



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN DE AGUA CONTRA
INCENDIO UTILIZANDO LA NORMA NFPA PARA EL
COMEDOR UNIVERSITARIO EN LA UNA - PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. RONALD CHURATA HUALLPACHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN DE AGUA CONTRA INCENDIO UTILIZANDO LA NORMA NFPA PARA EL COMEDOR

AUTOR

RONALD CHURATA HUALLPACHOQUE

RECuento de palabras

27525 Words

RECuento de caracteres

141059 Characters

RECuento de páginas

149 Pages

Tamaño del archivo

2.9MB

Fecha de entrega

Sep 23, 2024 9:59 PM GMT-5

Fecha del informe

Sep 23, 2024 10:01 PM GMT-5

● 8% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Ing. Silvia Leonor Ingaluque Arapa
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 2170515

VOS: 
24/09/2024

Ing. Jaime Medina Leiva
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 910545
SUBDIRECTOR UNAP-SPIC

Resumen



DEDICATORIA

A mi padre Felipe B. Churata Barreda (†), quien me encamino en la hermosa profesión de la Ingeniería Civil y que siempre inculco en mi la honestidad y la ética laboral.

A mi madre Eliza Lorena Huallpachoque Quispe, quien confió en mí, me apoyo en los momentos más oscuros, quien dio luz a mi vida y me mostro que el esfuerzo es recompensado.

A mi hermano Howard Churata Huallpachoque, mi cuñada Zuely del Pilar Chipana Flores y mis hermosas sobrinas Estefani Mayte e Ivana Daniela, quienes siempre están apoyándome en todo momento.

A mis abuelos Pedro Churata Quispe y Margarita Barreda Quispe (†), quienes formaron parte en mi crecimiento como persona inculcando buenos valores, aquellos los de antaño.

Ronald Churata Huallpachoque



AGRADECIMIENTOS

A mis docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil, los cuales con su vocación de enseñanza compartieron sus conocimientos, la esencia de la carrera, los objetivos y sobre todo el orgullo de estudiar y pertenecer a esta hermosa carrera de Ingeniería Civil.

A la Universidad Nacional del Altiplano, por permitirme como institución poder formarme como profesional para el beneficio propio y de la sociedad.

A mi familia por su apoyo incondicional durante todo el transcurso de mi formación profesional, por su comprensión y orientación.

A mis compañeros “mis amigos”, con su peculiar forma de motivación y apoyo.

Ronald Churata Huallpachoque



ÍNDICE DE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE DE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	19
1.2.1. Pregunta General.....	19
1.2.2. Preguntas Especificas.....	20
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. Hipótesis general.....	20
1.3.2. Hipótesis Especificas.	20
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	20
1.5. OBJETIVOS.....	22
1.5.1. Objetivo General.	22
1.5.2. Objetivos específicos.	22

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA



2.1. MARCO TEÓRICO	23
2.1.1. Antecedentes	23
2.2. MARCO CONCEPTUAL	26
2.2.1. Conceptos Básicos	26
2.2.1.1. Caudal:	26
2.2.1.2. Presión.....	26
2.2.1.3. Teorema de Bernoulli y ecuación de la energía	26
2.2.1.4. Fricción en las tuberías:	29
2.2.1.5. Ecuación de Hazen Williams	31
2.2.1.6. Golpe de Ariete	31
2.2.1.7. Cavitación	32
2.2.1.8. NPSH.....	33
2.2.1.9. Cálculo de la NPSHA.....	33
2.2.2. Fundamentos Teóricos para un sistema contra incendio	34
2.2.2.1. Química básica del fuego	34
2.2.2.2. Triangulo del fuego.....	35
2.2.2.3. Clasificación del fuego.....	35
2.2.3. Métodos y equipos de supresión utilizados en la protección contra incendio.	37
2.2.3.1. Métodos de extinción.	37
2.2.3.2. Eliminación o disolución del combustible.	37
2.2.3.3. Eliminación o disolución del comburente. Sofocación.....	38
2.2.3.4. Eliminación del calor, de la energía de activación, enfriamiento.	38
2.2.3.5. Eliminación de reacciones intermedias en cadena.	38



2.2.4. Sistema de protección a base de agua,	40
2.2.4.1. Sistema de rociadores automáticos	40
2.2.4.2. Sistema de rociadores de tubería mojada o húmeda.	41
2.2.4.3. sistema de rociadores de tubería seca.....	42
2.2.4.4. Sistemas de rociadores de acción previa	44
2.2.4.5. Sistemas de rociadores de inundación total o de diluvio	46
2.2.5. Elementos de un sistema contra incendio	48
2.2.5.1. Fuente de Abastecimiento de Agua.....	49
2.2.5.2. Bombas Contra Incendio.....	50
2.2.5.3. Tipos de bombas contra incendio.....	51
2.2.5.4. Accionamiento de bombas contra incendio	55
2.2.5.5. Curva característica de bombas contra incendios	56
2.2.5.6. Caudales nominales de bombas contra incendio.....	57
2.2.5.7. Rango de presión de bombas contra incendios	58
2.2.5.8. Condiciones de instalación de bombas contra incendios.	58
2.2.5.9. Tuberías o red de distribución.....	59
2.2.5.10. Rociadores automáticos.	60
2.2.5.11. Clasificación de rociadores	61
2.2.6. Otros componentes del sistema.....	64
2.2.6.1. Sistema de gabinetes contra incendio.	64
2.2.7. Metodología de diseño de agua contra incendio.....	65
2.2.7.1. Enfoques de diseño	65
2.2.7.2. Requerimientos Generales para Almacenamiento.	72
2.2.7.3. Clasificación de mercancías.....	73
2.2.7.4. Clasificación de mercancías plásticas.....	77



2.2.7.5. Otras clasificaciones de mercancías.....	80
2.2.7.6. Tipos de almacenamiento.....	80
2.2.7.7. Altura del almacenamiento y de las construcciones.....	81
2.2.8. Normas e instituciones encargadas de la supervisión de sistemas contra incendio.....	81
2.2.8.1. Instituciones	81
2.2.8.2. Normas	83

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	84
3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	85
3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO.....	86
3.4. POBLACION Y MUESTRA DEL ESTUDIO	86
3.4.1. Población.....	86
3.4.2. Muestra.....	86
3.5. PROCEDIMIENTO.....	87
3.5.1. Determinar la clasificación de ocupación de los ambientes	87
3.5.2. Seleccionar el tamaño del área de operación de rociadores (Área de diseño).	87
3.5.3. Determinar la densidad de diseño requerida.	87
3.5.4. Determinar el área de cobertura de los rociadores.....	87
3.5.5. Determinar el número de rociadores contenidos en el área de diseño.	88
3.5.6. Establecer el perfil del área de diseño.....	88
3.5.7. Establecer el método de diseño hidráulico que se planteara para la red de distribución.....	89



3.5.8. Marcar los puntos de referencia.	89
3.5.9. Calcular el caudal mínimo requerido en el primer rociador.	89
3.5.10. Calcular la presión mínima requerida en el primer rociador.	90
3.5.11. Calcular la pérdida de presión entre el primer y segundo rociador.	90
3.5.12. Obtener la presión en el segundo rociador.....	90
3.5.13. Repetir los dos pasos anteriores para los rociadores sucesivos.	91
3.5.14. Calcular la pérdida de presión entre el ultimo rociador del ramal y tubo alimentador.....	91
3.5.15. Balance de presiones por ramales opuestos.	91
3.5.16. Repetir pasos cálculos anteriores	93
3.5.17. Computar las pérdidas de fricción hasta el punto de suministro.....	93
3.5.18. Determinar el tipo de configuración que tendrá el cuarto de bombas. ...	94
3.5.18.1. Seleccionar la bomba principal para el sistema.	94
3.5.18.2. Bomba jockey.....	95
3.6. VARIABLES	96
3.6.1. Variable independiente.	96
3.6.2. Variable dependiente.....	96
3.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	97
3.7.1. Diseño del sistema de agua contra incendio.	97
3.7.1.1. Descripción general del proyecto.....	97
3.7.1.2. Presentación de ambientes	97
3.7.1.3. Criterios a tomar en cuenta.	100
3.7.1.4. Clasificación del riesgo de ocupación.....	101
3.7.1.5. Procedimiento para el diseño hidráulico	104
3.7.1.6. Cálculo de la zona hidráulica más demandante – primer nivel	105



3.7.1.7. Cálculo de la zona hidráulica más demandante – segundo nivel	113
3.7.1.8. Cálculo de la zona hidráulica más demandante – Tercer nivel	121
3.7.1.9. Elección de la bomba contra incendio.....	126
3.7.1.10. Reserva de agua contra incendio.....	129

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.....	130
4.1.1. Determinación del riesgo de ocupación	130
4.1.2. Establecer el método de diseño y cálculos hidráulicos para el comedor universitario.....	131
4.1.2.1. Cálculos Hidráulicos del sistema de rociadores.....	131
4.1.3. Configuración del cuarto de bombas	136
4.2. DISCUSIÓN	138
4.2.1. Riesgo de ocupación	138
4.2.2. Método de diseño y cálculos hidráulicos para el comedor universitario.....	139
4.2.3. Configuración del cuarto de bombas	141
V CONCLUSIONES	142
VI RECOMENDACIONES.....	144
VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145
ANEXOS.....	147

Tema: Flujo de Fluidos en medios porosos

Área: Hidráulica

Línea de investigación: Hidráulica y medio ambiente

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 04 de octubre de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Caudales nominales de bombas contra incendio	57
Tabla 2 Rango de temperatura para rociadores automáticos	62
Tabla 3 Selección de riesgo leve	67
Tabla 4 Requisitos de suministro de agua.....	68
Tabla 5 Clasificación de riesgo de ocupación por ambiente del primer nivel	102
Tabla 6 Clasificación de riesgo de ocupación por ambiente del segundo nivel	102
Tabla 7 Clasificación de riesgo de ocupación por ambiente del tercer nivel.....	103
Tabla 8 Criterios de descarga para el almacenamiento misceláneo	106
Tabla 9 Condiciones de operación de la bomba	128
Tabla 10 Materiales de fabricación de la bomba	128
Tabla 11 Datos de la bomba principal	128
Tabla 12 Datos del motor eléctrico de la bomba	129
Tabla 13 Clasificación del riesgo de ocupación.....	130
Tabla 14 Datos del sistema contra incendio.....	131
Tabla 15 Datos iniciales de cálculo.....	132
Tabla 16 Resultados finales de los cálculos hidráulicos por nivel.....	136
Tabla 17 Componentes y accesorios del cuarto de bombas.....	136
Tabla 18 Comparación de resultados en la utilización de diferente tipo de tuberías.....	140



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Teorema de Bernoulli	27
Figura 2 Diagrama de Moody	30
Figura 3 Sistema Húmedo de rociadores	42
Figura 4 Sistema seco de rociadores	44
Figura 5 Sistema de pre acción de rociadores.....	46
Figura 6 Sistema de diluvio de rociadores automáticos.....	48
Figura 7 Bomba de carcasa partida horizontal.....	52
Figura 8 Bomba de succión axial.....	53
Figura 9 Bomba en línea	54
Figura 10 Bomba vertical.....	55
Figura 11 Bombas con motor Eléctrico y Diesel	55
Figura 12 Curva Característica de bomba contra incendio	56
Figura 13 Red de distribución de sistema de rociadores.....	59
Figura 14 Partes de un rociador	61
Figura 15 Color de rociadores según su temperatura.....	62
Figura 16 Curvas de densidad/área	70
Figura 17 Mercancías en cajas de cartón o dentro de un contenedor de madera que contienen una mezcla de plásticos del Grupo A expandidos y no expandidos.	75
Figura 18 Mercancías expuestas que contienen una mezcla de plásticos del Grupo A expandidos y no expandidos.....	75
Figura 19 Árbol de decisiones en la protección de mercancías plásticas	80
Figura 20 Ubicación del comedor universitario.....	85



Figura 21	Curva característica de la bomba según NFPA	95
Figura 22	Distribución en planta del comedor universitario	97
Figura 23	Determinación de la densidad de caudal del área de diseño.....	107
Figura 24	Determinación de la densidad de caudal del área de diseño - segundo nivel	114
Figura 25	Determinación de la densidad de caudal del área de diseño - tercer nivel	121
Figura 26	Curva de la selección de bomba contra incendio	127
Figura 27	Resultados del cálculo hidráulico del primer nivel – Almacén II	133
Figura 28	Resultados del cálculo hidráulico del segundo nivel – Sala de comensales I	134
Figura 29	Resultados del cálculo hidráulico del tercer nivel – Unidad de servicio social	135
Figura 30	Configuración del cuarto de bombas	137



ACRÓNIMOS

NFPA:	National fire protection Association (Asociación Nacional de Protección contra el fuego).
ITSE:	Inspección Técnica de Seguridad en Edificaciones
ECSE:	Evaluación de las Condiciones de Seguridad en los Espectáculos Públicos Deportivos y No Deportivos
WISE:	Visita de Inspección de Seguridad en Edificaciones
INDECI:	Instituto Nacional de Defensa Civil
OSINERMINING:	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
ILFIS:	Instituto Latinoamericano de formación de incendios y seguridad
P:	Presión
Q:	Caudal
GPM:	Galones por minuto
f :	Factor de fricción
H_A :	Carga total de la bomba
H_f :	Pérdida de carga en la tubería de succión, debido a la fricción y pérdidas menores
K:	Coefficiente de descarga del rociador
Le:	Longitud Equivalente



RESUMEN

El objetivo de la siguiente tesis es proponer un sistema de agua contra incendio en base a las normas de la NFPA “National Fire Protection Association” en español “Asociación Nacional de Protección contra el fuego” para el comedor universitario de la universidad nacional del altiplano. Al respecto, se realizó la recopilación y revisión de información requerida para el diseño, posterior a ello, se empezó con el diseño, realizando un análisis en base a los ambientes del comedor para poder determinar el riesgo de ocupación según las normas NFPA, lo cual dio como resultado tres tipos de Riesgo: Riesgo leve o ligero, Riesgo Ordinario Grupo I y Riesgo Ordinario Grupo II. Se escogió las zonas hidráulicamente críticas: Almacén II (Primer nivel), Sala de comensales I (Segundo nivel) y Unidad de servicio social (Tercer nivel). Para el sistema contra incendio se optó que sea de tipo húmedo (saturado de agua), se utilizó como tubería acero negro al carbono sin costura cedula 40, en una configuración de tipo árbol. Se realizó el cálculo hidráulico de cada zona crítica, teniendo como resultado la mayor presión de 159.82 psi en el segundo nivel y como mayor caudal 253.34 gpm en el primer nivel. Se seleccionó la bomba principal contra incendio en base los requerimientos de caudal y presión máxima ya calculados, por lo que se determinó una bomba principal de succión axial con motor eléctrico de 80 hp acompañada de una bomba Jockey de 1 hp para mantener la presión estática en el sistema. La capacidad del tanque cisterna de almacenamiento de agua contra incendio es de 60 m³, para un funcionamiento de 60 min. Finalmente, se realizaron los planos de distribución de la red y sus isométricos de cálculo, así como, la configuración del cuarto de bombas.

