}$$

$$P_8 = 9.216 \text{ psi} + 0.75 \text{ psi} = 9.971 \text{ psi}$$

Q_8 Se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_8 = k\sqrt{P_8}$$

$$Q_8 = 5.6\sqrt{9.96} = 17.683 \text{ gpm}$$

Se determina el caudal que pasa de C a 8.

$$Q_{C-8} = Q_7 + Q_8$$

$$Q_{C-8} = 17 + 17.683 = 34.683 \text{ gpm}$$

Se calcula la pérdida por longitud, más la pérdida de fricción por la cruceta en C (L=10), adicional se agrega el valor de la reducción 2 pulg a 1 pulg (L=1.417).

$$P_{C-8} = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

$$P_{f(C-8)} = \frac{4.52 \times 34.683^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (2.107 + 1.417 + 10)$$

$$P_{f(C-8)} = 4.873 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 8 será la suma de la presión en el nodo 7 más la pérdida por longitud.

$$P_C = P_8 + P_{f(C-8)}$$

$$P_C = 9.971 \text{ psi} + 4.873 \text{ psi} = 14.844 \text{ psi}$$

Para el punto C se tiene: $P_C = 14.844 \text{ psi}$ y $Q_{C-8} = 34.683 \text{ gpm}$, este es un falso caudal el cual necesita ser balanceado.

Para el balanceo se multiplica al caudal por un factor de corrección el cual es la raíz cuadrada del cociente de las presiones.

$$Q_{corr} = Q \sqrt{\frac{P_{mayor}}{P_{menor}}}$$

$$Q_{C-8} = 34.683 \times \sqrt{\frac{18.246}{14.844}} = 38.453 \text{ gpm}$$

Luego de corregir el caudal para el punto C se tiene: $P_C = 18.246$ psi y $Q_C = 38.453$ gpm.

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo C-8, así mismo se aumenta la perdida de fricción de la cruceta en C ($L=10$), adicional agregamos el valor de la reducción 2 pulg a 1 pulg ($L=1.417$).

$$P_{f(C-8)} = \frac{4.52 \times 38.453^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (2.107 + 1.417 + 10)$$

$$P_{f(C-8)} = 5.898 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 8 será la resta de la presión en el nodo C menos la perdida por longitud de C-8.

$$P_8 = P_C - P_{f(C-8)}$$

$$P_8 = 18.246 \text{ psi} - 5.898 \text{ psi} = 12.348 \text{ psi}$$

Q_8 se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_8 = k\sqrt{P_4}$$

$$Q_8 = 5.6\sqrt{12.348} = 19.678 \text{ gpm}$$

Para el nodo 8 se tiene: $P_8 = 12.348$ psi y $Q_8 = 19.678$ gpm final.

Se determina el caudal que pasa de 8-7

$$Q_{8-7} = Q_C - Q_8$$

$$Q_{8-7} = 38.453 - 19.678 = 18.774 \text{ gpm}$$

La presión en el nodo 7 será la resta de la presión en el nodo 8 menos la perdida por longitud de 8-7.

$$P_7 = P_8 - P_{f(8-7)}$$

$$P_{f(8-7)} = \frac{4.52 \times 18.774^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (7.841)$$

$$P_{f(8-7)} = 0.908 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 7 será la resta de la presión en el nodo 8 menos la perdida por longitud.

$$P_7 = P_8 - P_{f(8-7)}$$

$$P_7 = 12.348 \text{ psi} - 0.908 \text{ psi} = 11.441 \text{ psi}$$

Q_7 se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_7 = k\sqrt{P_7}$$

$$Q_7 = 5.6\sqrt{11.441} = 18.941 \text{ gpm}$$

Para el nodo 7 se tiene: $P_7 = 11.441 \text{ psi}$ y $Q_7 = 18.941 \text{ gpm}$ final.

Ahora se inicia en el nodo 10

$$Q_{10} = 17 \text{ gpm}$$

$$P_{10} = 9.216 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo 10-9

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos.

$$P_{f(10-9)} = \frac{4.52 \times 17^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times 9.514$$

$$P_{f(10-9)} = 0.917 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 9 será la suma de la presión en el nodo 10 más la perdida por longitud.

$$P_9 = P_{10} + P_{f(10-9)}$$

$$P_9 = 9.22 \text{ psi} + 0.917 \text{ psi} = 10.132 \text{ psi}$$

Q_9 se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_9 = k\sqrt{P_9}$$

$$Q_9 = 5.6\sqrt{10.132} = 17.825 \text{ gpm}$$

Se determina el caudal que pasa de C a 9

$$Q_{C-9} = Q_{10} + Q_9$$

$$Q_{C-9} = 17 + 17.825 = 34.825 \text{ gpm}$$

Se calcula la perdida por longitud, y además la perdida de fricción por la crucera en C (L=10), adicional agregamos el valor de la reducción 2 pulg a 1 pulg (L=1.417).

$$P_{C-9} = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

$$P_{f(C-9)} = \frac{4.52 \times 34.825^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (6.671 + 1.417 + 10)$$

$$P_{f(C-9)} = 6.567 \text{ psi}$$

La presión correspondiente al punto C será la suma de la presión en el nodo 9 más la perdida por longitud.

$$P_C = P_9 + P_{f(C-9)}$$

$$P_C = 10.132 \text{ psi} + 6.567 \text{ psi} = 16.699 \text{ psi}$$

Para el punto C se tiene: $P_C = 16.699 \text{ psi}$ y $Q_{C-9} = 34.825 \text{ gpm}$, este es un falso caudal el cual necesita ser balanceado.

Para el balanceo se multiplica al caudal por un factor de corrección el cual es la raíz cuadrada del cociente de las presiones.

$$Q_{corr} = Q \sqrt{\frac{P_{mayor}}{P_{menor}}}$$

$$Q_{C-9} = 34.825 \times \sqrt{\frac{18.246}{16.699}} = 36.403 \text{ gpm}$$

Luego de corregir el caudal para el punto C se tiene: $P_C = 18.246 \text{ psi}$ y $Q_C = 36.403 \text{ gpm}$.

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo C-9, así mismo se aumenta la perdida de fricción de la cruceta en C (L=10pies), adicional se agrega el valor de la reducción 2 pulg a 1 pulg (L=1.417).

$$P_{f(C-9)} = \frac{4.52 \times 37.164^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (6.671 + 1.417 + 10)$$

$$P_{f(C-9)} = 7.128 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 9 será la resta de la presión del nodo C menos la perdida por longitud de C-9.

$$P_9 = P_C - P_{f(C-9)}$$

$$P_9 = 18.246 \text{ psi} - 7.128 \text{ psi} = 11.118 \text{ psi}$$

Q_9 Se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_9 = k\sqrt{P_9}$$

$$Q_9 = 5.6\sqrt{11.118} = 18.673 \text{ gpm}$$

Para el nodo 9 tenemos: $P_9 = 11.118 \text{ psi}$ y $Q_9 = 18.673 \text{ gpm}$ final.

Se determina el caudal que pasa de 9-10

$$Q_{9-10} = Q_C - Q_{C-9}$$

$$Q_{9-10} = 36.403 - 18.673 = 17.730 \text{ gpm}$$

La presión en el nodo 10 será la resta de la presión en el nodo 9 menos la perdida por longitud de 9-10.

$$P_{10} = P_9 - P_{f(9-10)}$$

$$P_{f(9-10)} = \frac{4.52 \times 17.73^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (9.514)$$

$$P_{f(9-10)} = 0.991 \text{ psi}$$

$$P_{10} = 11.118 \text{ psi} - 0.991 \text{ psi} = 10.127 \text{ psi}$$

Q_{10} Se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{10} = k\sqrt{P_{10}}$$

$$Q_{10} = 5.6\sqrt{10.127} = 17.821 \text{ gpm}$$

Para el nodo 10 se tiene: $P_{10} = 10.127 \text{ psi}$ y $Q_{10} = 17.821 \text{ gpm}$ final.

Se determina $Q_{D-C} = Q_{C-B} + Q_{C-8} + Q_{C-9}$

$$Q_{D-C} = 111.481 \text{ gpm} + 38.453 \text{ gpm} + 36.403 \text{ gpm}$$

$$Q_{D-C} = 186.336 \text{ gpm}$$

En el nodo C se tiene $Q_C = 186.336 \text{ gpm}$ y $P_C = 18.246 \text{ psi}$ Final.

Se calcula en el tramo de D-C

$$Q_C = 186.336 \text{ gpm}$$

$$P_C = 18.246 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William (ver Marco teórico) se calcula la perdida por fricción en el tramo D-C

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos, adicional se agrega el valor de la cruceta en D (L=10).

$$P_{f(D-C)} = \frac{4.52 \times 186.336^{1.85}}{120^{1.85} \times 2.098^{4.87}} \times (6.562 + 10)$$

$$P_{f(D-C)} = 4.577 \text{ psi}$$

La presión correspondiente al punto D será la suma de la presión en el punto C más la perdida por longitud de D-C.

$$P_D = P_C + P_{f(D-C)}$$

$$P_D = 18.246 \text{ psi} + 4.577 \text{ psi} = 22.824 \text{ psi}$$

Entonces para el punto D se tiene una presión $P_D = 22.824 \text{ psi}$ y un $Q_D = 186.336 \text{ gpm}$, este es un primer valor obtenido.