Palabras clave: Calculo hidráulico, Caudal, Clasificación de riesgo, Fuego, Presión, Rociadores, Sistema contra incendio.



ABSTRACT

The objective of the following thesis is to propose a firefighting water system based on the standards of the NFPA "National Fire Protection Association" in Spanish "National Association of Fire Protection" for the university cafeteria of the National University of the Altiplano. In this regard, the collection and review of information required for the design was carried out, after that, the design began, performing an analysis based on the dining room environments in order to determine the risk of occupancy according to NFPA standards, which resulted in three types of Risk: Light or slight risk, Ordinary Risk Group I and Ordinary Risk Group II. The hydraulically critical areas were chosen: Warehouse II (First level), Dining Room I (Second level) and Social Service Unit (Third level). For the firefighting system, it was chosen to be of the wet type (saturated with water), seamless black carbon steel schedule 40 was used, in a tree-type configuration. The hydraulic calculation of each critical zone was performed, resulting in the highest pressure of 159.82 psi on the second level and the highest flow rate of 253.34 gpm on the first level. The main fire pump was selected based on the flow rate and maximum pressure requirements already calculated, so an axial suction main pump with an 80 hp electric motor was determined, accompanied by a 1 hp Jockey pump to maintain static pressure in the system. The capacity of the fire water storage tank is 60 m³, for a 60-min operation. Finally, the network distribution plans and its calculation isometrics were made, as well as the configuration of the pump room.

Keywords: Hydraulic calculation, Flow, Risk classification, Fire, Pressure, Sprinklers, Firefighting system.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El riesgo se encuentra asociado a las pérdidas y daños relacionados con las distintas actividades humanas. El riesgo es una condición latente que, al no ser modificada o mitigada a través de la intervención humana o por medio de un cambio en las condiciones del entorno físico-ambiental, anuncia un determinado nivel de impacto social y económico hacia el futuro (Hernandez, Toro y Monsalve, 2017).

Al tener identificado el riesgo peligroso, en este caso el incendio, lo mas sensato como seres humanos es mitigarlo con acciones pertinentes que permitan bajar la probabilidad de que ocurra este suceso catastrofico, si bien es cierto que la incertidumbre de que suceda el siniestro puede disminuirse manejando las variables involucradas, esto no elimina el riesgo, es por ello que tambien se debe realizar acciones en caso de que suceda el siniestro, en nuestro caso a estas acciones las llamamos sistemas contra incendio, su objetivo es disminuir el impacto que puede ocasionar un incendio.

Nuestro pais Peru esta en crecimiento y con esto se generan nuevas necesidades en cuanto a infraestructura se refiere, sin embargo, ante este escenario tenemos que ser responsables, y los nuevos proyectos deben realizarse con criterios estrictos de normatividad e ingenieria. Es por ello que los temas de seguridad no se deben tomar a la ligera. En cuanto a posibles incendios, es necesario contar con un adecuado sistema de proteccion.

Entonces, Un sistema de protección contra incendio incluye equipos bombeo, tablero para el control de las bombas, red de tuberias y rociadores, entre otros, los cuales actuan para poder combatir a un incendio. El objetivo principal del sistema es brintar



protección a la vida y a la propiedad. Un objetivo secundario es minimizar las interrupciones de servicio debido al fuego. (Martínez y Barreto, 2009)

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente a nivel mundial, en los países desarrollados tiene gran importancia la protección en edificaciones por diferentes eventualidades que ponen en riesgo la vida, la salud y el patrimonio de sus ocupantes, una de estas eventualidades es el incendio, los cuales son generados por diferentes variables y en los momentos menos pensados. La historia nos da claros ejemplos de lo catastróficos que puede ser un incendio, teniendo como consecuencia pérdidas humanas, patrimoniales y en este Siglo XXI la pérdida de información.

En respuesta a este gran problema de incendios el ser humano empieza a implementar métodos para evitar este tipo de siniestro y si acaso sucediera métodos de extinción los cuales evitarían en su mayoría las pérdidas mencionadas en el párrafo anterior, hasta el día de hoy los métodos empleados son llamados sistemas contra incendio.

Los sistemas contra incendio son una serie de medidas que se realizan con el fin de proteger edificaciones y otras construcciones en caso sucediera un incendio, estas medidas evitan la propagación del fuego, salvaguardan vidas, el fácil acceso del cuerpo de bomberos y la protección de la edificación para la reanudación lo más antes posible de las actividades.

La aplicación de los sistemas contra incendio han ido tomando importancia recientemente en el país, es así que varias empresas especializadas se encargan del análisis, la proyección y la ejecución de sistemas contra incendio para determinadas edificaciones; sin embargo, esto solo se refleja en pocas ciudades, las cuales tienen una



cultura de lo que es la aplicación y la importancia de estos sistemas contra incendio, pero en la gran mayoría no hay profesionales, ni se le da la importancia que debería tener, tomando como referente a la región Puno, la gran mayoría de proyectos de edificación no cuenta con un sistema contra incendio, y si en caso lo tuviera, este no fue realizado adecuadamente.

En Perú tenemos el reglamento nacional de edificaciones R.N.E., las cuales abarcan el tema de la seguridad ante un incendio, en la norma A.130 (Requisitos de Seguridad), esta norma peruana no da una luz apropiada para el buen diseño de los sistemas contra incendio, por otro lado, la norma si nombra y da referencia a la norma norteamericana NFPA (National Fire Protection Association), la cual es una norma muy desarrollada y que tiene gran confiabilidad a nivel mundial.

En la Universidad Nacional del Altiplano se vienen realizando diversos proyectos de infraestructura, dentro de los cuales tenemos pabellones de facultad, laboratorios, entre otros. Los nuevos proyectos tienen planificado estos sistemas contra incendio, al contrario de proyectos anteriores, sin embargo, los nuevos proyectos no cuentan con un adecuado diseño del sistema contra incendio, uno de los factores es que no se encuentra un personal calificado para dicha función, y la segunda es que este tema de seguridad pasa a segundo plano, por ende la parte del presupuesto destinado a la seguridad contra incendio es muy baja para lograr a cabalidad los objetivos de protección.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta General.

- ¿Cómo es el diseño de un sistema de agua contra incendio utilizando la norma NFPA para el comedor universitario de la UNA-PUNO?



1.2.2. Preguntas Específicas.

- ¿Cuál es la clasificación de ocupación de los ambientes del comedor universitario?
- ¿Qué método de diseño hidráulico se planteará para la red de distribución?
- ¿Qué tipo configuración tendrá el cuarto de bombas?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general.

- El diseño propuesto de un sistema de agua contra incendio para el comedor universitario de la UNA-PUNO es acorde a lo establecido en la norma NFPA.

1.3.2. Hipótesis Específicas.

- La clasificación de ocupación de los ambientes del comedor universitario es acorde a lo establecido por la norma NFPA.
- El método de diseño hidráulico planteado para la red de distribución es el correcto según la norma NFPA.
- La configuración del cuarto de bombas está de acuerdo a lo especificado en la norma NFPA.

1.4. JUSTIFICACIÓN.

La tesis a continuación busca aplicar la norma NFPA a la edificación del comedor universitario con el propósito de mostrar a la comunidad puneña la importancia de estos sistemas contra incendio y su adecuada aplicación a edificaciones mediante la norma NFPA la cual tiene alcance internacional.



El comedor universitario es el servicio que se brinda a los estudiantes universitarios, los cuales ingresan a la edificación en tres horarios para ingerir alimentos, esto representa una gran cantidad de personas. El sistema contra incendio busca proteger a los comensales de una eventualidad desastrosa como es el caso de un incendio mediante un sistema el cual proteja la integridad de los comensales y de las personas que prestan el servicio, además de proteger la vida humana que es su objetivo principal, también tiene como finalidad proteger el patrimonio y la operatividad del servicio. Un incendio puede causar todo tipo de pérdidas, las más lamentables, la pérdida de vidas humanas y si no es el caso, graves consecuencias a la integridad física, sin embargo también hay pérdidas económicas cuando se incineran productos, mobiliario, decoraciones, pérdidas de información, etcétera, en muchas ocasiones dependiendo de la edificación, el incendio deja inhabilitada e inhabitable dicha edificación, la suma de todas estas pérdidas es cuantiosa, sumándole a todo esto, a que tomar en cuenta que en empresas, no solo se pierde cosas materiales si también tiempo y esto se traduce en pérdida de horas en mano de obra lo cual también genera pérdidas.

La presente tesis busca dar a conocer la metodología de diseño de un sistema de agua contra incendio tomando como referencia la norma NFPA aplicada en nuestro caso al comedor universitario de la UNA PUNO, sin embargo, la norma esta avocada a diversos tipos de situaciones, la cual la hace amplia y más compleja que las normas peruanas actuales, es por ello que la tesis desarrollara esquemas y gráficos que permitan una mejor comprensión del lector de la norma en cuestión.

Recientemente se ejecutó la remodelación y ampliación de la edificación del comedor universitario el cual tiene dentro de su expediente técnico partidas para un sistema contra incendio, sin embargo, el proyecto tiene varias deficiencias. En la presente tesis se desarrollará el análisis y el desarrollo del proyecto de un sistema contra incendio



en base a la norma NFPA, eso nos permitirá tener un proyecto que brinde seguridad a la población estudiantil y a los trabajadores del comedor universitario.

1.5. OBJETIVOS.

1.5.1. Objetivo General.

- Proponer el diseño de un sistema de agua contra incendio utilizando la norma NFPA para el comedor universitario de la UNA-PUNO.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Determinar la clasificación de ocupación de los ambientes del comedor universitario.
- Establecer el método de diseño hidráulico que se planteara para la red de distribución.
- Determinar el tipo de configuración que tendrá el cuarto de bombas.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Antecedentes

(Céspedes, 2019) en su tesis de maestría “Problemática en la investigación de incendios en lima metropolitana”, concluye que se ha establecido que los incendios ocasionados por causas antrópicas (acción humana), devastan principalmente las zonas industriales o de almacenamiento, así como barrios tugurizados, cuyos efectos posteriores son de alta contaminación siendo afectados las poblaciones aledañas o zonas acorde con el direccionamiento del viento, así como, daños al patrimonio del Estado y empresas privadas, configurándose como un problema público.

(Franciosi Willis y Vidarte Llaja, 2021). En su artículo “Estudio cuantitativo de riesgo de incendio para instalaciones industriales”, concluye que la importancia de clasificar el nivel de riesgo de incendio de una instalación industrial radica en poder luego determinar el tipo de sistemas contra incendio a equipar en la instalación o edificio, ya sean sistemas pasivos como alarmas y detectores de calor y humo, o sistemas activos como mangueras para agua y rociadores automáticos, lo cual justifica el desarrollo de esta investigación.

(Quispe Hurtado y Alvarez Pianto). En su tesis “Diseño de un sistema contra incendio para el laboratorio de prueba de motores de la UTP” Resumen: El objetivo de esta investigación es ofrecer un grado de protección a estudiantes, docentes y colaboradores, así como garantizar la integridad de la propiedad y los bienes de la institución. El estudio es no experimental, de enfoque cuantitativo,



utilizando instrumentos para medir la relación entre las variables mediante técnicas estadísticas, y es de tipo descriptivo y correlacional, ya que examina las variables tal como se presentan en la realidad y se basa en la recopilación de estudios previos. La investigación se estructura en varios capítulos: en el capítulo 1, se resume e interpreta la información que respalda la necesidad de implementar un sistema contra incendios en el diseño de un laboratorio de ensayo de motores. En el capítulo 2, se abordan los conceptos teóricos relacionados con el diseño de un sistema contra incendios basado en CO₂. En el capítulo 3, se realizan los cálculos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos, que incluyen: determinar el nivel de riesgo utilizando el método de Meseri, obteniendo un riesgo leve; calcular la cantidad y número de botellas de CO₂ necesarias para asegurar la inundación total del recinto; determinar el diámetro de la tubería de distribución y el número de boquillas; y, finalmente, desarrollar un esquema de distribución de tuberías, así como la ubicación de los difusores y botellas de CO₂ en el laboratorio. En el capítulo 4, se realizó el análisis de los resultados obtenidos y en base a estos se dieron las conclusiones y la recomendación.

(Calderón et al, 2019). En su tesis de maestría “Plan de negocios para la implementación de una empresa de sistemas de seguridad contra incendios”. La posibilidad de ingresar al sector de seguridad contra incendios permite aprovechar varios factores importantes del mercado, como el crecimiento de la infraestructura para todo tipo de negocios (centros comerciales, empresas, oficinas, hoteles, industria, entre otros). Además, existe una normativa legal que exige la instalación de redes de agua contra incendios y extintores portátiles, así como sistemas de detección y alarma en áreas comunes, tal como establece el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.



Los siniestros por incendios en el ámbito comercial e industrial, a diferencia de los residenciales, conllevan pérdidas en vidas humanas y en infraestructura que resultan desproporcionadamente costosas. Es así que, el objetivo general de nuestra tesis fue determinar la viabilidad técnico-económica para la implementación de una empresa prestadora del servicio de instalación de sistemas de protección contra incendios para empresas integradoras de seguridad electrónica, bajo de esquema de subcontratación.

(Francois Willis y Vidarte Llaja, 2020) en su artículo: “Propuesta de guía para la elaboración de una memoria de cálculo de sistemas de agua contra incendio” Resumen: Actualmente, para que las organizaciones puedan competir en un mundo globalizado, necesariamente deben cumplir con los parámetros de sostenibilidad: ambiental, económico y social. Desde una perspectiva económica y social, la prevención de pérdidas por accidentes laborales, incluidos los incendios, es fundamental, ya que estos generan daños en la infraestructura y en la vida humana. Por ello, es crucial que las organizaciones implementen sistemas de protección contra incendios efectivos, como los que utilizan agua para controlar el fuego. El objetivo de esta investigación fue proponer una guía para elaborar la memoria de cálculo de sistemas de agua contra incendios, basándose en la normativa nacional e internacional pertinente. La población estudiada abarca la literatura relacionada con sistemas contra incendios, incluyendo artículos científicos, normativas y trabajos de investigación. Esta investigación es de tipo aplicada, con un nivel descriptivo y un método sintético. La técnica de recolección de datos utilizada fue el análisis documental de fuentes primarias, además de realizar comparaciones con investigaciones similares. Este estudio es aplicable a diferentes riesgos en diversas instalaciones y ofrece un procedimiento de cálculo



genérico, ordenado y fácil de entender para el lector. Para realizar los cálculos de diseño, fue fundamental definir el nivel de riesgo de incendio de la instalación, y para dimensionar adecuadamente el equipo de bombeo, fue necesario establecer la zona de riesgo.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Conceptos Básicos

2.2.1.1. Caudal:

El Caudal en términos dimensionales se expresa de la siguiente manera L^3T^{-1} , sin embargo, en cuestión de cálculo por unidad de ancho se representa por L^2T^{-1} . Teniendo lo anterior en cuenta y en términos literarios tendríamos que el caudal es el volumen que fluye por unidad de tiempo en un área determinada. (Rocha, 2007)

2.2.1.2. Presión

Según (Martin, 2011), “La presión en un punto se define como el valor absoluto de la fuerza por unidad de superficie a través de una pequeña superficie que pasa por ese punto y en el sistema internacional su unidad es el Pascal (1 Pa=1 N/m²)” (p. 08).

2.2.1.3. Teorema de Bernoulli y ecuación de la energía

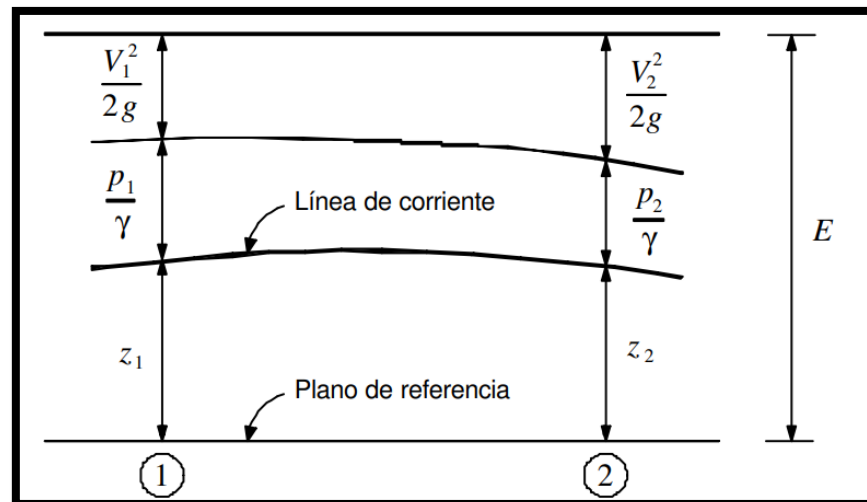
(Rocha, 2007) La forma más representativa del teorema de Bernoulli es:

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

Sumando los términos de la anterior ecuación nos da como resultado una constante durante una línea de corriente con movimiento permanente además de irrotacional (para un fluido ideal).

Figura 1

Teorema de Bernoulli



Nota: Adoptada del libro Hidráulica de tuberías y canales de (Rocha, 2017, pág. 8)

Al término primero $\frac{V^2}{2g}$, comúnmente se le da el nombre de energía de velocidad o cinética y refiere a la altura de donde debe descender libremente un cuerpo, que inicia en el reposo, para llegar a la velocidad V .

En cambio, los otros términos representan la elevación y la altura de presión. La suma de estas dos da como resultado la energía potencial y establecen la cota piezométrica.

En términos sencillos el significado que da el teorema de Bernoulli para un fluido es que la suma de la energía potencial y la energía cinética es constante.

El fluido ya sea dentro de una tubería o fluyendo por un canal, las líneas de corriente cada una tiene un valor propio cuando se realiza la suma de Bernoulli. En la Figura 1 se representa la línea de corriente en un fluido ideal (sin viscosidad), este nos indica que la energía E es igual en el punto 1 y en el punto 2.

En una situación real en el fluido se registraría pérdidas debido a pérdidas de energía entre 1 y 2, sin embargo, en realidad sería una transformación de energía en calor debido a la fricción.

La ecuación de la energía para un fluido real es entonces:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_{f_{1-2}}$$

V es la velocidad de la corriente, p la presión, z la elevación con respecto a un plano horizontal de referencia (los subíndices 1 y 2 corresponden a cada una de las dos secciones consideradas), γ es el peso específico del fluido, g la aceleración de la gravedad. E es la energía total, $h_{f_{1-2}}$ es la disipación (pérdida) de energía entre las secciones 1 y 2.

Según (Çengel y Cimbala, 2016) tenemos los conceptos:

$\frac{p}{\gamma}$: es la carga de presión: representa la altura de una columna de fluido que produce la presión estática P .

$\frac{V^2}{2g}$: es la carga de velocidad: representa la elevación necesaria para que un fluido alcance la velocidad V durante una caída libre sin fricción.



z : es la carga de elevación: representa la energía potencial del fluido.

2.2.1.4. Fricción en las tuberías:

Para la determinación del cálculo de pérdidas por fricción existen varios métodos los más conocidos son el método de Darcy- Weisbach, Hazen – Williams, Colebrook y Manning, a continuación, se desarrollará cada uno de estos métodos, sin embargo, es bueno aclarar que para fines de cálculo de tuberías en rociadores y/o sistemas de manguera la norma NFPA te indica que se utilice específicamente el método de Hazem - Williams

“La ecuación de Darcy – Weisbach es la ecuación de resistencia fluida más general para el caso de tuberías circulares fluyendo a presión, la cual es el resultado de las leyes físicas del movimiento de Newton” (Saldarriaga, 2007)

La ecuación de Darcy-Weisbach es muy útil para comprender los parámetros que intervienen en las pérdidas por fricción en las tuberías:

$$\Delta H_f = f * \frac{L}{d} * \frac{V^2}{2g}$$

ΔH_f : Caída de presión por fricción (pies o metros)

f : Factor de fricción de Darcy

L : Longitud de la tubería (pies o metros)

D : Diámetro de la tubería (pies o metros)

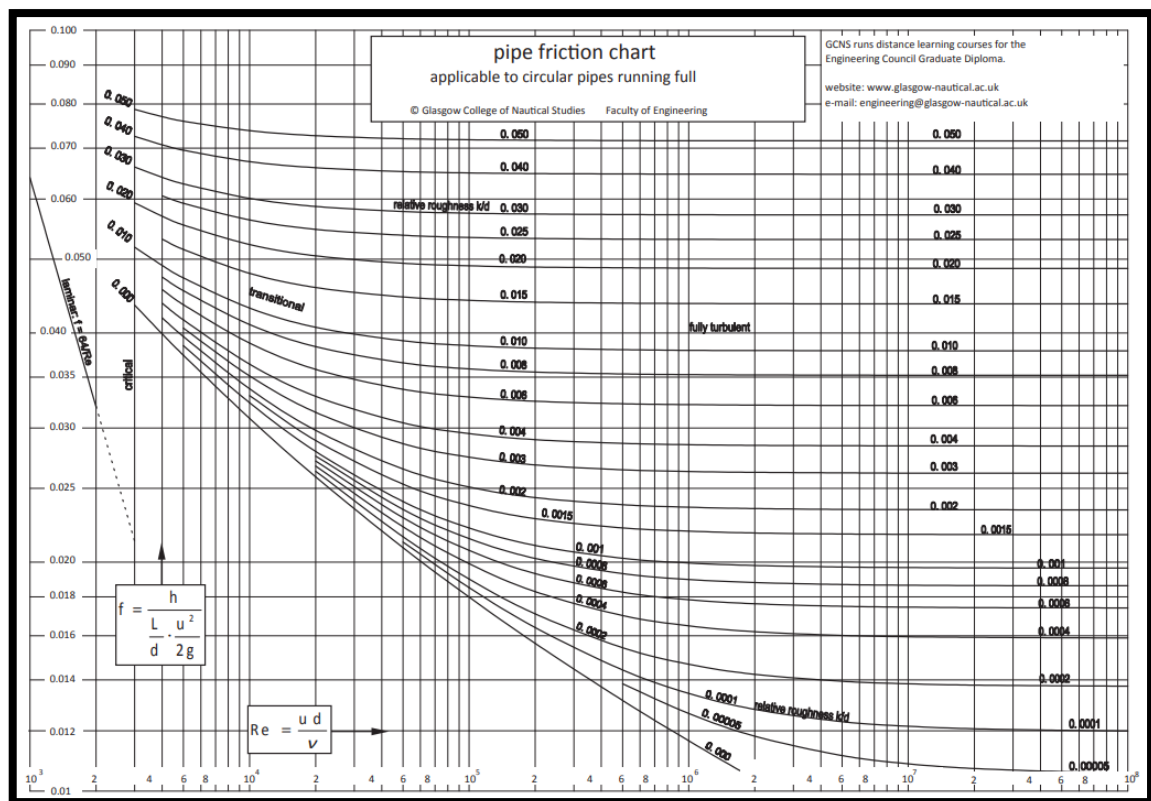
$\frac{v^2}{2g}$: Cabeza de velocidad (pies o metros)

El factor de fricción f depende de la rugosidad de la tubería, la viscosidad del fluido que se bombea, el tamaño de la tubería y la velocidad del fluido.

El diagrama de Moody sirve para estimar gráficamente el factor de fricción.

Figura 2

Diagrama de Moody



Nota: Adoptado del Manual de optimización de sistemas de bombeo (EEI, 2018)

El procedimiento que utiliza Hazen – Williams es utilizado para realizar cálculos para las pérdidas por fricción, sin embargo, este sirve cuando el agua tiene un flujo turbulento. El coeficiente C utilizado por



Hazen - Williams toma en cuenta dentro de sus parámetros la rugosidad de la tubería. (Organización de Naciones Unidas Para el Desarrollo, 2018)

2.2.1.5. Ecuación de Hazen Williams

Unidades métricas

$$\Delta h_f = \left[\frac{10.7 L Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.87}} \right]$$

Δh_f = pérdida de cabeza en metros

L = longitud(m)

Q = caudal (m^3/s)

D = diámetro de la tubería (m)

C = coeficiente de Hazen Williams (rango entre 60 y 160)

2.2.1.6. Golpe de Ariete

El golpe de ariete es un cambio repentino en la velocidad del agua que fluye dentro de la tubería, desarrollándose un cambio de presión como una onda de choque. En la disminución de la velocidad del agua, sea esta repentina o detenida completamente, la energía de este suceso es absorbida inicialmente por la deformación elástica de la tubería y en caso del agua por la compresibilidad de este. Es así como se genera una onda de presión reflejada de vuelta y hacia adelante en el interior de la tubería. (National Fire Protection Association, 2009)

Al cerrar una válvula, esta acción puede ocasionar las ondas de presión, así como el detenimiento de una bomba o por el incremento súbito



de la demanda de agua por la fuga que puede ocasionar una tubería dañada. En ocasiones el manejo de las válvulas que tienen control automático en sistemas contra incendio que utilizan rociadores puede generar que el flujo cambie de dirección y resulte en la formación de una alta presión en el sistema de rociadores.

2.2.1.7. Cavitación

(Mott, 2006) Indica que: Cuando en la succión de la bomba, la presión es mínima, esto genera que en el fluido se produzcan burbujas, como si este estuviera hirviendo.

Al generarse burbujas de vapor en la succión generada por la baja presión excedida, estas burbujas colapsarían al alcanzar zonas de presión más altas. Por las burbujas colapsadas se libera energía en grandes cantidades, lo que dañaría las aspas de la bomba y resultaría en la erosión acelerada de su superficie.

Al existir cavitación, la bomba degrada su rendimiento en corto tiempo y por ende el caudal descende. Se generan ruidos en la bomba, fuerte y en intervalos, como si el fluido tendría elementos sólidos en su interior. Si decidimos no hacer nada la bomba llegaría al punto de fallar y quedaría obsoleta en poco tiempo. En tal ocurrencia es mejor detener la maquina y analizar y corregir las causas de cavitación antes de reincorporarla.

2.2.1.8. NPSH

(Mott, 2006) señala que: En la fabricación de bombas se prueba todos los diseños para descubrir la presión de succión requerida, con el objetivo de prevenir la cavitación, con los resultados obtenidos se da a conocer la carga de succión positiva neta requerida NPSHR, durante toda la curva de operación de la bomba, además de la carga total. Es por lo que, al momento de diseñar la capacidad de la bomba se tome en cuenta que la succión neta positiva disponible, NPSHA, supere en gran medida a NPSHR.

2.2.1.9. Cálculo de la NPSHA

(Mott, 2006) señala que: La presión del vapor dentro del fluido que se bombea incide directamente en el cálculo de la $NPSH_A$, y de igual manera la ubicación donde se almacena el fluido además de la presión aplicada a este.

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - J_{lf} - h_{vp}$$

P_{sv} = Presión estática (absoluta) sobre el fluido en el depósito

h_{sp} = Carga de presión estática (absoluta) sobre el fluido en el almacenamiento, se expresa en metros o en pies de líquido; $h_{sp} = \frac{P_{sp}}{\gamma}$

h_s = Diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito a la línea central de la entrada de succión de la bomba; se expresa en metros o en pies.



2.2.2. Fundamentos Teóricos para un sistema contra incendio

2.2.2.1. Química básica del fuego

(Alcazar, 2020) afirma que: Algo muy importante para la vida es el fuego, considerada como una fuerza útil al emitir energía calorífica como lumínica, sin embargo, si no es controlada puede ser perjudicial de manera destructiva, debido a que puede convertir todo a cenizas. El ser humano al ver la posibilidad que podría utilizar fenómenos químicos en su beneficio, inicio al momento del descubrimiento del fuego, siempre y cuando pueda producirlo o mantenerlo.