Ahora se inicia los cálculos del nodo 11 y se considera nuevamente la presión y el caudal mínimo.

$$Q_{11} = 17 \text{ gpm}$$

$$P_{11} = 9.216 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo 12-11

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos.

$$P_{f(12-11)} = \frac{4.52 \times 17^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times 7.84$$

$$P_{f(12-11)} = 0.755 \text{ psi}$$

La presión del nodo 12 será la suma de la presión en el nodo 11 más la pérdida por longitud.

$$P_{12} = P_{11} + P_{f(12-11)}$$

$$P_{12} = 9.216 \text{ psi} + 0.755 \text{ psi} = 9.971 \text{ psi}$$

Q_{12} se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{12} = k\sqrt{P_{12}}$$

$$Q_{12} = 5.6\sqrt{9.971} = 17.683 \text{ gpm}$$

Se determina el caudal que pasa de D-12

$$Q_{D-12} = Q_{11} + Q_{12}$$

$$Q_{D-12} = 17 + 17.683 = 34.683 \text{ gpm}$$

Se calcula la pérdida por longitud, más la pérdida de fricción por la cruceta en D (L=10), adicional se agrega el valor de la reducción 2 pulg a 1 pulg (L=1.417).

$$P_{D-12} = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

$$P_{f(D-12)} = \frac{4.52 \times 34.683^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (2.107 + 1.417 + 10)$$

$$P_{f(D-12)} = 4.873 \text{ psi}$$

La presión correspondiente al punto D será la suma de la presión en el nodo 12 más la pérdida por longitud de D-12.

$$P_D = 9.971 \text{ psi} + 4.873 \text{ psi} = 14.844 \text{ psi}$$

Para el punto D se tiene: $P_D = 14.844 \text{ psi}$ y $Q_{D-12} = 34.683 \text{ gpm}$, este es un falso caudal el cual necesita ser balanceado.

Para el balanceo se multiplica al caudal por un factor de corrección el cual es la raíz cuadrada del cociente de las presiones.

$$Q_{corr} = Q \sqrt{\frac{P_{mayor}}{P_{menor}}}$$

$$Q_{D-12} = 34.683 \times \sqrt{\frac{22.824}{14.844}} = 43.006 \text{ gpm}$$

Luego de corregir el caudal para el punto D se tiene: $P_D = 22.824$ psi y $Q_D = 43.006$ gpm.

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo D-12, así mismo se aumenta la perdida de fricción de la cruceta en D ($L=10$), adicional se agrega el valor de la reducción 2 pulg a 1 pulg ($L=1.417$).

$$P_{f(D-12)} = \frac{4.52 \times 43.006^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (2.107 + 1.417 + 10)$$

$$P_{f(D-12)} = 7.255 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 12 será la resta de la presión en el nodo D menos la perdida por longitud de D-12.

$$P_{12} = P_D - P_{f(D-12)}$$

$$P_{12} = 22.824 \text{ psi} - 7.255 \text{ psi} = 15.569 \text{ psi}$$

Q_{12} se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{12} = k\sqrt{P_{12}}$$

$$Q_{12} = 5.6\sqrt{15.569} = 22.096 \text{ gpm}$$

Para el nodo 12 se tiene: $P_{12} = 15.569$ psi y $Q_{12} = 22.096$ gpm final.

Se determina el caudal que pasa de 12-11

$$Q_{12-11} = Q_D - Q_{12}$$

$$Q_{12-11} = 43.006 - 22.096 = 20.910 \text{ gpm}$$

La presión en el nodo 11 será la resta de la presión en el nodo 12 menos la perdida por longitud de 12-11.

$$P_{11} = P_{12} - P_{f(12-11)}$$

$$P_{f(12-11)} = \frac{4.52 \times 20.910^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (7.841)$$

$$P_{f(12-11)} = 1.108 \text{ psi}$$

$$P_{11} = 15.569 \text{ psi} - 1.108 \text{ psi} = 14.461 \text{ psi}$$

Q_{11} se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{11} = k\sqrt{P_{11}}$$

$$Q_{11} = 5.6\sqrt{14.461} = 21.295 \text{ gpm}$$

Para el nodo 11 se tiene: $P_{11} = 14.461 \text{ psi}$ y $Q_{11} = 21.295 \text{ gpm}$ final.

Ahora se inicia en el nodo 14

$$Q_{14} = 17 \text{ gpm}$$

$$P_{14} = 9.216 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo 14-13

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos.

$$P_{f(14-13)} = \frac{4.52 \times 17^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times 9.51$$

$$P_{f(14-13)} = 0.917 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 13 será la suma de la presión en el nodo 14 más la perdida por longitud.

$$P_{13} = P_6 + P_{f(13-14)}$$

$$P_{13} = 9.22 \text{ psi} + 0.916 \text{ psi} = 10.132 \text{ psi}$$

Q_{13} se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{13} = k\sqrt{P_{13}}$$

$$Q_{13} = 5.6\sqrt{10.132} = 17.825 \text{ gpm}$$

Se determina el caudal que pasa de D a 13

$$Q_{D-13} = Q_{14} + Q_{13}$$

$$Q_{D-13} = 17 + 17.825 = 34.825 \text{ gpm}$$

Se calcula la perdida por longitud, y además la perdida de fricción por la crucera en D (L=10), adicional se agrega el valor de la reducción 2 pulg a 1 pulg (L=1.417).

$$P_{D-13} = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

$$P_{f(D-13)} = \frac{4.52 \times 34.825^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (6.671 + 1.417 + 10)$$

$$P_{f(D-13)} = 6.567 \text{ psi}$$

$$P_D = 10.132 \text{ psi} + 6.567 \text{ psi} = 16.699 \text{ psi}$$

Para el punto D se tiene: $P_D = 16.699 \text{ psi}$ y $Q_{D-13} = 34.825 \text{ gpm}$, este es un falso caudal el cual necesita ser balanceado.

Para el balanceo se multiplica al caudal por un factor de corrección el cual es la raíz cuadrada del cociente de las presiones.

$$Q_{corr} = Q \sqrt{\frac{P_{mayor}}{P_{menor}}}$$

$$Q_{D-13} = 34.825 \times \sqrt{\frac{22.824}{16.699}} = 40.714 \text{ gpm}$$

Luego de corregir el caudal para el punto D se tiene: $P_D = 22.824 \text{ psi}$ y $Q_D = 40.714 \text{ gpm}$.

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo D-13, así mismo se aumenta la perdida de fricción de la cruceta en D ($L=10$ pies), adicional se agrega el valor de la reducción 2 pulg a 1 pulg ($L=1.417$).

$$P_{f(D-13)} = \frac{4.52 \times 40.714^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (6.671 + 1.1417 + 10)$$

$$P_{f(D-13)} = 8.768 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 13 será la resta de la presión en el nodo D menos la perdida por longitud de D-13.

$$P_{13} = P_D - P_{f(D-13)}$$

$$P_{13} = 22.824 \text{ psi} - 8.768 \text{ psi} = 14.056 \text{ psi}$$

Q_{13} Se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{13} = k\sqrt{P_5}$$

$$Q_{13} = 5.6\sqrt{14.056} = 20.995 \text{ gpm}$$

Para el nodo 13 tenemos: $P_{13} = 14.056 \text{ psi}$ y $Q_{13} = 20.995 \text{ gpm}$ final.

Se determina el caudal que pasa de 13-14.

$$Q_{13-14} = Q_D - Q_{13}$$

$$Q_{13-14} = 40.714 - 20.995 = 19.718 \text{ gpm}$$

La presión en el nodo 14 será la resta de la presión en el nodo 13 menos la pérdida por longitud de 5-6.

$$P_{14} = P_{13} - P_{f(13-14)}$$

$$P_{f(13-14)} = \frac{4.52 \times 19.718^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (9.514)$$

$$P_{f(13-14)} = 1.206 \text{ psi}$$

$$P_{14} = 14.056 \text{ psi} - 1.206 \text{ psi} = 12.850 \text{ psi}$$

Q_{14} se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{14} = k\sqrt{P_{14}}$$

$$Q_{14} = 5.6\sqrt{12.850} = 20.074 \text{ gpm}$$

Para el nodo 14 se tiene: $P_{14} = 12.850 \text{ psi}$ y $Q_{14} = 20.074 \text{ gpm}$ final.

Se determina $Q_{E-D} = Q_{D-C} + Q_{D-12} + Q_{D-13}$

$$Q_{E-D} = 186.336 \text{ gpm} + 43.006 \text{ gpm} + 40.714 \text{ gpm}$$

$$Q_{E-D} = 249.873 \text{ gpm}$$

En el nodo D se tiene $Q_D = 249.873 \text{ gpm}$ y $P_D = 22.824 \text{ psi}$ Final.

Se calcula en el tramo de E-D

$$Q_D = 249.873 \text{ gpm}$$

$$P_D = 22.824 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William se calcula la pérdida por fricción en el tramo E-D

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos, adicional se agrega el valor de la reducción 2 ½ pulg a 2 pulg (L=1.371) y la cruceta en E (L=12).

$$P_{f(E-D)} = \frac{4.52 \times 249.873^{1.85}}{120^{1.85} \times 2.6225^{4.87}} \times (6.439 + 0.167 + 12)$$

$$P_{f(E-D)} = 2.985 \text{ psi}$$

La presión correspondiente al punto E será la suma de la presión en el punto D más la pérdida por longitud de E-D.

$$P_E = P_D + P_{f(E-D)}$$

$$P_E = 22.824 \text{ psi} + 2.985 \text{ psi} = 25.808 \text{ psi}$$

Entonces para el punto E se tiene una presión $P_E = 25.808 \text{ psi}$ y un $Q_E = 249.873 \text{ gpm}$, este es un primer valor obtenido.

Ahora se inicia los cálculos del nodo 15 y se considera nuevamente la presión y el caudal mínimo.

$$Q_{15} = 17 \text{ gpm}$$

$$P_{15} = 9.216 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William calculamos la pérdida por fricción en el tramo 15-16

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos.

$$P_{f(15-16)} = \frac{4.52 \times 17^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times 7.84$$

$$P_{f(15-16)} = 0.755 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 16 será la suma de la presión en el nodo 15 más la pérdida por longitud.

$$P_{16} = P_{15} + P_{f(15-16)}$$

$$P_{16} = 9.216 \text{ psi} + 0.75 \text{ psi} = 9.971 \text{ psi}$$

Q_{16} Se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{16} = k\sqrt{P_{16}}$$

$$Q_{16} = 5.6\sqrt{9.971} = 17.683 \text{ gpm}$$

Se determina el caudal que pasa de E a 16

$$Q_{E-16} = Q_{15} + Q_{16}$$

$$Q_{E-16} = 17 + 17.683 = 34.683 \text{ gpm}$$

Se calcula la perdida por longitud, más la perdida de fricción por la cruceta en E (L=12), adicional se agrega el valor de la reducción 2 ½ pulg a 1 pulg (L=4.583).

$$P_{E-16} = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

$$P_{f(E-16)} = \frac{4.52 \times 34.683^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (2.107 + 4.583 + 12)$$

$$P_{f(E-16)} = 6.734 \text{ psi}$$

La presión correspondiente al punto E será la suma de la presión en el nodo 16 más la perdida por longitud de E-16.

$$P_E = P_{16} + P_{f(E+16)}$$

$$P_E = 9.971 \text{ psi} + 6.734 \text{ psi} = 16.705 \text{ psi}$$

Para el punto E se tiene: $P_E = 16.705 \text{ psi}$ y $Q_{E-16} = 34.683 \text{ gpm}$, este es un falso caudal el cual necesita ser balanceado.