Fuego: Es cuando un comburente reacciona con un combustible generando energía en forma de calor y luz.

Incendio: Fuego descontrolado.

Combustión: Se considera una reacción química de oxidación (perdida de electrones) por lo que emite calor y luz. Es un proceso que desprende energía por lo que se le considera exotérmico. Una reacción química que presenta un comburente y un combustible en presencia de una fuente de ignición.

Humo: Partículas suspendidas en el aire carbonosas, resultado de la combustión poco completa de combustibles.

Combustible: Material sólido, líquido o gaseoso que es propenso de arder.



Comburente: Elemento que hace arder un combustible, sin embargo, como tal el no arde, sostiene la combustión, con y sin llama. El más conocido es el oxígeno del aire.

El punto de inflamación: Es la temperatura que es necesaria para que un líquido inflamable produzca vapores suficientes para que se pueda encender en contacto con el aire.

La NFPA define el Punto de ignición como: "La mínima temperatura a requerir para iniciar o provocar una combustión sustentable independientemente del elemento calentador".

2.2.2.2. Triangulo del fuego.

(National Fire Protection Association, 2009) define que para la realización de la combustión y la ignición de manera adecuada es necesario tres elementos (calor, oxígeno y combustible). En caso se omitiera alguno de estos tres elementos o el equilibrio entre estos no hay manera de que ocurra la combustión o la ignición. Las diferentes combinaciones del oxígeno, el calor y el combustible, determinan la magnitud del incendio, si un fuego arderá de manera calmada lentamente o, efusivamente de manera rápida y fuerte.

2.2.2.3. Clasificación del fuego

(Alcazar, 2020) La clasificación de incendios se basa de acuerdo al combustible que se consume. Son cinco la clasificación de incendios en general. Cada uno es de acuerdo a los tipos de combustibles y los productos



utilizados en la extinción. Las cinco clases de fuego se describen a continuación.

Clase A: Por lo general este tipo de incendios, son cuando se consumen los materiales como papel, tela, caucho, madera y algunos plásticos. Para extinguir esta clase de incendio lo más común es hacerlo con agua, puesto que este enfría el combustible, actuando así el agua es considerado como el mejor agente extintor para esta clase de incendio. También son efectivos los agentes químicos secos, los cuales impiden que se generen las reacciones químicas en cadena,

Clase B: Dentro de esta clase comprenden combustibles, líquidos y gases inflamables, teniendo como ejemplo los alcoholes, gasolina y gas propano. Los métodos de extinción para este tipo de combustibles son generalmente reduciendo la concentración de oxígeno consumida por la combustión. Normalmente se utiliza dióxido de carbono, espuma, entre otros productos químicos secos, como agentes extintores.

Clase C: En esta clase de incendio se ven involucrados artefactos eléctricos con energía. Para extinguir esta clase de incendio se deberá considerar agentes químicos que no sean conductores. Los más efectivos son los llamados gases inertes y productos químicos secos. Para hacerlo de manera segura se recomienda que el personal intente aislar el artefacto eléctrico antes de tomar acción en la extinción del incendio, si es propósito de aislar el artefacto es cumplida, este incendio se convertirá en uno de clase A.



Clase D: Esta clase de incendio comprende como combustibles, elementos metálicos como: titanio, aluminio en polvo, sodio, magnesio, circonio y potasio. El manejo para la extinción para esta clase de incendio será de manera específica, dependiendo de que metal está en combustión.

Clase K: Por lo general son los que tienen como protagonista, medios de cocción, esto comprende las sustancias como son aceites y grasas. Por lo general el incendio se suscita en lugares comerciales que utilizan las sustancias mencionadas para cocción. Se utilizan los extintores tipo K para ayudar a sofocar el fuego, complementando así el sistema de supresión.

2.2.3. Métodos y equipos de supresión utilizados en la protección contra incendio.

2.2.3.1. Métodos de extinción.

(Bomberos de Navarra, 2001) describen, que las acciones durante el desarrollo de un incendio tienen como fin controlarlo o extinguirlo.

En caso el objetivo sea apagarlo las acciones a tomar será utilizar los métodos de extinción sobre alguno de los factores que intervienen en la combustión, a continuación, se mencionan los siguientes métodos de extinción.

2.2.3.2. Eliminación o disolución del combustible.

Un método poco usual, generalmente utilizado para evitar el reencendido del fuego, además el método es reducido solo a algunos tipos de incendio, muchas veces utilizado como precaución.



Este método es por el que se inclinan mayormente en los incendios donde intervienen fluidos, siempre y cuando se logre cortar el derrame del fluido en cuestión.

Este método muchas veces está abocado a controlar el incendio, por ello a veces no es necesario suprimir el combustible en su totalidad. Como ejemplo para el incendio de alcoholes, será necesario solo diluirlo a un estado que no resulte combustible.

2.2.3.3. Eliminación o disolución del comburente. Sofocación.

Se puede utilizar en la totalidad de las clases de fuego. Este método consiste en eliminar completamente o a un grado mínimo el comburente, puesto que solo es necesario diluirlo a cantidades donde sea lo suficientemente insuficiente para continuar el incendio.

2.2.3.4. Eliminación del calor, de la energía de activación, enfriamiento.

Es el más empleado en la extinción de incendios, el fuego necesita calor para mantenerse, si eliminamos este factor o lo reducimos al punto que sea insuficiente para el desarrollo del fuego, este se extinguirá.

2.2.3.5. Eliminación de reacciones intermedias en cadena.

Durante el incendio se producen reacciones intermedias de oxidación, para evitar que esto ocurra se las puede interrumpir utilizando productos químicos catalizadores negativos que evitan que se generen estas reacciones. El método suele ser bien eficaz, sin embargo, no es



recomendable en fuegos de alta incandescencia, ni donde no hay llamas, pero si fuerte brasas. Este método utiliza los llamados “Agentes extintores”

Lo ideal en un incendio es extinguirlo en su etapa inicial aplicando el agente extintor adecuado para tal fin, a continuación de menciona los principales agentes extintores utilizados en la extinción de incendios.

Agua. - Apaga por enfriamiento y en general es el más barato (fuegos clase A).

Espumas. - Es una mezcla de agua y una sustancia llamada espumógeno, su modo de supresión es por sofocación (fuegos clase B y A)

Polvos químicos BC y ABC. – Existen en dos formas fundamentales BC (normal) y ABC (polivalente). Las letras nos indican para qué clase de fuego se pueden utilizar.

El polvo BC, la gran parte esta compuesta por bicarbonato sódico (95-98%) y para evitar que se apelmace se compone por otros aditivos. Extingue inhibición de la reacción y sofocación. Extinción FUEGOS CLASE B.

El polvo ABC (polivalente o anti brasas) tiene sustancias principalmente como bisulfato amónico o fosfato amónico, entre otros aditivos mencionados anteriormente que previenen el apelmazamiento. Sofoca la reacción y la inhibide. Protegiendo el combustible, además de evitar la reactivación de las brasas. Sin embargo, en todo caso siempre será imprescindible enfriar el combustible con agua. El polvo ABC es usado en la extinción de fuegos clase A y B.



Anhidrido carbónico. – Es un gas que pesa mas que el aire. Mayormente es utilizado a una presión de 62 kg/cm² como gas licuado, que al emerger del extintor tiene la capacidad de absorber el calor, disminuyendo así la temperatura. Tiene muy baja conducción de la electricidad. Ventaja: Sofoca el fuego extinguiéndolo, en este proceso no ensucia las instalaciones, además tiene la capacidad de penetrar huecos y rendijas.

Derivados alógenos. – Son productos de síntesis. Se utilizan en la protección de equipos eléctricos, su forma de extinción es mediante la inhibición de la reacción, estos compuestos son tóxicos y generan daño a la capa de ozono, por tal motivo su utilización viene siendo disminuida. Extingue fuegos clase “B”

2.2.4. Sistema de protección a base de agua,

2.2.4.1. Sistema de rociadores automáticos

Son los más utilizados y fiables en el combate de incendios, puesto que son automáticos y su protección son las 24 horas del día. (Botta, 2011) señala que “el porcentaje de eficacia de rociadores ha sido excelente durante más de los 100 años que llevan utilizándose”. Los sistemas de rociadores tienen diversas formas de presentación, cada uno se va utilizando de acuerdo a las características del lugar a proteger, dentro de estas formas tenemos.



2.2.4.2. Sistema de rociadores de tubería mojada o húmeda.

Este sistema de rociadores tiene particularidad que siempre se encuentra en estado saturado, esto quiere decir que la red de tuberías de rociadores se encuentra llena de agua en todo momento, el sistema se pone en funcionamiento al momento de que uno de los rociadores por efecto del calor se activa, la activación se realiza zonificada, al momento que se activa el sistema, se pondrá en funcionamiento una alarma mecánica, que dará aviso que el sistema está en funcionamiento. El diseño de este sistema va acorde de las normas nacionales e internacionales.

- Aplicaciones.

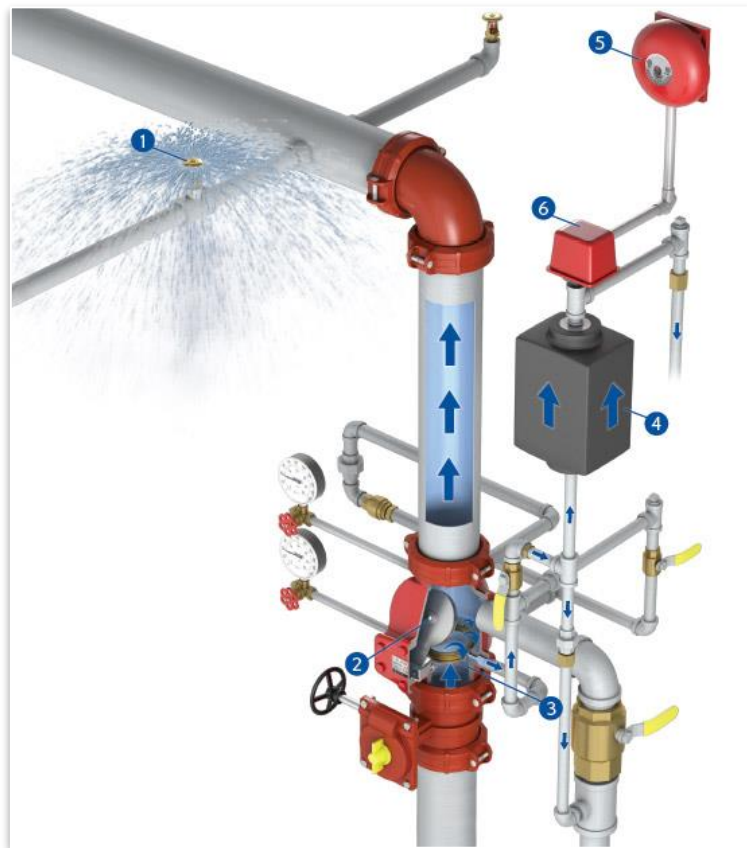
Este sistema es aplicable en casi la mayoría de situaciones, sin embargo, tiene algunas restricciones, este tipo de sistemas de rociadores de tubería húmeda no son recomendables en exteriores, menos en lugares donde las temperaturas disminuyen por debajo 4°C, también no es recomendable utilizarlo en lugares que por efectos del agua se puedan dañar equipos eléctricos o electrónicos de alto valor, es por ello que cuando nos topemos con ese tipo de casos, evaluemos el diseño a emplear.

- Funcionamiento

El sistema de rociadores con tubería húmeda siempre se encuentra llena de agua a presión, el sistema se inicia cuando un rociador se activa por efectos del calor, este desencadena que baje la presión estrepitosamente, siendo este detectada por los presostatos del sistema, mandando una señal interpretada por el tablero de operación de la bomba, encendiendo la bomba contra incendios principal.

Figura 3

Sistema Húmedo de rociadores



Nota: La imagen muestra un esquema de un sistema húmedo de rociadores

2.2.4.3. sistema de rociadores de tubería seca

El sistema se caracteriza por que la red de distribución a los rociadores se encuentra libre de agua, el sistema también funciona a presión, sin embargo, a diferencia de la tubería húmeda, este se activa por el descenso de la presión del gas en su interior, generalmente en este sistema la tubería seca contiene oxígeno o nitrógeno en la red.

Por el hecho que la tubería es seca, al activarse un rociador y poner en funcionamiento el sistema, esta demora cierto tiempo para que el agua llegue al rociador activado, la razón es que primero se tiene que saturar el sistema y de ahí el rociador funcionara normalmente, por tal circunstancia,



esta demora ocasiona que se activen mas rociadores en la zona, para solucionar este problema, por lo general se colocan instrumentos u equipos que ayudan a la saturación más rápida del sistema.

- Aplicaciones

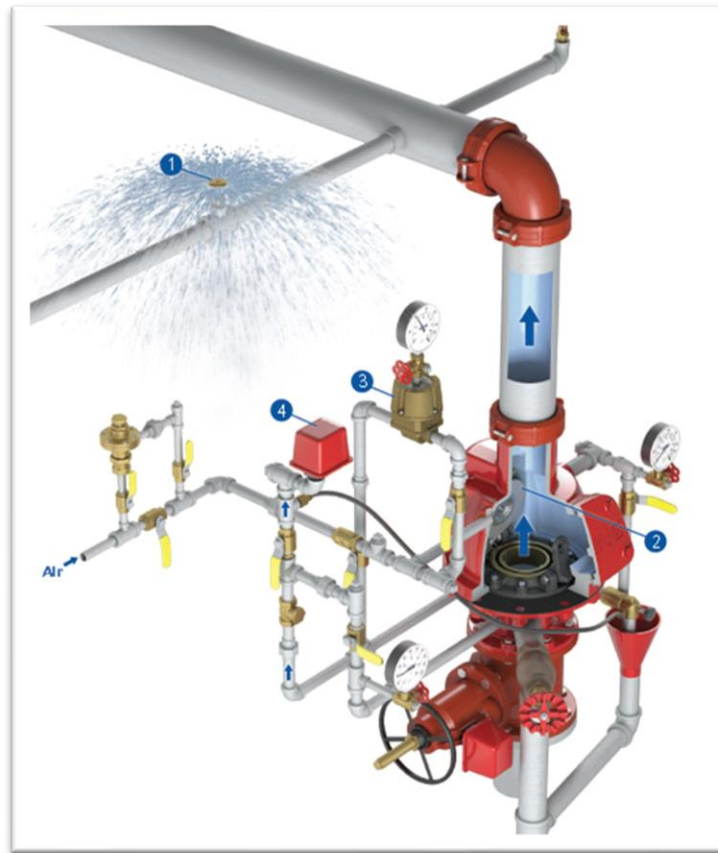
El sistema de tubería seca es comúnmente utilizado en lugares abiertos, donde las temperaturas sean bajas, que este por debajo del grado de congelación del agua, también es utilizado en lugares donde la calidad del agua no es adecuada y no se tiene alguna otra alternativa, puesto que es probable que esta agua de mala calidad dañe las tuberías. Al momento de la activación del sistema, este se saturará de agua, es por ello que se deberá tener en mente este criterio al aplicarlo en la estructura de sujeción de las tuberías de distribución.