Para el balanceo se multiplica al caudal por un factor de corrección el cual es la raíz cuadrada del cociente de las presiones.

$$Q_{corr} = Q \sqrt{\frac{P_{mayor}}{P_{menor}}}$$

$$Q_{E-16} = 34.683 \times \sqrt{\frac{25.808}{16.705}} = 43.109 \text{ gpm}$$

Luego de corregir el caudal para el punto E tenemos: $P_E = 26.002 \text{ psi}$ y $Q_E = 43.270 \text{ gpm}$.

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo E-16, así mismo se aumenta la perdida de fricción de la cruceta en E (L=12), adicional se agrega el valor de la reducción 2 ½ pulg a 1 pulg (L=4.583).

$$P_{f(E-16)} = \frac{4.52 \times 43.109^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (2.107 + 4.583 + 12)$$

$$P_{f(E-16)} = 10.070 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 16 será la resta de la presión en el nodo E menos la pérdida por longitud de E-16.

$$P_{16} = P_E - P_{f(E-16)}$$

$$P_{16} = 25.808 \text{ psi} - 10.070 \text{ psi} = 15.738 \text{ psi}$$

Q_{16} Se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{16} = k\sqrt{P_{16}}$$

$$Q_{16} = 5.6\sqrt{15.738} = 22.216 \text{ gpm}$$

Para el nodo 16 se tiene: $P_{16} = 15.738 \text{ psi}$ y $Q_{16} = 22.216 \text{ gpm}$ final.

Se determina el caudal que pasa de 16-15

$$Q_{16-15} = Q_E - Q_{16}$$

$$Q_{16-15} = 43.109 - 22.216 = 20.893 \text{ gpm}$$

La presión en el nodo 15 será la resta de la presión en el nodo 16 menos la pérdida por longitud de 16-15.

$$P_{15} = P_{16} - P_{f(16-15)}$$

$$P_{f(16-15)} = \frac{4.52 \times 20.893^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (7.841)$$

$$P_{f(16-15)} = 1.106 \text{ psi}$$

$$P_{15} = 15.738 \text{ psi} - 1.106 \text{ psi} = 14.632 \text{ psi}$$

Q_{15} se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{15} = k\sqrt{P_{15}}$$

$$Q_{15} = 5.6\sqrt{14.632} = 21.421 \text{ gpm}$$

Para el nodo 15 se tiene: $P_{15} = 14.632 \text{ psi}$ y $Q_{15} = 21.421 \text{ gpm}$ final.

Ahora se inicia en el nodo 18

$$Q_{18} = 17 \text{ gpm}$$

$$P_{18} = 9.216 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William se calcula la pérdida por fricción en el tramo 18-17

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos.

$$P_{f(18-17)} = \frac{4.52 \times 17^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times 9.514$$

$$P_{f(18-17)} = 0.917 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 17 será la suma de la presión en el nodo 18 más la perdida por longitud.

$$P_{17} = P_{18} + P_{f(17-18)}$$

$$P_{17} = 9.216 \text{ psi} + 0.917 \text{ psi} = 10.132 \text{ psi}$$

Q_{17} Se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{17} = k\sqrt{P_{17}}$$

$$Q_{17} = 5.6\sqrt{10.132} = 17.825 \text{ gpm}$$

Se determina el caudal que pasa de E a 17

$$Q_{E-17} = Q_{18} + Q_{17}$$

$$Q_{E-17} = 17 + 17.825 = 34.825 \text{ gpm}$$

Se calcula la perdida por longitud, y además la perdida de fricción por la crucera en E (L=12pies), adicional se agrega el valor de la reducción 2 ½ pulg a 1 pulg (L=4.583).

$$P_{E-17} = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

$$P_{f(E-17)} = \frac{4.52 \times 34.825^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (6.671 + 4.583 + 12)$$

$$P_{f(E-17)} = 8.443 \text{ psi}$$

La presión correspondiente al punto F será la suma de la presión en el nodo 16 más la perdida por longitud de E-16.

$$P_E = P_{17} + P_{f(E-17)}$$

$$P_E = 10.132 \text{ psi} + 8.443 \text{ psi} = 18.575 \text{ psi}$$

Para el punto E se tiene: $P_E = 18.575 \text{ psi}$ y $Q_{E-17} = 34.825 \text{ gpm}$, este es un falso caudal el cual necesita ser balanceado.

Para el balanceo se multiplica al caudal por un factor de corrección el cual es la raíz cuadrada del cociente de las presiones.

$$Q_{corr} = Q \sqrt{\frac{P_{mayor}}{P_{menor}}}$$

$$Q_{E-17} = 34.825 \times \sqrt{\frac{25.808}{18.575}} = 41.050 \text{ gpm}$$

Luego de corregir el caudal para el punto E tenemos: $P_E = 26.002 \text{ psi}$ y $Q_E = 41.050 \text{ gpm}$.

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo E-17, así mismo se aumenta la perdida de fricción de la cruceta en E ($L=12$).

$$P_{f(E-17)} = \frac{4.52 \times 41.050^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (6.671 + 4.583 + 12)$$

$$P_{f(E-17)} = 11.445 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 17 será la resta de la presión en el nodo E menos la perdida por longitud de E-17.

$$P_{17} = P_E - P_{f(E-17)}$$

$$P_{17} = 25.808 \text{ psi} - 11.445 \text{ psi} = 14.364 \text{ psi}$$

Q_{17} Se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{17} = k\sqrt{P_{17}}$$

$$Q_{17} = 5.6\sqrt{14.364} = 21.224 \text{ gpm}$$

Para el nodo 17 se tiene: $P_{17} = 14.364 \text{ psi}$ y $Q_{17} = 21.224 \text{ gpm}$ final.

Se determina el caudal que pasa de 17-18

$$Q_{17-18} = Q_E - Q_{17}$$

$$Q_{17-18} = 41.050 - 21.224 = 19.826 \text{ gpm}$$

La presión en el nodo 18 será la resta de la presión en el nodo 17 menos la perdida por longitud de 17-18.

$$P_{18} = P_{17} - P_{f(17-18)}$$

$$P_{f(17-18)} = \frac{4.52 \times 19.826^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (9.514)$$

$$P_{f(17-18)} = 1.218 \text{ psi}$$

$$P_{18} = 14.364 - 1.218 \text{ psi} = 13.145 \text{ psi}$$

Q_{18} Se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{18} = k\sqrt{P_{18}}$$

$$Q_{18} = 5.6\sqrt{13.145} = 20.304 \text{ gpm}$$

Para el nodo 18 se tiene: $P_{18} = 13.145 \text{ psi}$ y $Q_{18} = 20.304 \text{ gpm}$ final.

Se determina

$$Q_{F-E} = Q_{E-D} + Q_{E-16} + Q_{E-17}$$

$$Q_{F-E} = 249.873 \text{ gpm} + 43.109 \text{ gpm} + 41.050 \text{ gpm}$$

$$Q_{C-B} = 334.032 \text{ gpm}$$

En el nodo E se tiene $Q_E = 334.032 \text{ gpm}$ y $P_E = 25.808 \text{ psi}$ Final.

Se calcula en el tramo de F-E

$$Q_E = 334.032 \text{ gpm}$$

$$P_E = 25.808 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo F-E

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos, adicional se agrega el valor de la cruceta en C (L=12).

$$P_{f(F-E)} = \frac{4.52 \times 334.032^{1.85}}{120^{1.85} \times 2.6225^{4.87}} \times (6.562 + 12)$$

$$P_{f(F-E)} = 5.095 \text{ psi}$$

La presión correspondiente al punto F será la suma de la presión en el punto E más la perdida por longitud de F-E.

$$P_F = P_E + P_{f(F-E)}$$

$$P_F = 25.808 \text{ psi} + 5.095 \text{ psi} = 30.903 \text{ psi}$$

Entonces para el punto F se tiene una presión $P_F = 30.903 \text{ psi}$ y un $Q_F = 334.032 \text{ gpm}$, este es un primer valor obtenido.

Ahora se inicia los cálculos del nodo 19 y se considera nuevamente la presión y el caudal mínimo.

$$Q_{19} = 17 \text{ gpm}$$

$$P_{19} = 9.216 \text{ psi}$$

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo F-19.

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos, además la perdida de fricción de la cruceta en F (L=12), adicional se agrega el valor de la reducción 2 ½ pulg a 1 pulg (L=4.583).

$$P_{f(F-19)} = \frac{4.52 \times 17^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (2.107 + 4.583 + 12)$$

$$P_{f(F-19)} = 1.801 \text{ psi}$$

La presión correspondiente al punto F será la suma de la presión en el nodo 19 más la perdida por longitud.

$$P_F = P_{19} + P_{f(F-19)}$$

$$P_F = 9.216 \text{ psi} + 1.801 = 11.016 \text{ psi}$$

Para el punto F se tiene: $P_F = 11.016 \text{ psi}$ y $Q_{F-19} = 17 \text{ gpm}$, este es un falso caudal el cual necesita ser balanceado.

Para el balanceo se multiplica al caudal por un factor de corrección el cual es la raíz cuadrada del cociente de las presiones.

$$Q_{corr} = Q \sqrt{\frac{P_{mayor}}{P_{menor}}}$$

$$Q_{F-19} = 17 \times \sqrt{\frac{30.903}{11.016}} = 28.473 \text{ gpm}$$

Luego de corregir el caudal para el punto F se tiene: $P_F = 30.903$ psi y $Q_F = 28.473$ gpm.

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo F-19, así mismo se aumenta la perdida de fricción de la cruceta en F (L=12), adicional se agrega el valor de la reducción 2 ½ pulg a 1 pulg (L=4.583).

$$P_{f(F-19)} = \frac{4.52 \times 28.473^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.049^{4.87}} \times (2.107 + 4.583 + 12)$$

$$P_{f(F-19)} = 4.675 \text{ psi}$$

La presión en el nodo 19 será la resta de la presión en el nodo E menos la perdida por longitud de F-19.

$$P_{19} = P_F - P_{f(F-19)}$$

$$P_{19} = 30.903 \text{ psi} - 4.675 \text{ psi} = 26.228 \text{ psi}$$

Q_{19} Se calcula empleando la ecuación de flujo por orificio.

$$Q_{19} = k\sqrt{P_{19}}$$

$$Q_{19} = 5.6\sqrt{26.228} = 28.680 \text{ gpm}$$

Para el nodo 19 se tiene: $P_{19} = 26.228$ psi y $Q_{19} = 28.680$ gpm final.

Se calcula en el tramo de G-F

$$d = 2.6225; L = 6.693; C = 120$$

$$Q_{G-F} = 334.032 \text{ gpm}$$

$$P_F = 30.903 \text{ psi}$$

Se determina $Q_{G-F} = Q_{F-E} + Q_{19} = Q_G$

$$Q_{G-F} = 334.032 \text{ gpm} + 28.473 \text{ gpm}$$

$$Q_{G-F} = 362.506 \text{ gpm}$$

Por ecuación de Hazen – William se calcula la perdida por fricción en el tramo G-F

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \times L$$

Para los Valores de la constante C y del diámetro real dirigirse a los anexos, adicional se agrega el valor de la cruceta en F (L=12).

$$P_{f(G-F)} = \frac{4.52 \times 362.506^{1.85}}{120^{1.85} \times 2.6225^{4.87}} \times (6.693 + 12)$$

$$P_{f(G-F)} = 5.969 \text{ psi}$$

La presión correspondiente al punto G será la suma de la presión en el punto F más la pérdida por longitud de G-F.

$$P_G = P_F + P_{f(G-F)}$$

$$P_G = 30.903 \text{ psi} + 5.969 \text{ psi} = 36.873 \text{ psi}$$

Para el punto G se tiene: $P_G = 36.873 \text{ psi}$ y $Q_G = 362.506 \text{ gpm}$ final.

Como el procedimiento de cálculo es repetitivo, se elabora la siguiente tabla donde de forma iterativa se calcula las presiones y las pérdidas locales por longitud y accesorio hasta llegar al punto JJ (presión final de operación) ubicado en el cuarto de bombas, asimismo al estar estos cálculos fuera del área de diseño, no se toman en cuenta los aumentos de caudal, de los ramales que cruzan la ruta de la tubería, que va hasta el cuarto de bombas.

Tabla 8. Tabla de cálculo hidráulico del tramo F-G al tramo II-JJ

TRAMO		CAUDAL	DIAMETRO	LONG.	LONG. EQUI. ACCE.	LONG TOTAL	C	PERDIDA POR FRICCIÓN	PRESION	
INIC	FIN	Q (GPM)	D (pulg.)	L (pies)	(pies)	(pies)		Pf (PSI)	Pi (PSI)	Pf (PSI)
F	G	362.506	2.6225	6.693	12	18.693	120	5.969	30.903	36.872
G	H	362.506	2.6225	3.018	12	15.018	120	4.796	36.872	41.668
H	I	362.506	3.147	3.412	15.15	18.562	120	2.439	41.668	44.107
I	J	362.506	3.147	6.562	15	21.562	120	2.833	44.107	46.941
J	K	362.506	3.147	6.693	15	21.693	120	2.851	46.941	49.791
K	L	362.506	3.147	3.215	15	18.215	120	2.394	49.791	52.185
L	M	362.506	3.147	3.97	15	18.97	120	2.493	52.185	54.678
M	N	362.506	3.147	4.856	15	19.856	120	2.609	54.678	57.287
N	O	362.506	3.147	6.66	15	21.66	120	2.846	57.287	60.133
O	P	362.506	3.147	9.514	15	24.514	120	3.221	60.133	63.355
P	Q	362.506	3.147	10.892	15	25.892	120	3.402	63.355	66.757
Q	R	362.506	3.147	27.067	15	42.067	120	5.528	66.757	72.285
R	S	362.506	3.147	28.707	15	43.707	120	5.744	72.285	78.029
S	T	362.506	3.147	27.1	15	42.1	120	5.532	78.029	83.561
T	U	362.506	3.147	24.705	7	31.705	120	4.166	83.561	87.728
U	V	362.506	3.147	139.6	15	154.6	120	20.316	87.728	108.044
V	W	362.506	3.147	102.297	15	117.297	120	15.414	108.044	123.458
W	X	362.506	4.196	16.01	7	23.01	120	0.745	123.458	124.203
X	Y	362.506	4.196	15.814	10.4	26.214	120	0.849	124.203	125.051
Y	Z	362.506	4.196	9.843	20	29.843	120	0.966	125.051	126.017
Z	AA	362.506	4.196	9.843	20	29.843	120	0.966	126.017	126.983
AA	BB	362.506	4.196	9.843	10	19.843	120	0.642	126.983	127.626
BB	CC	362.506	4.196	1.772	20	21.772	120	0.705	127.626	128.331
CC	DD	362.506	4.196	8.858	10	18.858	120	0.610	128.331	128.941
DD	EE	362.506	4.196	16.371	10	26.371	120	0.854	128.941	129.795
EE	FF	362.506	4.196	7.71	20	27.71	120	0.897	129.795	130.692
FF	GG	362.506	4.196	0.591	20	20.591	120	0.667	130.692	131.358
GG	HH	362.506	4.196	1.969	22	23.969	120	0.776	131.358	132.134
HH	II	362.506	4.196	1.575	20	21.575	120	0.698	132.134	132.833
II	JJ	362.506	4.196	6.693	70	76.693	120	2.483	132.833	135.316

De este modo obtenemos el punto mínimo de operación del sistema de rociadores:

$$Q_{roc} = 362.506 \text{ gpm}$$

$$P_{roc} = 135.316 \text{ psi}$$

3.5.3 Selección de los equipos del sistema de Bombeo

Para la óptima elección de la bomba se tomará en cuenta el tipo de bomba y el modelo adecuado:

Clasificación de las bombas:

- Bomba tipo centrífuga.
- Bombas de desplazamiento positivo

Se seleccionará para este proyecto el tipo de bomba centrífuga, por sus cualidades de adaptación a diversos ámbitos de operación, su bajo costo de adquisición, operatividad y su proceso periódico de mantenimiento.

Para el modelo adecuado se recurrirá a los parámetros de fabricación y requerimiento, que se pueden observar en las gráficas (curvas de características de la bomba), a continuación, se enumera los 3 gráficos:

- Gráfico de caudal vs carga de la bomba.
- Gráfico potencia del motor (kW).
- Gráfico Carga Positiva Neta de Aspiración (NPSH).

De los cálculos hidráulicos realizados en el apartado 3.5.1 Se tiene:

$$Q_{roc} = 362.506 \text{ gpm} = 22.870 \text{ l/s}$$

$$P_{roc} = 135.316 \text{ psi} = 95.1391 \text{ mca}$$

Al valor del Caudal Q_{roc} se le añade el consumo correspondiente a dos o más mangueras interiores abiertas, el cual acorde a la tabla N°7 es 100gpm, obteniéndose:

$$Q_{total} = 362.506 \text{ gpm} + 100 \text{ gpm} = 462.506 \text{ gpm} = 35.04 \text{ l/s}$$

Entonces el caudal total y presión total para la selección de la bomba es:

$$Q_{total} = 462.506 \text{ gpm} = 35.04 \text{ l/s}$$

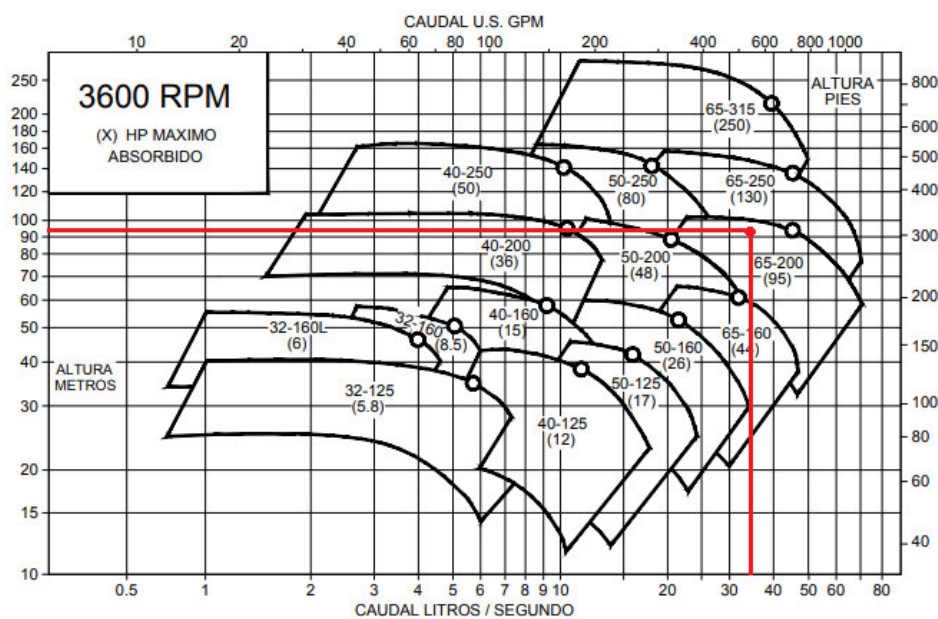
$$P_{total} = 135.316 \text{ psi} = 95.1391 \text{ mca}$$

En nuestro diseño de sistema contraincendios el caudal de diseño tiene un valor de 35.04 l/s por ende debemos seleccionar una bomba normada o listada (Cabe resaltar que la Norma NFPA-20 edición (2016) en la sección 4.7 Bombas, motores y controladores, en el

punto 4.7.1* indica de manera explícita que: “Las bombas contra incendio deben estar dedicadas al servicio de la protección contra incendios y listadas para dicha actividad”)