- Funcionamiento

Al producirse el incendio, este emitirá calor, llegada a cierta temperatura, el rociador se activará y la presión en el sistema bajara de tal manera, que en la válvula de retención se abrirá la clapeta, esto permitirá el paso del agua y pondrá en marcha el sistema de bombeo y también la alarma mecánica que dará la alerta del incendio y que el sistema está en funcionamiento, para detener el sistema se cerrara la válvula y se purgara todo el agua del sistema, para luego presurizarlo nuevamente con oxígeno o nitrógeno.

Figura 4

Sistema seco de rociadores



Nota: La imagen muestra una representación de un sistema seco de rociadores

2.2.4.4. Sistemas de rociadores de acción previa

También llamados sistemas de pre acción, este sistema de rociadores se caracteriza por tener mínimo dos condiciones para que el sistema se active, principalmente para accionar este sistema, se tiene que activar en un inicio la detección de un sistema de detectores eléctricos, estos son controlados por un tablero eléctrico el cual recibirá la señal de la activación, el cual mandará la señal de apertura de una válvula solenoide, los detectores eléctricos tienen que ser calibrados por debajo de la temperatura de activación de los rociadores automáticos, y en segunda instancia que uno de los rociadores se abra, solo con esas dos condiciones



y en ese orden, abrirá la válvula de pre acción, dando pase al agua y así extinguir el incendio. El proceso considera este tipo de activación, por protección, para evitar pérdidas por una activación errónea del sistema de rociadores.

- Aplicaciones

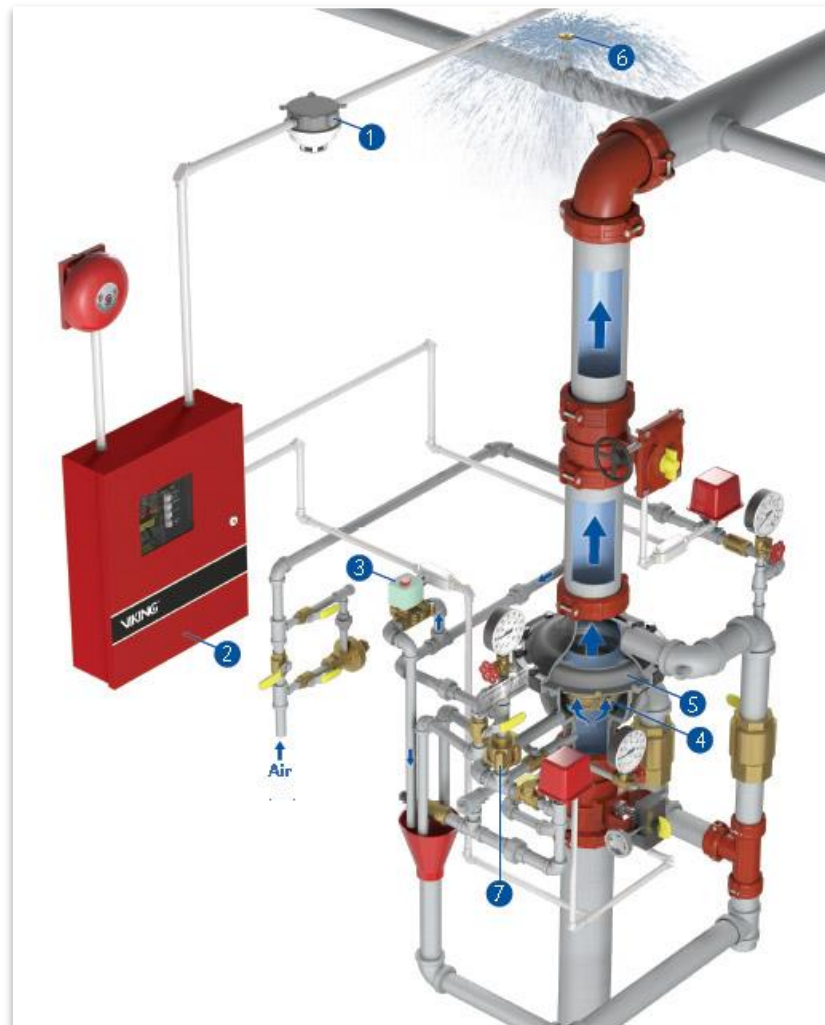
Las aplicaciones de estos sistemas son los mismos que un sistema de rociadores seco, puesto que en este también la tubería de la red de distribución se encuentra libre de agua, sin embargo, también tiene aplicaciones en lugares problemáticos, donde crece la probabilidad de que la tubería se dañe, las conexiones tengan algún detalle o de alguna manera se active un rociador sin que haya fuego de por medio. El fin es evitar que una mala activación del sistema dañe equipos u otros elementos sensibles al agua por error.

- Funcionamiento

El sistema de rociadores de pre acción, funcionan de manera que evita que situaciones fortuitas que, no tienen que ver con un incendio activen el sistema. Al iniciarse el fuego lo primero en activarse serán los detectores eléctricos, los cuales reaccionarán antes que cualquier rociador, disparando una señal al tablero de control, que posteriormente mandará la apertura de la válvula solenoide, que dará paso a la activación de la alarma, esto también dará paso a que la clapeta de la válvula de retención se abra y de paso al fluido del agua, ahora solo bastará que uno de los rociadores se active y empiece a extinguir el fuego.

Figura 5

Sistema de pre acción de rociadores



Nota: La imagen muestra una representación de un sistema de pre acción de rociadores

2.2.4.5. Sistemas de rociadores de inundación total o de diluvio

Los sistemas de diluvio, son aquellos en donde los rociadores se encuentran abiertos, es decir que, al momento de accionarse el sistema, todos los rociadores entran en funcionamiento, la activación se logra de tres maneras, mecánica, hidráulica y eléctrica. El sistema cuenta con una válvula de diluvio, que en un principio restringe el paso de agua hasta que el sistema de detección envíe una señal para que esta válvula habilite el paso del agua.



- Aplicaciones

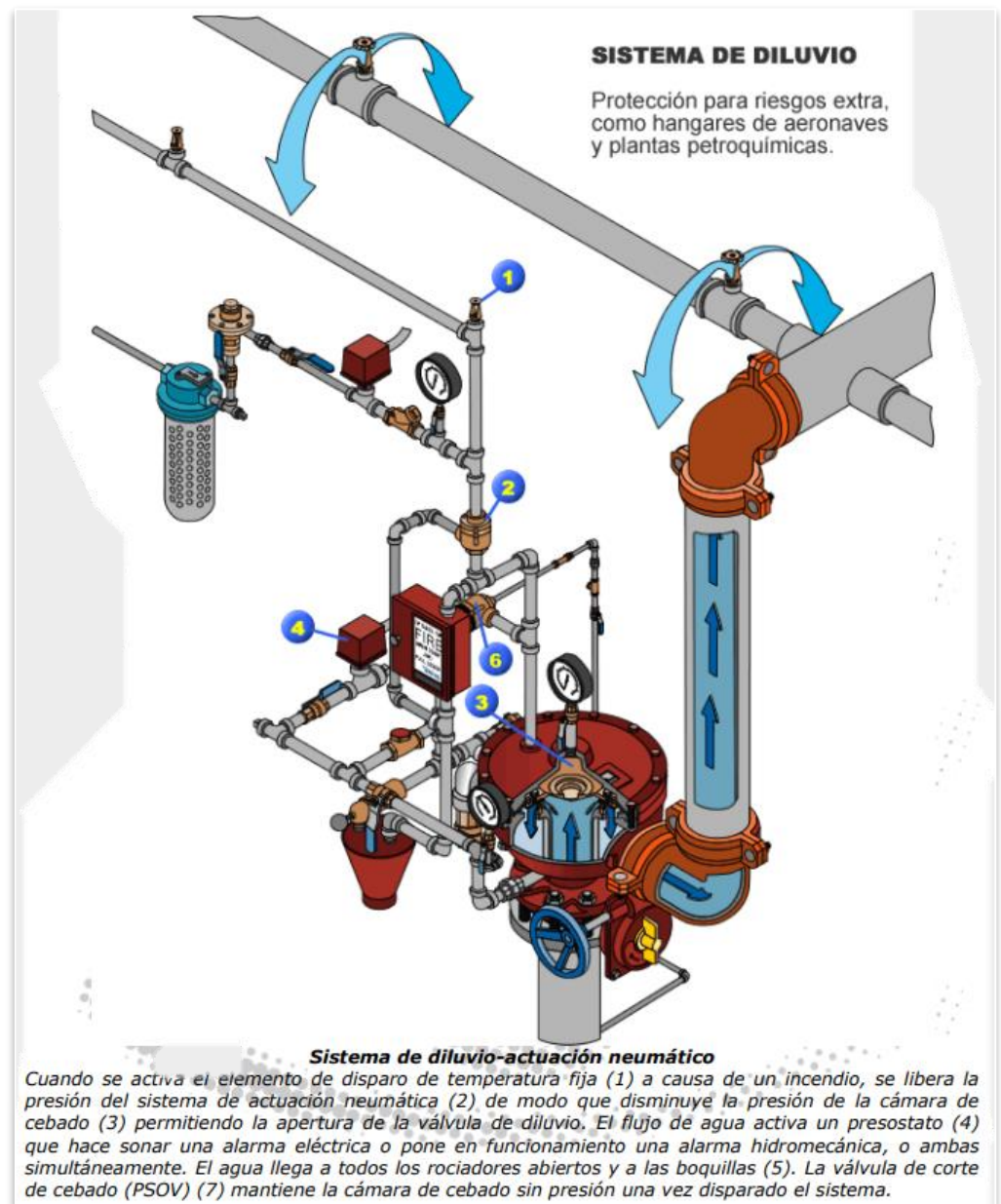
La aplicación de estos sistemas de diluvio está abocado a la protección de zonas de alto riesgo de propagación o explosión, por dar algunos ejemplos podríamos mencionar almacenes donde se guarde combustible de muy alto riesgo, también líquidos químicos que por su composición podrían ser muy perjudiciales al consumirse y emitir gases tóxicos, son también lugares de aplicación aquellos donde hay peligro de explosión, ya que el sistema debido a que libera un gran caudal de agua, esto genera el enfriamiento del objeto o maquinaria peligrosa susceptible a explosión y evita este suceso.

- Funcionamiento

Como se mencionó antes, el funcionamiento del sistema es accionado de tres formas, hidráulica, mecánica y eléctrica, estos tres tipos de accionamiento lo que hacen es liberar el paso del agua restringido por la válvula de diluvio, al liberarse el agua el sistema se inunda y los rociadores empiezan a funcionar todos a la vez, cabe indicar que para este objetivo, será necesario que el sistema cumpla con los caudales y presiones que requiere el sistema, que serán altos para este sistema de rociadores de diluvio.

Figura 6

Sistema de diluvio de rociadores automáticos



Nota: La imagen muestra una representación de un sistema de diluvio de rociadores

2.2.5. Elementos de un sistema contra incendio

La finalidad de este proyecto es proponer un sistema contra incendio en base a rociadores automáticos, que extinguirá el fuego utilizando como elemento el agua, los componentes de este sistema son los siguientes:

Fuente de abastecimiento de agua.



Tuberías o red de distribución.

Rociadores automáticos.

Otros componentes.

2.2.5.1. Fuente de Abastecimiento de Agua.

(NFPA 13, 2019) Las fuentes de abastecimiento de agua para el sistema de agua contra incendio, debe tener la capacidad de alimentar con el caudal requerido como mantener la presión, para que los rociadores funcionen de manera normal y cumpliendo con el cálculo echo para e objetivo de extinción o control del incendio.

Conforme a (NFPA 13, 2019), establece que “Los suministros de agua para sistemas de rociadores debe ser una de las siguientes o cualquier combinación de estas:

Una conexión a un sistema público o privado de obra hidráulicas aprobado [...].

Una conexión que tenga una bomba contra incendios [...].

Una conexión a un tanque de cisterna de agua a nivel del terreno o por debajo de este, instalado de acuerdo con la NFPA 22 y abastecido desde una fuente aprobada.

Una Conexión a un tanque de presión [...] abastecido desde una fuente aprobada.

Una conexión a un tanque por gravedad [...] abastecido desde una fuente aprobada



Una tubería forzada, canal, río, lago, estanque o reservorio [...]

Una fuente de agua recuperada o reciclada, donde se analizó la fuente de agua o el tratamiento de esta, si lo hubiere, antes de que sea utilizado en el sistema de rociadores y que se haya determinado que el agua no perjudique los componentes del sistema de cuando se este en contacto con el agua utilizada.

La norma habla que el agua que se suministra debe ser de una fuente aprobada, esto es debido a que muchas veces el agua contiene bacterias o elementos corrosivos que, en contacto con las tuberías tanto de impulsión como de distribución del sistema, perjudicarían afectando la tubería con corrosión o crecimiento bacteriológico y de algas, que también son contra productores para la red de tubería contra incendio. Sin embargo, la norma indica que no necesariamente debe de hacerse pruebas de laboratorio para examinar el agua.

La norma (NFPA 13, 2019), indica que, “A.5.1.5. El análisis del abastecimiento de agua y de las condiciones ambientales no necesariamente requiere el procesamiento de las muestras de agua se lleve en un laboratorio. En su lugar, la experiencia general de la condición a de sistemas de rociadores con materiales de tuberías similares a largo plazo en condiciones similares del mismo abastecimiento de agua puede ser una evaluación suficiente.”

2.2.5.2. Bombas Contra Incendio.

(Ybirma, 2017) Son muy importantes en los sistemas contra incendio a base de agua, podría decirse que son el corazón del sistema,



siendo su tarea la de impulsar el agua, cumpliendo los requerimientos de caudal y presión que el sistema necesita, es utilizado en sistema de rociadores, sistema de mangueras, hidrantes entre otros.

La importancia de las bombas contra incendio dentro de todo el sistema de agua contra incendio, es vital, por ello es que la NFPA 20 (Norma para la instalación de bombas estacionarias para protección contra incendios), regula de manera bien minuciosa su diseño e instalación, debido a la gran variedad de escenarios y la gran tipificación de bombas. Una característica de las bombas contra incendio es su capacidad de cumplir con su propósito, aun así la consecuencia sea la avería.

2.2.5.3. Tipos de bombas contra incendio

De acuerdo al requerimiento del sistema contra incendio a base de agua, tenemos diferentes tipos de bombas que varían en sus características y sus usos, estas son:

- Bomba de carcasa partida

Es del tipo horizontal y funcionamiento centrífugo, se caracteriza por tener una carcasa que se puede dividir, esto ayuda en gran medida en el mantenimiento de la bomba.

(Ybirma, 2017) indica que: “Estas bombas son de eje apoyado entre rodamientos, pueden ser de eje horizontal o vertical, son de impulsor cerrado y doble succión (el agua se divide e ingresa por los lados del impulsor)”

Figura 7

Bomba de carcasa partida horizontal



Nota: En la imagen se muestra el interior de la bomba de carcasa partida

- Bomba de succión axial

Esta bomba se caracteriza por tener alineada su eje, con el sentido de la succión; sin embargo, la descarga se encuentra perpendicular al eje. Son bombas con gran resistencia y durabilidad, (Ybirma, 2017) indica que: “Estas bombas son de impulsor cerrado o abierto, suspendido “en voladizo”, succión simple.”

Figura 8

Bomba de succión axial



Fuente: Ybirma (2019)

- Bomba en línea

Para esta bomba el motor es soportado por la bomba y tiene la salida de descarga y el ingreso de la succión en la misma línea central.

Estas bombas tienen un impulsor cerrado que se encuentra suspendido en un eje vertical succión simple.

Figura 9

Bomba en línea



Fuente: Ybirma (2019)

- Vertical tipo “turbina”

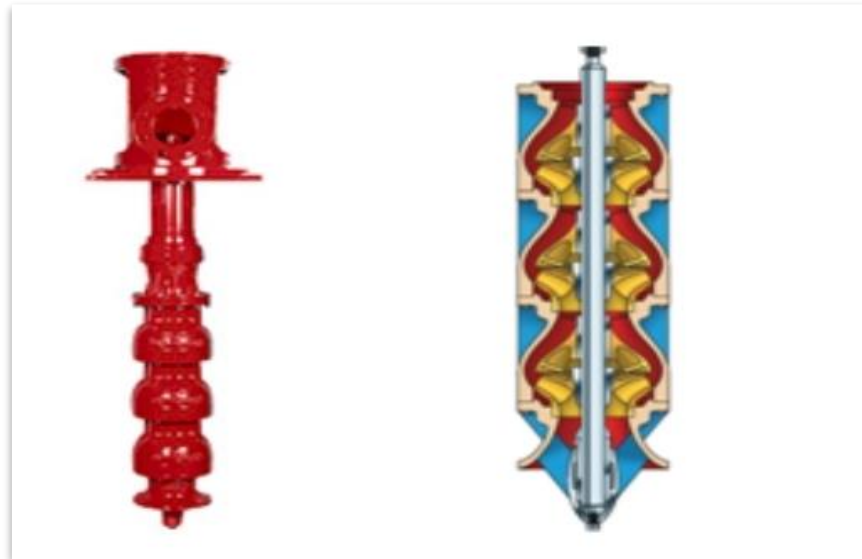
Esta bomba tiene un eje vertical también llamados impulsores que tienen una descarga hacia un conducto coaxial con el eje.

A través del eje vertical se transfiere la energía desde el motor a los impulsores que se encuentran al interior de tazones y generalmente acoplados en serie; los cuales se encargan de hacer fluir el agua a través de un tubo que la guía hacia la brida de descarga.

Las bombas de este tipo son utilizadas cuando la cisterna de agua se encuentra debajo del cuarto de bombas.

Figura 10

Bomba vertical



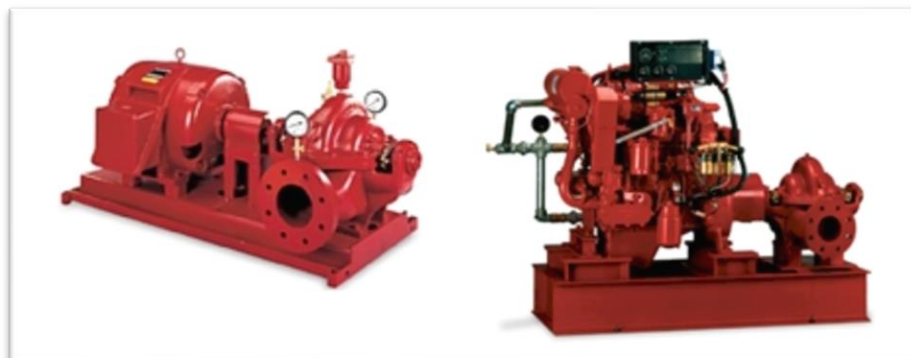
Nota: En la imagen se muestra la bomba vertical tipo turbina y los tazones

2.2.5.4. Accionamiento de bombas contra incendio

Las bombas contra incendio son accionadas por motores eléctricos o motores diésel generalmente .

Figura 11

Bombas con motor Eléctrico y Diesel



Nota: En la imagen se aprecia las bombas de motor eléctrico (izquierda) y Diesel (derecha)

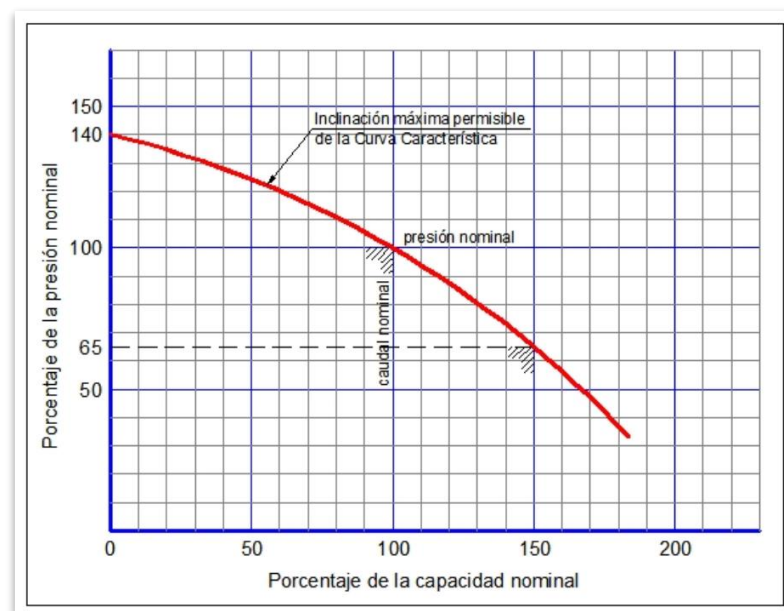
La norma NFPA 20 nos indica, que las bombas contra incendio deberán estar listadas para que puedan ser utilizadas en este servicio, igualmente los motores eléctricos y diésel para su operación y utilización.

2.2.5.5. Curva característica de bombas contra incendios

(Liban, 2019) “De acuerdo a la norma NFPA 20 (2019) numerales 6.2.1. y 6.2.2., las bombas contra incendios deberán proporcionar no menos del 150% de su caudal nominal a no menos del 65% de su presión nominal y además en condiciones de caudal cero no deberán exceder del 140% de su presión nominal. Estos requerimientos se resumen muy claramente en la figura A.6.2. para una bomba con un caudal nominal del 100% que requiere una presión nominal del 100%, siendo estos porcentajes meramente índices de un caudal y presión determinados.”

Figura 12

Curva Característica de bomba contra incendio



Nota: En la imagen se muestra la curva característica de una bomba contra incendio

(Ybirma, 2017) indica que: “En la práctica la mayoría de las bombas contra incendio proporcionan menos del 140% de la presión nominal a caudal cero, y más del 65% de la presión nominal al 150% del caudal nominal. Esto da como resultado curvas dentro de los parámetros y nos permiten que la presión cambie poco en la descarga, con la variación del caudal.”

2.2.5.6. Caudales nominales de bombas contra incendio.

Las bombas contra incendio listadas tienen caudales nominales, a continuación, se muestran estos caudales según la NFPA 20

Tabla 1

Caudales nominales de bombas contra incendio

gpm	lpm	gpm	lpm	gpm	lpm
25	95	400	1514	2000	7570
50	189	450	1703	2500	9462
100	379	500	1892	3000	11355
150	568	750	2839	3500	13247
200	757	1000	3785	4000	15140
250	946	1250	4731	4500	17032
300	1136	1500	5677	5000	18925

Fuente: NFPA 20 (2019)

(Ybirma, 2017) señala que: Por lo general quienes se dedican a la fabricación de bombas contra incendio listadas, suelen hacerlas de igual o mayor capacidad de 250 gpm, es por ello que será muy difícil encontrar bombas con un caudal menor a ese, Ahora yéndonos al otro extremo la bomba por encima de los 5000 gpm se fabrican bajo pedido.



2.2.5.7. Rango de presión de bombas contra incendios

La presión en las bombas contra incendio varía en rangos de 26 a 510 *psi* (517 a 3.448 *kPa*) para bombas verticales tipo “turbina” y 40 a 394 *psi* (276 y 2.758 *kPa*) para bombas horizontales.

2.2.5.8. Condiciones de instalación de bombas contra incendios.

La NFPA 20 no permite que se utilice bombas centrifugas horizontales que la succión se encuentre debajo de su plano de ubicación. Estas bombas siempre deben operar con una presión de succión positiva. Si la presión de succión es negativa debido a que no se puede evitar, se debe optar por la instalación de una bomba vertical tipo “turbina”.

La capacidad y la presión nominal de las bombas contra incendios deben ser adecuadas para satisfacer la demanda de caudal y presión compatibles con los requerimientos de suministro de agua para la propiedad protegida.

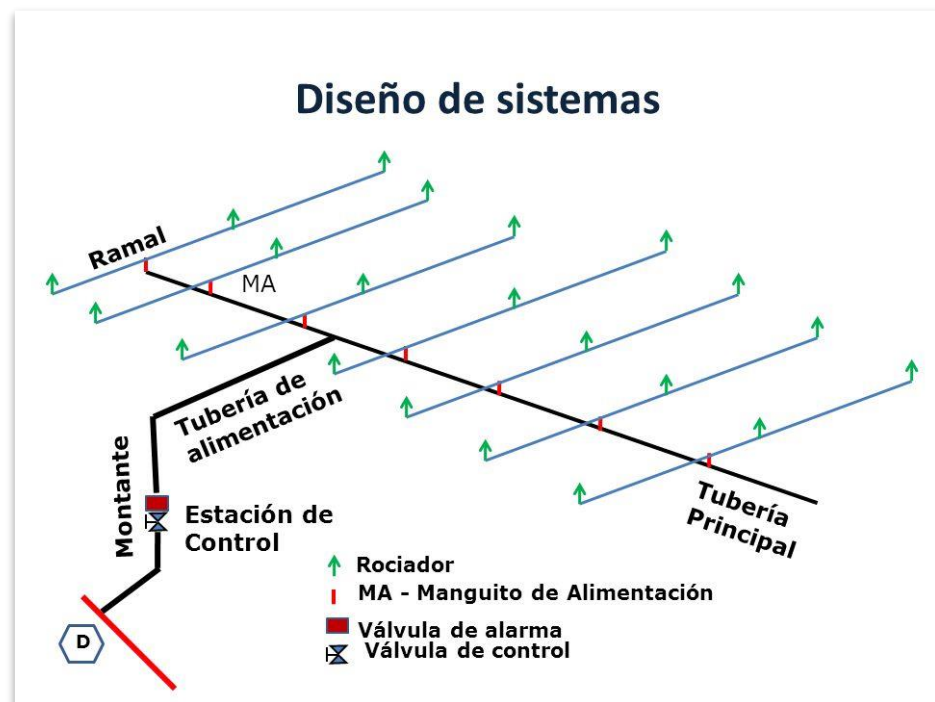
Se diseñan las bombas contra incendios para que estas puedan proporcionar su capacidad nominal incluyendo un factor de seguridad (150% del caudal nominal al 65% de la presión nominal) para que se tenga una cierta protección en caso que se requiera un caudal mayor a la esperada en el transcurso del incendio. Cuando seleccionas una bomba, se recomienda que el sistema opere en un punto entre el 90 y el 140% del caudal nominal de la misma.

2.2.5.9. Tuberías o red de distribución.

El sistema se puede dividir en varias partes en cuanto a tubería como se muestra en la siguiente figura:

Figura 13

Red de distribución de sistema de rociadores



Nota: La imagen presenta un arreglo clásico de un sistema de rociadores.

Tuberías principales del servicio privado (Private Fire Service Main). Según las definiciones, esta tubería se encuentra entre la fuente de abastecimiento de agua y la tubería montante del sistema. Por lo general la tubería es subterránea.

Montante del sistema (System riser). Estas tuberías son aquellas que alimentan a los rociadores, se encuentran en sentido vertical.



Tuberías principales o de alimentación (Cross main). Son tuberías que se conectan directamente o con niples con los ramales de los rociadores.

Niples (riser nipple). Se usa generalmente entre la tubería principal de alimentación y los ramales, suele ser un pedazo de tubo vertical.

Ramales (Branch Lines). Tubería que abastece a los rociadores.