Como se tiene una bomba Existente, primero se verifica si esta bomba cumple con el punto de operación del sistema determinado en el cálculo hidráulico, para ello primero se comprueba si dicho punto, está dentro de los rangos de operación del modelo de la bomba instalada (Modelo 65 – 200)

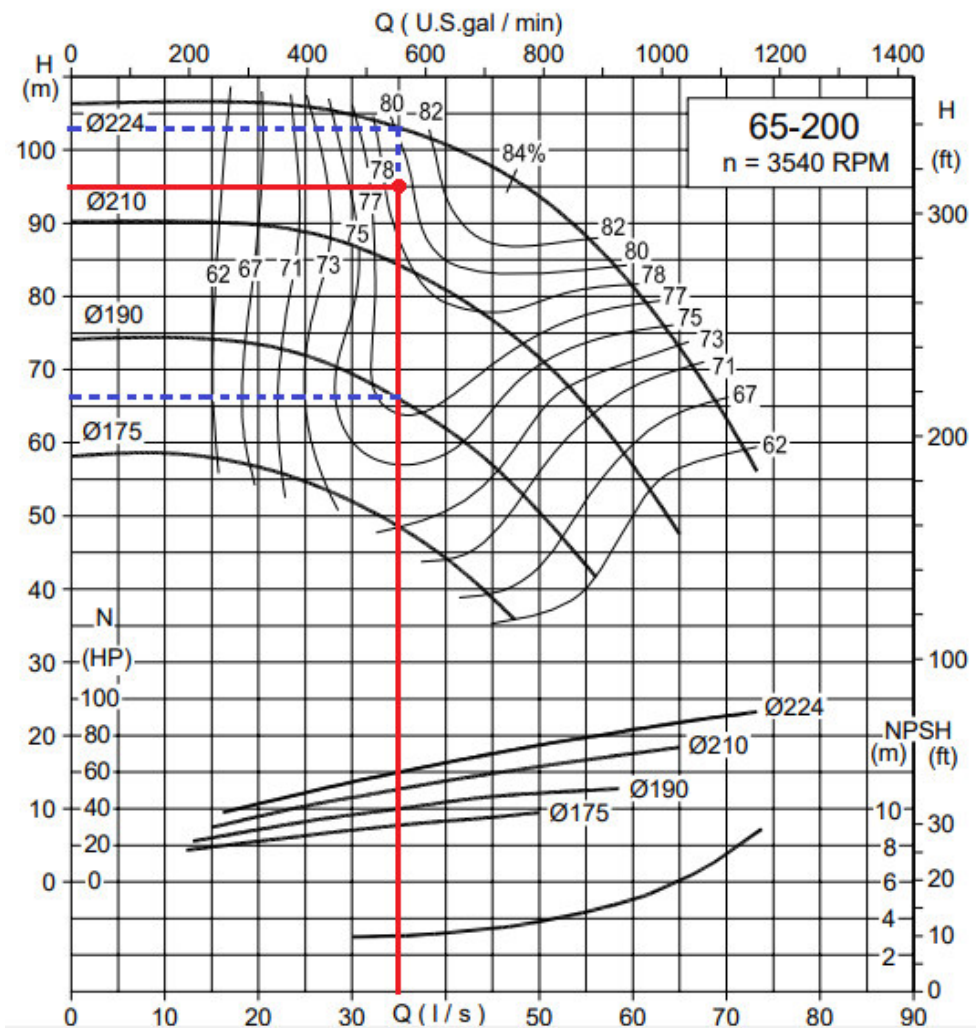
Figura 29. Rangos de operación de diversos modelos de bombas Hidrostral



Fuente: Catalogo Hidrostral versión F Rev. 14 de bombas centrifugas ISO 2858

Como se puede apreciar, el caudal y altura de operación, si están, dentro del rango de operación de la bomba instalada, ahora se debe verificar en la curva de caudal potencia de dicho modelo de bomba.

Figura 30. Curva característica de la bomba Hidrostral Modelo 65-200



Fuente: Catalogo Hidrostral versión F Rev. 14 de bombas centrifugas ISO 2858

La bomba instalada tiene un diámetro de impulsor de Φ 190 y como se puede ver en el gráfico para un caudal de 35.04 l/s (caudal de operación) solamente nos proporciona una altura dinámica de aproximadamente 66 m, no llegando a la altura de trabajo calculado (95.13 m), por tanto, se concluye que la bomba instalada no cumple con los parámetros de operación.

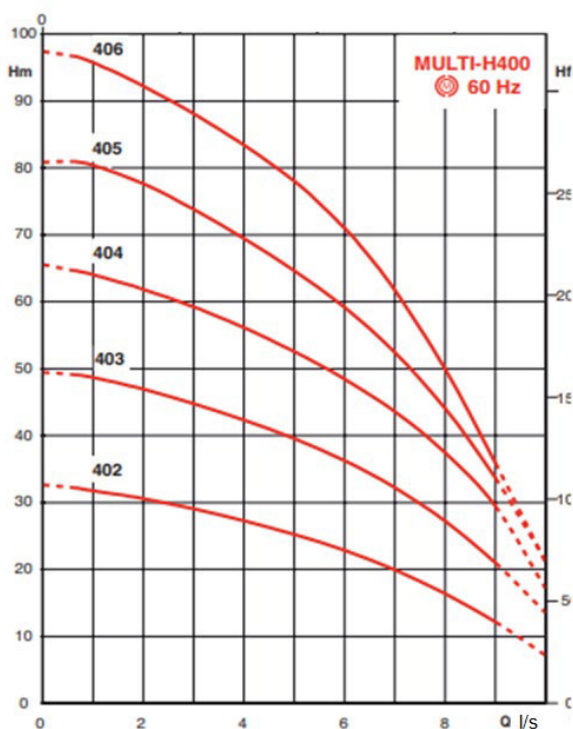
Sin embargo, dentro del mismo gráfico, se puede apreciar que la bomba Hidrostral Modelo: 65 – 200, con diámetro de impulsor de Φ 224 si cumple con el punto de operación, pues para el caudal de operación (35.04 l/s), nos proporciona una altura aproximada de 103 m. la cual es mayor a nuestra altura requerida.

De esta forma se garantizará los estándares de calidad y seguridad, para evitar un posible recalentamiento del flujo y vibraciones en la tubería.

Entonces la bomba seleccionada es, la electrobomba tipo Centrifuga, Marca: Hidrostral, Modelo 65-200 con diámetro de impulsor Φ 224, con una frecuencia de 3540RPM a 60 Hz con un motor de potencia de 50 HP.

Para el cálculo de la bomba Jockey, la NFPA - 20 indica que debe tener un caudal menor al de un único rociador contra incendio, para ello se elige como referencia, al caudal del Rociador más alejado (17gpm = 1.07 l/s). Y como se cuenta con una Bomba Jockey instalada, (Marca: Salmson, Modelo: 406 de 3HP de potencia) se procede a verificar su curva de caudal potencia, para comprobar si cumple con los requisitos.

Figura 31. Curva de caudal Potencia bomba Salmson Modelo 406



Fuente: Ficha técnica Bombas centrifugas multietápicas Modelo Multi - H

Se corrobora que, a dicho caudal, se logra alcanzar una altura aproximada de 97.5m la cual es mayor a la altura de operación total (95.13m) por ello concluimos que la electrobomba centrifuga instalada, Marca: Salmson, Modelo 406 si cumple con los nuevos

parámetros de operación y no es necesario su cambio, pues su presión de descarga es únicamente para mantener la presión del sistema en caso de fugas admisibles.

3.5.4 Capacidad volumétrica requerida para la cisterna de agua

Inicialmente en el apartado 4.1.2, se determinó que debería ser como mínimo de 125 m³, sin embargo, este cálculo es referencial y se usó como punto de partida para nuestros cálculos hidráulicos, ahora se ajustará este cálculo con el caudal real de los rociadores, el cual incluye las pérdidas por longitudes y accesorios no considerados en el análisis inicial

$$Q_{roc\ real} = 362.506\ gpm$$

Luego se considera el gasto por el uso de dos a más mangueras $Q_{man} = 100\ gpm$ (Ver tabla 07 del apartado 4.1.2)

$$Q_{total\ real} = Q_{roc\ real} + Q_{mangueras}$$

$$Q_{total\ real} = 362.506\ gpm + 100\ gpm$$

$$Q_{total\ real} = 462.506\ gpm$$

Por ultimo para hallar el volumen real de la cisterna se multiplica este caudal por el tiempo, como se trata de un riesgo ordinario, se considera 60 min, obteniendo.

$$Vol_{(gal)} = 462.506\ gpm \times 60\ min = 27750.36\ gal$$

$$Vol_{(m^3)} = 27750.36\ gal \times 0.003785 = 105.03\ m^3 \sim 105\ m^3$$

Como se aprecia se requiere de 14m³, adicionales al volumen del cálculo inicial referencial.

Asimismo, el Volumen real de la Cisterna existente es de 266 m³, cumpliendo con el volumen requerido, sin embargo, cabe detallar que la cisterna existente es una cisterna compartida, la cual abastece tanto al sistema contra incendio, como al sistema de presión constante, por ello hallado el volumen requerido, se sugiere colocar el control de nivel a una altura necesaria, que garantice que no se consuma los 105 m³, requeridos para el sistema contra incendio.

Capítulo IV. Resultados y Discusión

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

De los resultados conseguidos podemos expresar que la presión de operación mínima, para que el sistema automático de Rociadores y el sistema de gabinetes contra incendio, operen con normalidad es de:

$$P_{diseño} = 135.31 \text{ psi}$$

Y el caudal de operación mínimo de:

$$Q_{diseño} = 462.5 \text{ gpm}$$

Siendo 362.5 gpm el requerido para el sistema de rociadores y 100 gpm el requerido para los gabinetes contra incendio.