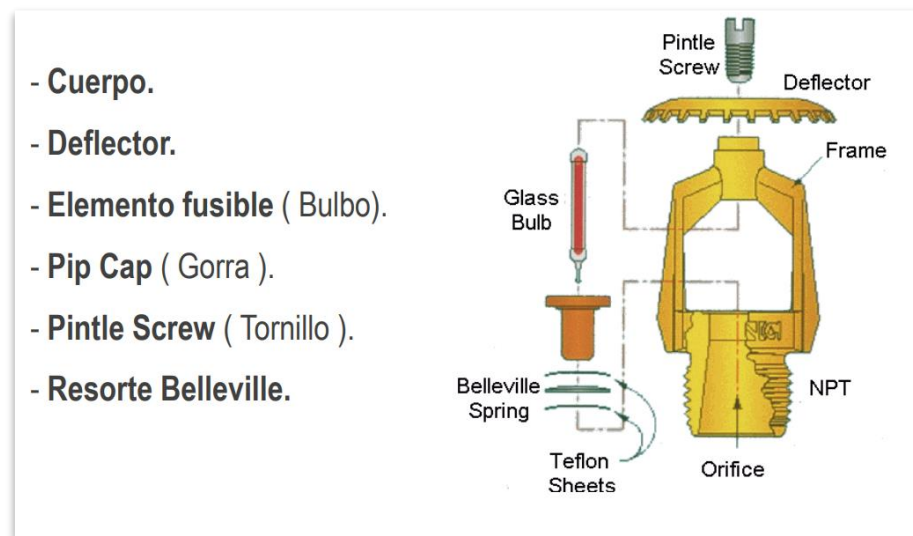
2.2.5.10. Rociadores automáticos.

(Cristancho, 2019), indica que, “Es el elemento más importante dentro la instalación del sistema contra incendios ya que su misión es la extinción de llamas por medio de descargas de agua en forma de semiesfera, luego de detectar los efectos de un incendio por medio del aumento de temperatura asociado al fuego, o el humo generado por la combustión”.

Como se mencionó anteriormente, un rociador automático es un dispositivo diseñado para la supresión o control de incendios que se activa de forma automática al calentarse su elemento térmico a la temperatura de activación, liberando agua en el área afectada por el fuego.

Figura 14

Partes de un rociador



Fuente: Cristancho, 2019

2.2.5.11. Clasificación de rociadores

Hay diversos tipos de rociadores que se pueden clasificar según varios criterios, como la temperatura de activación, la velocidad de apertura, el tamaño del orificio de descarga, el caudal, el tipo de elemento fusible, la forma en que se aplica el chorro, el área de cobertura del agua, entre otros factores que se consideran en el análisis de riesgos y en el diseño del proyecto por parte del especialista.

- Según su temperatura:

En la Tabla número 02, se puede observar la clasificación de los componentes termofusibles de los rociadores, de acuerdo a los márgenes de temperatura a los que trabajan.

Tabla 2

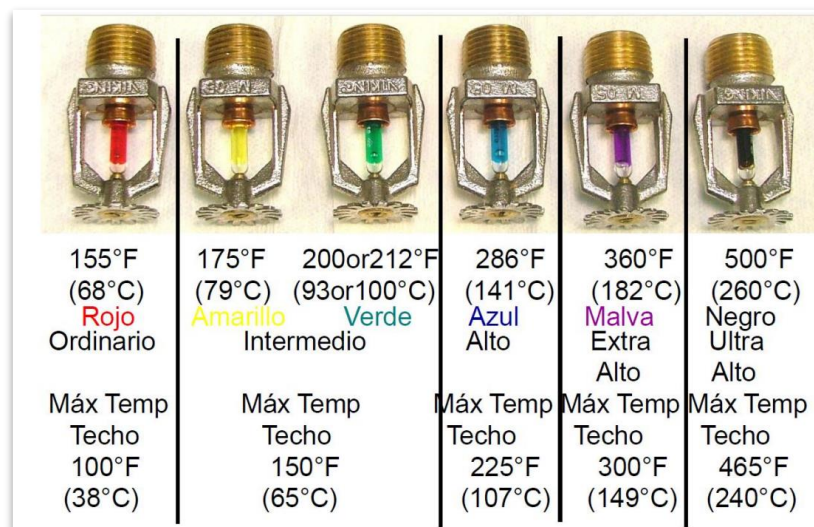
Rango de temperatura para rociadores automáticos

Temperatura máxima del cielorraso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Código de color	Colores de 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

Fuente: Adaptado de la NFPA 13 (2019)

Figura 15

Color de rociadores según su temperatura



Fuente: Tomado del blog Ybirma (2019)

- Según su posición de ubicación:

Montante: La descarga de este rociador se produce hacia arriba contra el deflector.



Colgante: Es un tipo de rociador diseñado para que la corriente de agua fluya hacia abajo, impactando en el deflector.

Pared: Este rociador cuenta con deflectores especiales que permiten que la mayor parte del agua se descargue lejos de la pared adyacente, formando un patrón similar a un cuarto de esfera, con una pequeña parte dirigida hacia la pared situada detrás del rociador.

Oculto. Este tipo de rociador está integrado con una placa de cobertura

Empotrado. Es un rociador cuyo cuerpo, o parte de él, excepto el extremo roscado, se instala dentro de un falso techo.

- Tomando en cuenta el índice de tiempo de respuesta (RTI)

Respuesta Normal. Elemento sensible al calor con un RTI de 80 $(\frac{pie}{seg})^{1/2}$ o superior.

Respuesta especial. Elemento sensible al calor con un RTI entre 50 y 80 $(\frac{pie}{seg})^{1/2}$.

Respuesta rápida. Elemento sensible al calor con un RTI de 50 $(\frac{pie}{seg})^{1/2}$ o menor.

- Según la clase de protección

Modo de control. El rociador impide que el incendio se desplace a otras zonas cercanas.



Modo supresión. El rociador en este caso puede extinguir el incendio.

2.2.6. Otros componentes del sistema.

Para complementar el sistema, se incluyen otras componentes como la válvula de control, la válvula de alarma, el sistema de drenaje, así como las conexiones de mangueras y los hidrantes.

2.2.6.1. Sistema de gabinetes contra incendio.

Estos sistemas consisten en tramos de tubería que suministran agua a las mangueras para la protección contra incendios, a través de válvulas situadas en cajetines o gabinetes. Las mangueras pueden ser activadas manualmente por personal capacitado o por el cuerpo de bomberos de manera directa.

Este sistema incluye una red de tuberías, montante, que proporciona agua a presión y caudal adecuados a una manguera, controlada por una válvula angular situada dentro de un gabinete. En caso de incendio, la manguera debe abrirse manualmente, solo por personal capacitado o por el cuerpo de bomberos. Los gabinetes se pueden clasificar en tres tipos:

Clase I. NFPA 14 (2019). El sistema contiene conexiones para mangueras de 2 1/2" (65mm) para que puedan ser utilizadas por la compañía del cuerpo de bomberos.

Clase II. NFPA 14 (2019). El sistema contiene estaciones de mangueras de 1 1/2" (40mm) que proporciona agua que puede ser usado



por el personal entrenado principalmente o por el cuerpo de bomberos como una respuesta inicial al incendio.

Clase III. 26 NFPA 14 (2019). El sistema contiene estaciones de mangueras de 1 1/2" (40mm) para proveer agua para uso al personal entrenado principalmente y conexiones para mangueras de 2 1/2" (65mm) para proveer un caudal mayor de agua para uso de la compañía de cuerpo de bomberos.

2.2.7. Metodología de diseño de agua contra incendio.

La norma forma más eficaz de combatir incendios es mediante la utilización de rociadores automáticos los cuales según la norma NFPA 13 (2019) en el numeral 4.1.1. indica que "Un edificio protegido por un sistema de rociadores automáticos debe contar con rociadores en todas las áreas, salvo en aquellas secciones específicas de esta norma donde se permite su omisión".

A continuación, se mostrará la metodología a seguir para el análisis y el cálculo de un sistema de rociadores, los cuales nos permitirán diseñar de la mejor manera los sistemas, todo esto estando en base a la norma NFPA.

2.2.7.1. Enfoques de diseño

Para que podamos calcular el requerimiento de agua total de un sistema, la NFPA 13 en el numeral 19.2.4.1 presenta tres enfoques:

Enfoque utilizando el riesgo de ocupación para control de incendio.

Enfoques de diseño en base al almacenamiento, cap. 20 al 25

Enfoques de diseño en casos especiales del capítulo 26.



- **Enfoque de control de incendio por riesgo de ocupación.**

La NFPA 13 clasifica los riesgos en el capítulo 4 de la norma en donde según el riesgo cambian las variables de diseño, en esta clasificación tenemos.

- RIESGO BAJO o LIGERO
- RIESGO ORDINARIO (GRUPO 1 Y 2)
- RIESGO EXTRAORDINARIO (GRUPO 1 Y 2)

La demanda de agua requeridos del sistema se puede calcular por dos métodos:

Método de diseño por tablas (“Pipe Schedule”) que utiliza diámetros prestablecidos de acuerdo con la sección 19.3.2 de la NFPA 13 (2019)

Método de cálculos hidráulicos que utiliza una serie de pasos de acuerdo con 19.3.3. de la NFPA 13 (2019)

- Método de diseño por tablas

De acuerdo a la norma NFPA 13 (2019) numeral 3.3.206.8, un sistema diseñado por tablas (pipe schedule method) es un sistema en el cual se seleccionan los diámetros de tubería en base a tablas que se encuentran determinadas por la clasificación de la ocupación donde se permite la utilización de un determinado número de rociadores en la tubería de un diámetro específico. El método por tablas es el enfoque más antiguo para el diseño de rociadores, esto se remonta a la primera edición de NFPA 13 en 1896. La norma aún permite su uso en condiciones limitadas. Se permite únicamente en adiciones o modificaciones de

sistemas existentes diseñados por el método de tablas, sin considerar el riesgo de ocupación. En nuevos sistemas, su uso es permitido para clasificaciones de riesgo leve u ordinario, siempre que el área no exceda los 5,000 pies² (465 m²). A continuación, se presenta la tabla para el dimensionamiento de tuberías según este método

Tabla 3

Selección de riesgo leve

Acero		Cobre		
		pulg.	mm	
1 pulg. (25 mm)	2 rociadores	1 pulg.	25 mm	2 rociadores
1 ¼ pulg. (32 mm)	3 rociadores	1 ¼ pulg.	32 mm	3 rociadores
1 ½ pulg. (40 mm)	5 rociadores	1 ½ pulg.	40 mm	5 rociadores
2 pulg. (50 mm)	10 rociadores	2 pulg.	50 mm	12 rociadores
2 ½ pulg. (65 mm)	30 rociadores	2 ½ pulg.	65 mm	40 rociadores
3 pulg. (80 mm)	60 rociadores	3 pulg.	80 mm	65 rociadores
3 ½ pulg. (90 mm)	100 rociadores	3 ½ pulg.	90 mm	115 rociadores
4 pulg. (100 mm)	Ver Sección 4.5	4 pulg.	100 mm	Ver Sección 4.5

Fuente: Adaptado de la NFPA 13 (2019)

Nota: La Norma NFPA 13 restringe que los sistemas de riesgo extraordinario se diseñen mediante cálculos hidráulicos.

Se muestra a continuación los requisitos mínimos para el abastecimiento de agua para un sistema calculado con el método pipe Schedule.

Tabla 4

Requisitos de suministro de agua

Clasificación de la ocupación	Presión residual mínima requerida		Flujo aceptable en la base de montante (incluye asignación para chorros de manguera)		Duración (minutos)
	psi	bar	gpm	L/min	
	Riesgo leve	15	1	500-750	
Riesgo ordinario	20	1.4	850-1500	3200-5700	60-90

Fuente: NFPA 13 (2019)

- Método utilizando cálculos hidráulicos.

La norma NFPA 13, edición 2019, en el numeral 3.3.104, conceptúa un sistema calculado hidráulicamente como un sistema de rociadores en el que los diámetros de las tuberías se eligen en función de las pérdidas de presión por fricción. Esto se hace para asegurar una densidad de aplicación de agua específica, así como una presión mínima de descarga o un caudal por rociador, distribuidos de manera uniforme sobre un área determinada.

Para los sistemas calculados hidráulicamente, la NFPA 13 indica que, para acero negro o galvanizado, los diámetros nominales de tubería deben ser mayores o iguales a 1 pulgada (25 mm), y para cobre, latón, acero inoxidable y tubería no metálica listada deben ser mayores a $\frac{3}{4}$ de pulgada (20 mm), para tubería utilizada en un sistema de rociadores.

Es fundamental considerar que las dimensiones de la tubería, el número de rociadores por ramal y la cantidad de ramales por tubería principal solo estarán restringidos por la disponibilidad del suministro de



agua. Esto implica que no hay restricciones en la velocidad del agua, excepto por cuestiones de ruido, vibración o golpe de ariete. No obstante, un sistema de protección contra incendios no necesariamente se diseña para operar en silencio.

El objetivo del diseño es calcular la caudal de agua y presiones de trabajo mínimas para que el sistema funciones sin ningún problema, las formas que se puede llegar al objetivo se basa en los métodos que presenta la NFPA 13:

Método densidad - área (NFPA 13 numeral 19.3.3.2.)

Método de cuarto de diseño (NFPA 13 numeral 19.3.3.3)

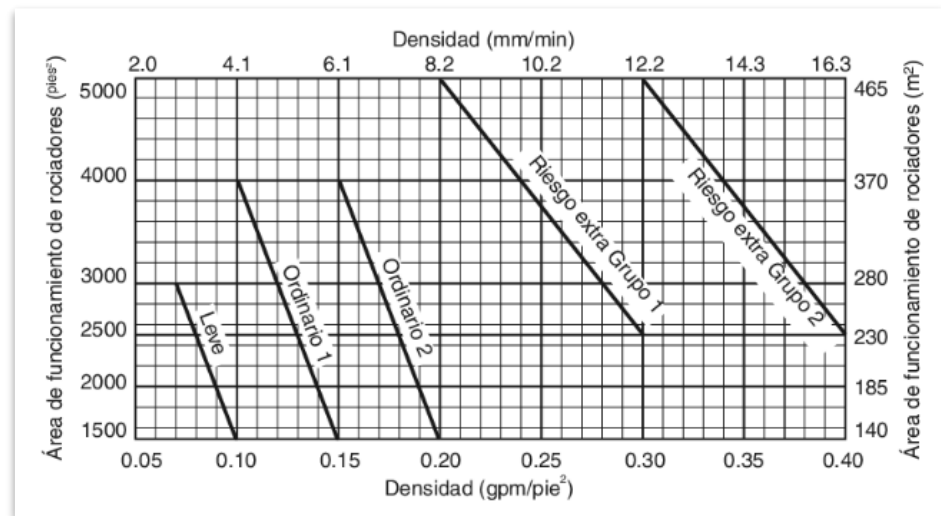
Áreas de diseño especial (NFPA 13 numeral 19.3.3.4)

- Método densidad - área.