Se puede evidenciar que los valores obtenidos tanto en presión y en caudal, son valores que se ajustan a las curvas características de las bombas comerciales, para sistemas contra incendio, lo que nos da como indicativo que los cálculos hidráulicos de nuestro sistema son correctos.

El volumen mínimo obtenido para la cisterna contra incendios, tomando como consideración una autonomía de 1 hora es de 105 m³

Se ha determinado a través de los cálculos hidráulicos que la presión y el caudal mínimo del rociador hidráulicamente más desfavorecido, es de 9.216 psi y 17gpm, respectivamente y corresponde al Rociador ubicado en el último ramal del área de diseño exactamente en el nodo 1.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Se elaboró el diseño del sistema automático de Rociadores contra incendio, para el mercado 3 de febrero – La Victoria.

- Se estableció que el mayor tipo de riesgo presente en el mercado 03 de febrero es el Riesgo Ordinario de tipo 2.

- Se definió la distribución de la red de rociadores para el mercado 03 de febrero (Ver sección de anexos, plano de distribución ACI), en base al cálculo de la densidad del diseño necesario, el área de acción de los rociadores y la cantidad de rociadores, cumpliendo con los requisitos y requerimiento de las normas NFPA 13 y RNE.

- Se realizó los cálculos hidráulicos correspondientes a la red de tuberías del Sistema de Agua Contra Incendio, considerando 1500 m² como área de diseño y una densidad de 0.2 gpm/pie², clasificado en Riesgo Ordinario de tipo 2. Obteniendo los valores de operación Q = 462.506 gpm y P=135.3 PSI

- Se seleccionó los equipos de bombeo, referenciados por la normatividad de la NFPA 20 y por los valores de operación (cálculo hidráulico Q = 462.506 gpm y P=135.3 PSI) y se eligió para la bomba principal una electrobomba tipo Centrifuga, Marca: Hidrostal, Modelo 65-200 con diámetro de impulsor Φ 224, con una frecuencia de 3540RPM a 60 Hz con un motor de potencia de 50 HP. Concluyendo que la bomba principal instalada, no cumple con nuestro punto de operación, pues su diámetro de impulsión (Φ 190) es menor al de la bomba seleccionada. Asimismo, se comprobó que la bomba Jockey instalada (Marca: Salmson Modelo 406) si cumple con los parámetros de operación por ende no es necesario cambiarla.

- Se realizó los cálculos matemáticos que determina los valores mínimos de la capacidad que debe tener la cisterna el cual es de 105 m³ y se comparó con el volumen real presente en la edificación que es de 266 m³, concluyendo que la cisterna existente cumple con el requerimiento.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda la implementación del sistema de rociadores, pues debido a la naturaleza de sus ambientes es susceptible al riesgo de incendio, además que es obligatorio el cumplimiento de las regulaciones y normas nacionales.
- Se recomienda realizar el cálculo del diseño del sistema contra incendio, con el software Autosprink, u otro software similar, para así aportar al estudio un análisis comparativo, también se puede hacer uso de softwares libres como el Epanet.
- Se debe cambiar el impulsor (Φ 190) de la bomba Hidrostral 65-200 instalada, por un impulsor de diámetro (Φ 224) para que de esta forma pueda cumplir con el punto de operación del sistema.
- Se recomienda independizar la cisterna de consumo doméstico de la cisterna de agua contraincendio, pues a pesar que la norma técnica peruana permite que puedan compartir cisterna, esta práctica no es muy recomendable, puesto que los componentes del sistema ACI no son galvanizados y pueden generar contaminación al agua sanitaria.

Bibliografía

- Albornoz, S., Chereav, J., & Araya, S. (2016). *El fuego y los incendios* [Guía de instrucción N° 1, Academia nacional de bomberos de Chile]
- Caballero, C., Ludeña, G., & Mesones, P. (2018). *Sistema Integral de Información para Centros Comerciales que Permita Reducir los Problemas de Seguridad Operacional* [Tesis de Titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
- CENEPRED. (2020). *Escenario de riesgo por incendio urbano del cercado de lima*.
https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//10098_escenario-de-riesgo-por-incendio-urbano-del-cercado-de-lima.pdf
- Cengel, Y. & Cimbala, J. (2006). *Mecánica de Fluidos Fundamentos y aplicaciones* (segunda edición). The macgraw - hill companies, inc.
- Cifuentes, D., & Garzón, P. (2020). *Diseño de una Red Contra Incendios para las Instalaciones de Empresa Textil Ritchi S.A.S.* [Tesis de titulación, Fundación Universidad de América]. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7903>
- Diéguez, A. (2020). *Diseño de instalación contra incendios en nave de almacenamiento de productos textiles* [Proyecto de grado, Universidad de la Laguna]
- HIDROSTAL. (2015). *Bomba Centrífuga ISO2858*. 1–82. www.hidrostal.comp.pe
- Martínez, E., & Barreto, N. (2017). *Diseño de un Sistema Contra Incendio para una Empresa Productora de Cereales*. 9. <https://es.scribd.com/document/48039992/Diseno-de-un-Sistema-Contra-Incendio-para-una-Empresa-Productora-de-Cereales>
- Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de edificaciones. In *N°011-2006-VIVIENDA, Decreto Supremo* (Vol. 53, Issue 9).
- Rocha F. (2007) *Hidráulica de tuberías y canales* (1° Edición). Universidad Nacional de Ingeniería.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, N°011-2006-VIVIENDA, Decreto Supremo 439 (2006). <http://www3.vivienda.gob.pe/pnc/docs/normatividad/varios/Reglamento Nacional de Edificaciones.pdf>
- Mott, R., & Untener, J. (2015). *Mecánica de fluidos* (Séptima). Pearson Education.

- National Fire Protection Association. (2009). *Manual de protección contra incendio* (Quinta).
- National Fire Protection Association. (2016). *NFPA 20 Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra Incendios* (p. 196). www.nfpa.org
- National Fire Protection Association. (2018a). *NFPA 10 Norma para Extintores Portátiles contra Incendios* (p. 90). www.nfpa.org
- National Fire Protection Association. (2018b). *NFPA 22 Norma para Tanques de Agua para la Protección Contra Incendios Privada* (pp. 1–104). www.nfpa.org
- National Fire Protection Association. (2019). *NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores* (p. 597). www.nfpa.org
- National Fire Protection Association. (2020). *NFPA 25 Norma para la Inspección, Prueba, y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua* (M. Quincy (ed.); p. 218). www.nfpa.org
- Ñingle, J. (2014). *Cálculo , selección e implementación de un sistema contra incendio para un edificio de oficinas del Centro Empresarial Armendáriz* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Palma, S. (2016). *Cálculo del sistema de protección contra incendios por agua para el terminal portuario de Chancay* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/5803>
- Pedroza, G. (2018). *Hidráulica básica, historia conceptos previos y ecuaciones* (primera). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Perez, P. (2016). *Cálculo y selección de un sistema de rociadores contra incendio* [Monografía técnica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]
- Quispe, C. (2019). *Cálculo de un sistema contraincendio para una planta de generación de energía en la industria láctea* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10221>
- Tello Estrada, J. E., & Osorio Ramos, J. J. (2019). *Diseño de un sistema contraincendios para un taller automotriz de vehículos livianos*. Tesis de Titulación, Universidad Tecnológica del Perú.

Anexos

Tabla 9. Longitudes equivalentes de tuberías de acero de cédula 40.

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresadas en pies (metros) equivalentes de tubería														
	½ pulg. (15 mm)	¾ pulg. (20 mm)	1 pulg. (25 mm)	1¼ pulg. (32 mm)	1½ pulg. (40 mm)	2 pulg. (50 mm)	2½ pulg. (65 mm)	3 pulg. (80 mm)	3½ pulg. (90 mm)	4 pulg. (100 mm)	5 pulg. (125 mm)	6 pulg. (150 mm)	8 pulg. (200 mm)	10 pulg. (250 mm)	12 pulg. (300 mm)
Codo 45°	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	13 (4)
Codo estándar 90°	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
Codo de giro largo 90°	0.5 (0.2)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4)	16 (4.9)	18 (5.5)
En T o cruz (flujo con giro 90°)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.1)	35 (10.7)	50 (15.2)	60 (18.3)
Válvula mariposa	—	—	—	—	—	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3)	—	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Válvula de compuerta	—	—	—	—	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Interruptor de flujo de tipo paleta	—	—	6 (1.8)	9 (2.7)	10 (3)	14 (4.3)	17 (5.2)	22 (6.7)	—	30 (9.1)	—	16 (4.9)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11)
Válvula de retención a clapeta*	—	—	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (10)	45 (14)	55 (17)	65 (20)

Note: Se incluye información sobre tuberías de ½ pulg. en esta tabla solamente porque se permiten en las Secciones 29.4 y 29.5.

*Debido a la variación en el diseño de las válvulas de retención a clapeta, los equivalentes de tubería indicados en esta tabla son considerados promedio.

Fuente Norma NPFA 13 Tabla 27.2.3.1.1 Ed. 2019

Tabla 10. Dimensiones de tuberías de acero

Tamaño nominal de tubería	Cédula 5				Cédula 10 ^a				Cédula 30				Cédula 40						
	Diámetro externo		Diámetro interno		Espesor de pared		Diámetro interno		Espesor de pared		Diámetro interno		Espesor de pared		Diámetro interno		Espesor de pared		
pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm	pulg. mm		
½ ^b	15	0.840	21.3	—	—	—	—	0.674	17.1	0.083	2.1	—	—	—	—	0.622	15.8	0.109	2.77
¾ ^b	20	1.050	26.7	—	—	—	—	0.884	22.4	0.083	2.1	—	—	—	—	0.824	21.0	0.113	2.87
1	25	1.315	33.4	1.185	30.1	0.065	1.7	1.097	27.9	0.109	2.8	—	—	—	—	1.049	26.6	0.133	3.37
1¼	32	1.660	42.2	1.530	38.9	0.065	1.7	1.442	36.6	0.109	2.8	—	—	—	—	1.380	35.1	0.140	3.56
1½	40	1.900	48.3	1.770	45.0	0.065	1.7	1.682	42.7	0.109	2.8	—	—	—	—	1.610	40.9	0.145	3.68
2	50	2.375	60.3	2.245	57.0	0.065	1.7	2.157	54.8	0.109	2.8	—	—	—	—	2.067	52.5	0.154	3.91
2½	65	2.875	73.0	2.709	68.8	0.083	2.1	2.635	66.9	0.120	3.0	—	—	—	—	2.469	62.7	0.203	5.16
3	80	3.500	88.9	3.334	84.7	0.083	2.1	3.260	82.8	0.120	3.0	—	—	—	—	3.068	77.9	0.216	5.49
3½	90	4.000	101.6	3.834	97.4	0.083	2.1	3.760	95.5	0.120	3.0	—	—	—	—	3.548	90.1	0.226	5.74
4	100	4.500	114.3	4.334	110.1	0.083	2.1	4.260	108.2	0.120	3.0	—	—	—	—	4.026	102.3	0.237	6.02
5	125	5.563	141.3	—	—	—	—	5.295	134.5	0.134	3.4	—	—	—	—	5.047	128.2	0.258	6.55
6	150	6.625	168.3	6.407	162.7	0.109	2.8	6.357	161.5	0.134 ^c	3.4	—	—	—	—	6.065	154.1	0.280	7.11
8	200	8.625	219.1	—	—	—	—	8.249	209.5	0.188 ^c	4.8	8.071	205.0	0.277 ^d	7.0	7.981	—	0.322	—
10	250	10.750	273.1	—	—	—	—	10.370	263.4	0.188 ^c	4.8	10.140	257.6	0.307 ^d	7.8	10.020	—	0.365	—
12	300	12.750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12.090	—	0.330 ^c	—	11.938	—	0.406	—

^aCédula 10 definida para un tamaño nominal de tubería de 5 pulg. (127 mm) por ASTM A135, *Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Steel Pipe*.

^bEstos valores son aplicables cuando se usan en conjunto con la Sección 29.4 y la Sección 29.5.

^cEspesor de pared especificado en 16.3.2.

^dEspesor de pared especificado en 16.3.3.

Fuente. Norma NPFA 13 Tabla A.16.3.2 Ed. 2019

Tabla 11. Costo estimado de la implementación del diseño de Rociadores

PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN

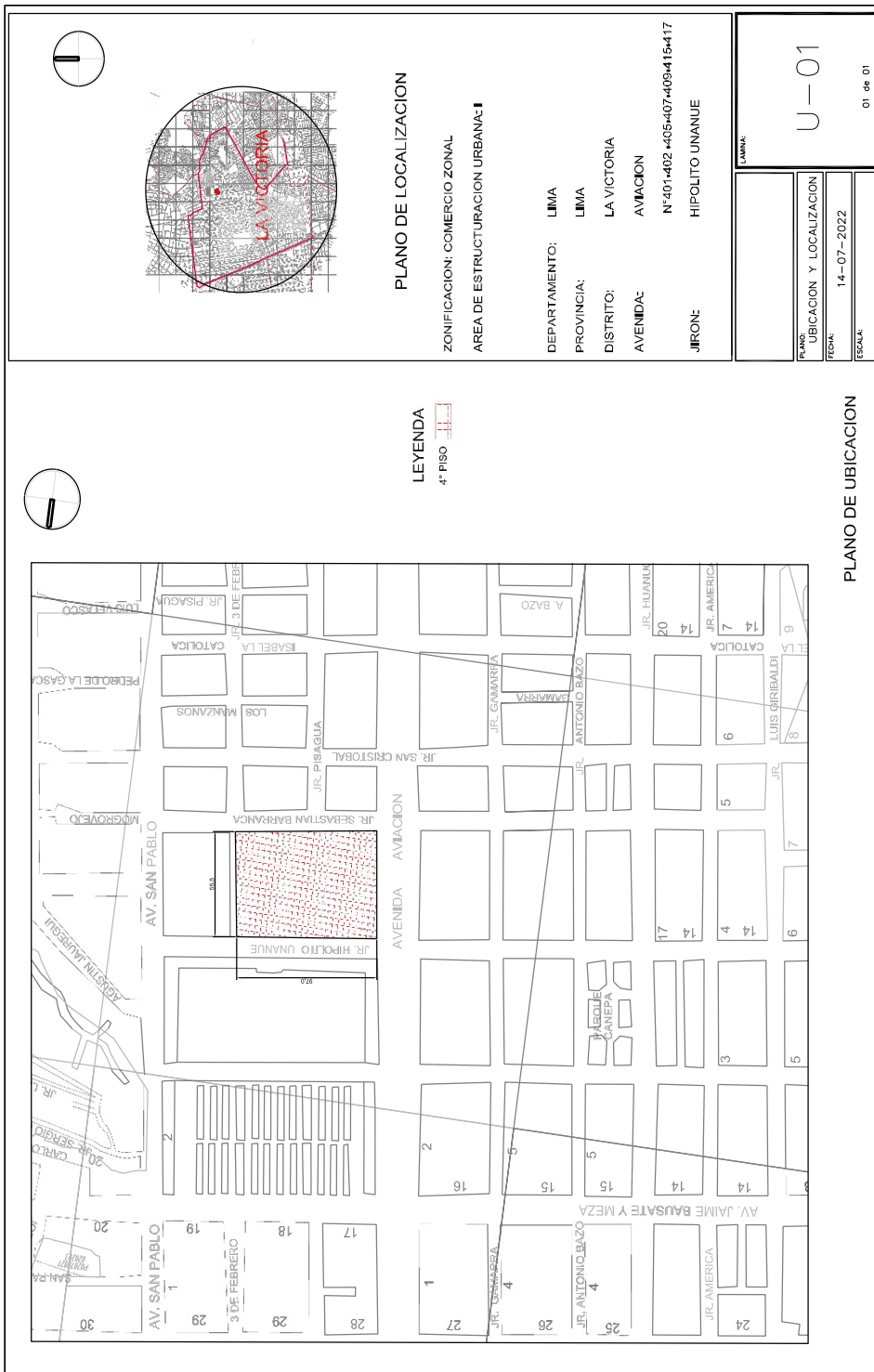
OBRA : SISTEMA DE ROCIADORES MERCADO 03 DE FEBRERO - LA VICTORIA

FECHA: Ago-22

LUGAR: LA VICTORIA - LIMA

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. US\$	Parcial US\$	TOTAL US\$
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES					1,750.00
	TRAZO Y REPLANTEO EN OBRA	GLB	1.00	125.00	125.00	
	INSTALACION DE CASETA EN OBRA	GLB	1.00	125.00	125.00	
	TRANSPORTE DE MATERIALES	GLB	1.00	1,500.00	1,500.00	
2.00	REDES CONTRA INCENDIO					
	TUBERIA DE ACERO CON PROCESO DE ARENADO Y PINTADO					49,896.81
	RED TUBERIA DE ACERO SCH 40 DE 6"	MTS		43.75	-	
	RED TUBERIA DE ACERO SCH 40 DE 4"	MTS	591.00	24.86	14,690.56	
	RED TUBERIA DE ACERO SCH 40 DE 3"	MTS	139.00	21.25	2,953.75	
	RED TUBERIA DE ACERO SCH 40 DE 2.1/2"	MTS	371.00	12.50	4,637.50	
	RED TUBERIA DE ACERO SCH 40 DE 2"	MTS	508.00	8.75	4,445.00	
	RED TUBERIA DE ACERO SCH 40 DE 1.1/2"	MTS	284.00	7.50	2,130.00	
	RED TUBERIA DE ACERO SCH 40 DE 1.1/4"	MTS	40.00	7.50	300.00	
	RED TUBERIA DE ACERO SCH 40 DE 1"	MTS	3,123.00	5.00	15,615.00	
	ACCESORIOS Y CONEXIONES DE SCH40 + VALVULA DE PURGA	GLB	1.00	5,125.00	5,125.00	
	ESTACIONES DE CONTROL					2,331.25
	VALVULA MARIPOSA SUPERVISORA DE 4"	UND	5.00	137.50	687.50	
	DETECTOR DE FLUJO CON SALIDA PARA MONITORES	UND	5.00	143.75	718.75	
	MANOMETRO RANGO (0-300 PSI)	UND	5.00	40.00	200.00	
	válvula de 3 vías Ø 1/4 n. t. p.	UND	5.00	15.00	75.00	
	VALVULA DE PRUEBA Y DRENAJE	UND	5.00	123.75	618.75	
	CONEXIONES Y NIPLERIA DE SCH40 SEGÚN MEDIDAS	UND	5.00	6.25	31.25	
	SOPORTERIA, ELEMENTOS DE SUJECCION DE LA RED					3,725.00
	SOPORTES ANTISIMICO 2 VIAS	UND	74.00	18.75	1,387.50	
	COLGADORES DE ACERO PARA TUBERIAS	UND	360.00	6.25	2,250.00	
	SISTEMA DE CONTROL DE PRESION DE FINAL DE MONTANTE	GLB	1.00	87.50	87.50	
	SISTEMA DE ROCIADORES					35,440.00
	ROCIADOR DE BRONCE DE Ø 1/2 TYCO O SIMILAR UL/FM	UND	1,744.00	11.25	19,620.00	
	RAMAL DE ACI DE SCH40 Ø 1" PARA BAJADA A ROCIADOR	MTS	1,744.00	7.50	13,080.00	
	TRANSICIONES Y ACOPLS REDUCTORES DE ACERO SCH 40 DE 1"	UND	548.00	5.00	2,740.00	
	MANO DE OBRA					23,150.00
	M/O MONTAJE, CONEXIONADO Y PUESTA EN SERVICIO	GLB	1.00	23,150.00	23,150.00	
3.00	EQUIPAMIENTO DEL CUARTO DE BOMBEO ACI					
	SISTEMA DE BOMBEO					8,000.00
	BOMBA ACI HIDROSTAL 65 - 200 /Q=500LPS/ ADT=95mts / 50HP	UND	1.00	8,000.00	8,000.00	
	MANO DE OBRA, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO					3,125.00
	SERVICIO DE MONTAJE CALIFICADO EN CUARTO DE BOMBAS	GBL	1.00	3,125.00	3,125.00	
	SUB TOTAL NETO			US\$		127,418.06
	IGV 18%			US\$		22,935.25
	TOTAL			US\$		150,353.31

Figura 32. Plano de Ubicación

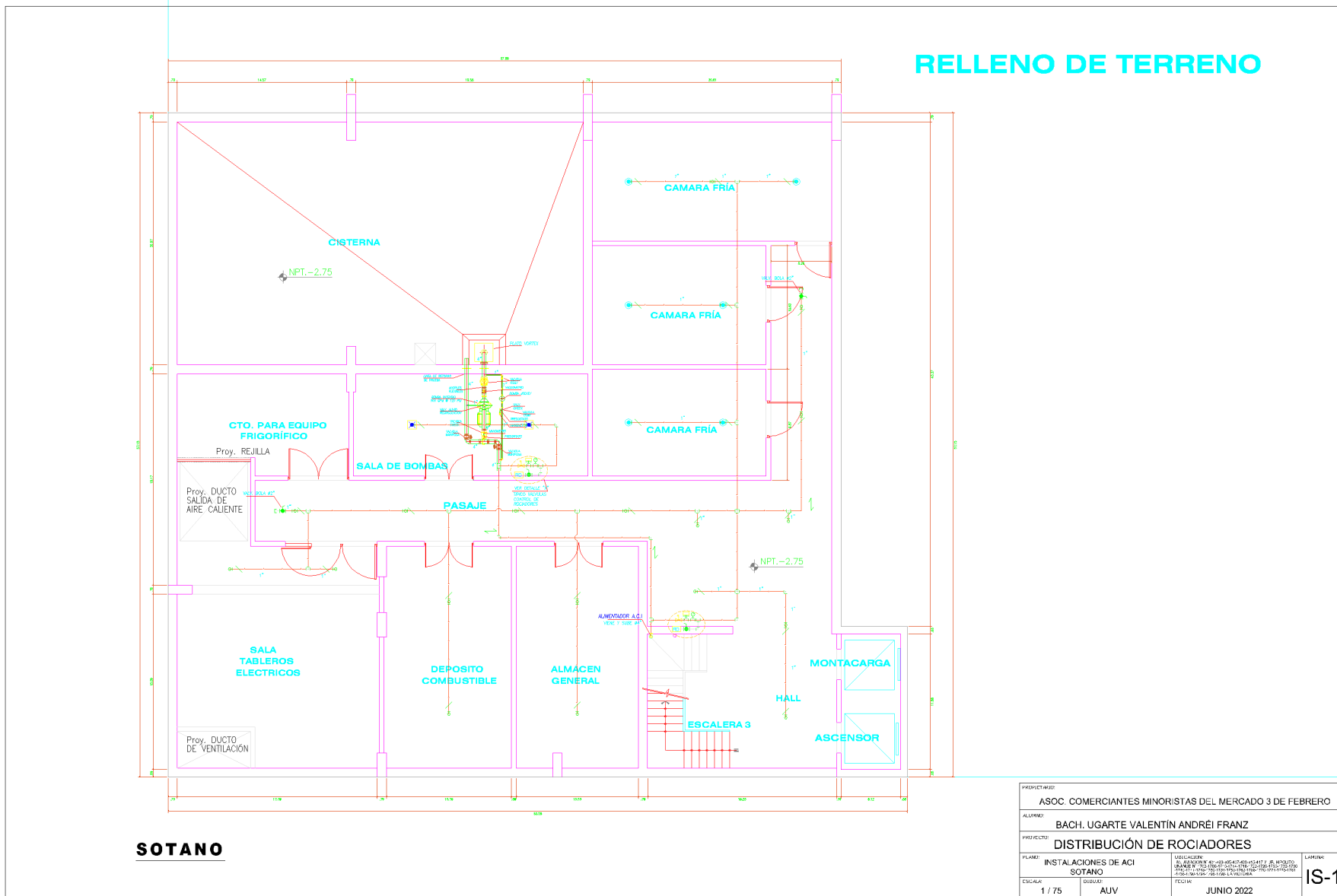


Fuente. Mapa Distrital de La Victoria (2018)

Figura 33. Plano de distribución de Riesgos Sótano 1 – Piso 1



Figura 35. Plano de distribución de Rociadores Sótano



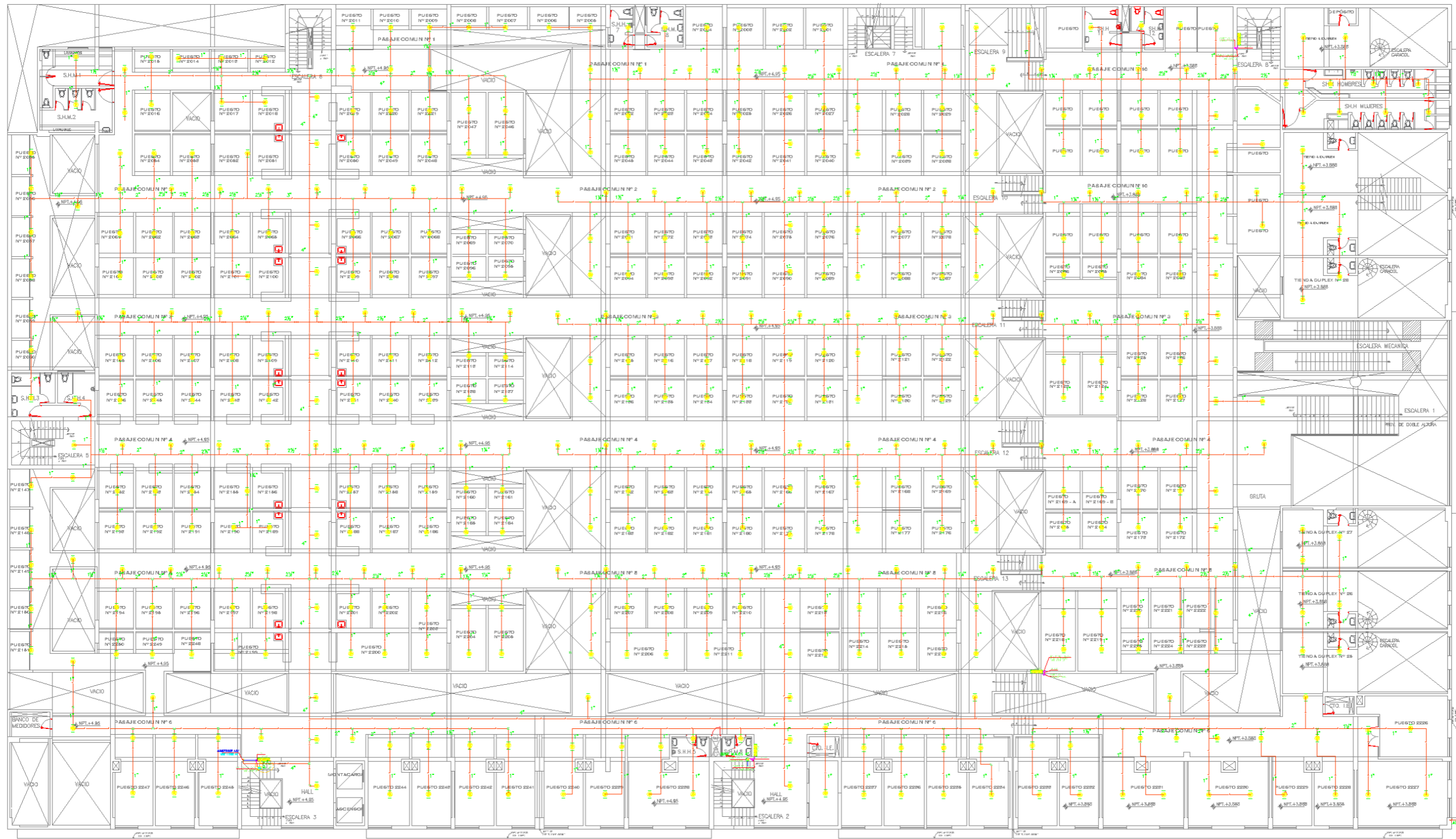
SOTANO

PROYECTANTE: ASOC. COMERCIANTES MINORISTAS DEL MERCADO 3 DE FEBRERO			
ALUMNO: BACH. UGARTE VALENTIN ANDRÉ FRANZ			
PROYECTO: DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES			
PLANO: INSTALACIONES DE ACI SOTANO	UBICACION: CALLE ALBERTO B. DE ALBA, 1417 A. EL BOSQUE, CAROLINA, P.R. 00981-1417	LIMITA: PROYECTO DE INSTALACIONES DE ROCIADORES EN EL SOTANO DEL MERCADO 3 DE FEBRERO	IS-1
ESCALA: 1 / 75	DISEÑO: AUV	FECHA: JUNIO 2022	

Figura 36. Plano de distribución de Rociadores Piso 1



Figura 37. Plano de distribución de Rociadores Piso 2



SEGUNDO PISO

PROYECTANTE:		ASOC. COMERCIANTES MINORISTAS DEL MERCADO 3 DE FEBRERO	
ALUMNO:		BACH. UGARTE VALENTIN ANDRÉ FRANZ	
PROYECTO:		DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES	
PLANO:	INSTALACIONES ACI PISO 2	UBICACIÓN:	AV. AMBROSIO N° 201-33-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100
ESCALA:	1 / 75	DIBUJO:	AUV
		FECHA:	JUNIO 2022
			IS-3

Figura 38. Plano de distribución de Rociadores Piso 3



TERCER PISO

PROYECTISTA:			
ASOC. COMERCIANTES MINORISTAS DEL MERCADO 3 DE FEBRERO			
AUTOR:			
BACH. UGARTE VALENTIN ANDRÉ FRANZ			
PROYECTO:			
DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES			
PLANO:	JERARQUÍA:	LÍNEA:	
INSTALACIONES SANITARIAS	EN: 2017-08-01 09:49:20 AM 4: 2477 24: 1 NO. 2	IS-4	
PISO 3	NO. 2017-08-01 09:49:20 AM 4: 2477 24: 1 NO. 2	IS-4	
ESCALA:	DIB.:	TECN.:	
1 / 75	AUV	JUNIO 2022	