Tiene como objetivo determinar una densidad de aplicación de agua en base a un área de diseño desde las curvas densidad/área, la cuales se muestran a continuación:

Figura 16

Curvas de densidad/área



Fuente: Figura 19.3.3.1.1 en la Norma NFPA 13 (2019)

Para utilizar esta gráfica, es necesario haber definido previamente el riesgo de la ocupación, según lo expuesto en secciones anteriores de esta tesis. En la curva de riesgo correspondiente, se selecciona un punto que proporciona una densidad de flujo basada en el área de diseño.

La densidad de aplicación se refiere al caudal por unidad de área que los rociadores suministran. La unidad se da en galones por minuto por pie cuadrado (gpm/pie²) o en litros por minuto por metro cuadrado (que se puede simplificar a mm/min). Si queremos proteger una ocupación clasificada como riesgo ordinario grupo 1, podemos seleccionar cualquier punto dentro de la curva correspondiente, según el criterio del que diseña.

Los valores de los puntos inician desde una densidad de 0,1 gpm/pie² (4,1 mm/min) utilizando un área de diseño de 4000 pie² (372 m²) hasta una densidad de 0,15 gpm/pie² (6,1 mm/min) para un área de diseño de 1500 pie² (139 m²). El caudal nominal que se utiliza en el sistema de



rociadores se calcula al multiplicar el área de diseño por la densidad determinada en las curvas densidad/área. Así, para el primer caso, el caudal nominal calculado es de 400 *gpm* (1514 *L/min*). Para el segundo caso el caudal que resultante sería de 225 *gpm* (852 *L/min*). Sin embargo, se debe considerar las pérdidas por fricción en tubería y accesorios para determinar el verdadero caudal nominal del sistema.

- Método cuarto de diseño

En edificaciones donde la compartimentación es bien marcada, por ejemplo, un hotel, consideramos que el incendio se inicia solo en una de las habitaciones. La norma NFPA 13 da permiso para realizar los cálculos de presión y caudal del sistema de acuerdo la demanda de los rociadores del cuarto hidráulicamente más exigente de la edificación.

La NFPA indica las condiciones y las restricciones para la utilización del método de cuarto de diseño, entre ellas:

De las curvas densidad/área de la figura 16, se deben tomar la los valores de densidad de agua, correspondiente a la clasificación del riesgo de ocupación y el área del cuarto.

Es indispensable que los cuartos tengas una clasificación de resistencia al fuego mayor o igual a la duración del agua del sistema.

Si área del cuarto esta por debajo del área mínima de las curvas densidad/área, en este caso debe usarse el área mínima de estas curvas, de acuerdo con riesgo de ocupación.



Ybirma (2018) indica que “Por lo general, solo tiene sentido utilizar el método de cuarto de diseño en situaciones en las que el edificio está muy compartimentado y la cantidad de rociadores en el cuarto más exigente es menor a los que se calcularían mediante el método Densidad/Área.

Presión mínima y máxima para cálculos hidráulicos (NFPA 13, 2019 en los numerales 27.2.4.11 y 27.2.4.12).

Se definen las presiones mínimas y máximas en los rociadores cuando se realiza un cálculo hidráulico en el sistema. La presión mínima a utilizar es de 7 psi (0.5 bar) y la máxima en 175 psi (12 bar) para algunas condiciones especiales.

2.2.7.2. Requerimientos Generales para Almacenamiento.

Al proteger edificaciones destinadas al almacenamiento de mercancías, es importante considerar que el diseño difiere de lo previamente mencionado. En lugar de establecer una clasificación de riesgo de ocupación, se deben tener en cuenta otras variables, como el tipo de mercancía, el método de almacenamiento, la altura de almacenamiento y el espacio libre hasta el techo.

Es fundamental llevar a cabo una clasificación adecuada de las mercancías, evitando ser excesivamente conservador, ya que este es uno de los errores más comunes relacionados con el diseño de sistemas de rociadores.



Próximamente, se presentarán los criterios que se deben seguir en la protección de almacenes, en base a la norma NFPA 13 edición 2019:

Determinar la clasificación de la mercancía almacenada conforme a las secciones 20.3 y 20.4 de la NFPA 13.

Distinguir el método de almacenamiento utilizado según la sección 20.5

Medir la altura que tiene el almacenamiento, así como, la altura de la edificación, como también el espacio libre entre el techo y el almacenamiento de acuerdo con la sección 20.6.

Definir la protección en base a los criterios generales contra incendios que regularmente son para todas las opciones en cuanto a la protección de almacenamiento conforme a las secciones 20.7 a 20.15.

Determinar la tecnología apropiada de sistema/rociador utilizando los criterios de protección (capítulos 21 a 25).

2.2.7.3. Clasificación de mercancías.

En las secciones 20.3 y 20.4 de la norma NFPA 13(2019) indica la clasificación de mercancías según lo siguiente:

- Mercancías Clase I.

Se precisa como un producto sin combustibilidad que satisface uno de los siguientes criterios:

Situado directamente encima pallets de madera.



Situado dentro de cajas de cartón corrugado de una sola capa, separado o no con divisores de cartón de un solo espesor, con o sin pallets.

Envuelto en plástico transparente o en papel como una unidad de carga, ya sea con pallets o sin ellos. Podemos encontrar en la NFPA 13, Anexo A (en la tabla A.20.4.1) ejemplos de esta clasificación de mercancías.

- Mercancías Clase II.

Se precisa como un producto sin combustibilidad en cajones de listones de madera, cajas de madera maciza, cajas de cartón corrugado de múltiples capas o material de embalaje combustible equivalente, ya sea con pallets o sin ellos. Podemos encontrar en la NFPA 13, Anexo A (en la tabla A.20.4.2) ejemplos de esta clasificación de mercancías clase II

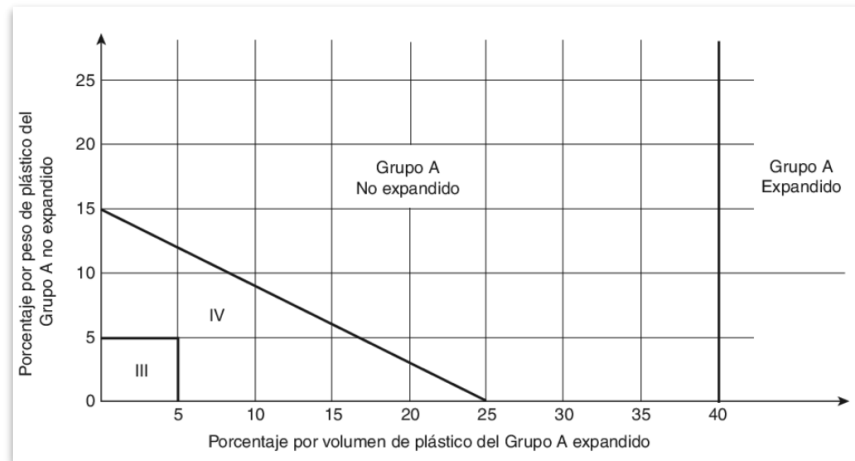
- Mercancías Clase III.

Se conceptúan las mercancías clase III en la NFPA, como productos de madera elaborados, así como también, papel, plásticos del Grupo C con cajas de cartón o sin ellas, fibras naturales, cajas o cajones de madera, con pallets o sin ellas. La mercancía Clase III puede contener una cantidad restrictiva (5% o menos en peso de plástico no expandido o 5% o menos en volumen de plástico expandido) de plásticos del Grupo A o del Grupo B.

Las mercancías clase III que contengan una mezcla de plástico expandido y no expandido del grupo A debe cumplir con la figura 17 cuando están dentro de cajas de cartón, cajas o cajones de madera, o con la figura 18 cuando están expuestas.

Figura 17

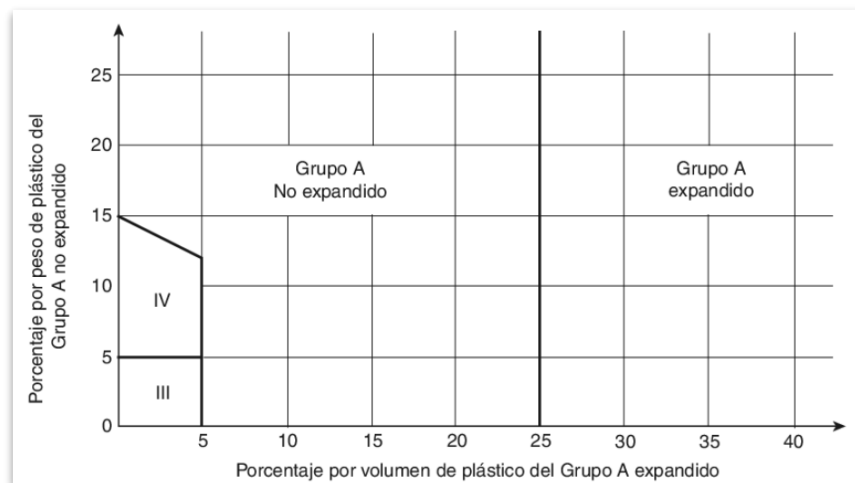
Mercancías en cajas de cartón o dentro de un contenedor de madera que contienen una mezcla de plásticos del Grupo A expandidos y no expandidos.



Fuente: Norma NFPA 13 (2019)

Figura 18

Mercancías expuestas que contienen una mezcla de plásticos del Grupo A expandidos y no expandidos



Fuente: Norma NFPA 13, 2019



Podemos encontrar en la NFPA 13, Anexo A (en la tabla A.20.4.3) ejemplos de esta clasificación de mercancías clase III

- Mercancías Clase IV.

La norma NFPA 13 determina las mercancías Clase IV como un producto, con pallets o sin ellos, que tiene uno de los siguientes criterios:

Construido total o parcialmente de plástico Grupo B.

Está constituido de materiales plásticos de Grupo A de flujo libre (plásticos que, durante un incendio, caen de sus contenedores).

En un contenedor de madera o en cajas de cartón, que contiene más del 5% y hasta 15% en peso de plástico Grupo A no expandido.

En un contenedor de madera o en cajas de cartón, que contiene más del 5% y hasta 25% en volumen de plástico Grupo A no expandido.

En un contenedor de madera o en cajas de cartón, que contiene una mezcla de plástico expandido y no expandido de Grupo A y que cumple con la figura 20.4.3.3(a).

Mercancías que se encuentran expuestas y contienen más del 5% hasta 15% en peso de plástico Grupo A no expandido.

Mercancías que se encuentran expuestas y contienen una mezcla de plástico expandido y no expandido de Grupo A y además cumple con la figura 20.4.3.3(b).

Podemos encontrar en la NFPA 13, Anexo A (en la tabla A.20.4.3) ejemplos de esta clasificación de mercancías clase IV.

2.2.7.4. Clasificación de mercancías plásticas.

Podemos dividir las mercancías plásticas en tres grupos; Grupo A (más alto riesgo), Grupo B, y Grupo C (más bajo riesgo). Si no se conoce el riesgo de un plástico, se debe designar como grupo A. Los plásticos del Grupo A podemos considerarlos como mercancías de alto riesgo.

- Plásticos Grupo A.

Son los siguientes:

ABS (copolímero de acrilonitrilobutadienoestireno), Acetal (poliformaldehído), Acrílico (metacrilato de polimetilo), Goma de butilo, Productos celulósicos (acetato de celulosa, acetato butirato de celulosa, etilcelulosa), EPDM (goma de etilenopropileno), FRP (poliéster reforzado con fibra de vidrio), Caucho natural, Goma de nitrilo (caucho acrilonitrilo butadieno), Nylon (Nylon 6, Nylon 6/6), PET (poliéster termoplástico), Polibutadieno, Policarbonato, Elastómero de poliéster, Polietileno, Polipropileno, Poliestireno, Poliuretano, PVC (cloruro de polivinilo altamente plastificado, con contenido plastificador mayor al 20%), PVF (fluoruro de polivinilo), SAN (estireno acrilonitrilo), SBR (goma de estirenobutadieno)

Los plásticos Grupo A se subdividen en Expandidos y No Expandidos.

Las mercancías de plástico **expandido** de grupo A se precisan como un producto, con pallets o sin ellos, que se determina con uno de los siguientes criterios:



En un contenedor de madera o caja de cartón, con más del 40% en volumen de plástico expandido de grupo A.

Mercancía que se encuentra expuesta, que contiene más del 25% en volumen de plástico expandido de grupo A.

Las mercancías de plástico **no expandido** de grupo A se precisan como un producto, con pallets o sin ellos, que se determina con uno de los siguientes criterios:

Dentro de un contenedor de madera o en caja de cartón, con más del 15% en peso de plástico Grupo A no expandido.

Dentro de un contenedor de madera o en caja de cartón, con más del 25% y hasta 40% en volumen de plástico Grupo A expandido.

Dentro de un contenedor de madera o en caja de cartón, que contiene una mezcla de plásticos Grupo A expandido y no expandido, de acuerdo con la figura 20.4.3.3(a) de la norma NFPA 13.

Mercancía que se encuentra expuesta, que contiene más del 15% en peso de plástico Grupo A no expandido.

Mercancía que se encuentra expuesta, que contiene más de 5% y hasta 25% en volumen de plástico Grupo A expandido.

Mercancía que se encuentra expuesta, que contiene una mezcla de plásticos Grupo A expandido y no expandido, de acuerdo con la Figura 20.4.3.3 de la norma NFPA 13.



Podemos encontrar en la NFPA 13, Anexo A (en la tabla A.20.4.5.1) ejemplos de mercancías de plásticos del grupo A

- Plásticos Grupo B.

Los siguientes materiales se clasifican como grupo B:

Plásticos fluorados (ECTFE – copolímero de etileno-clorotrifluoroetileno, Goma de cloropreno; FEP – copolímero fluorado de etileno-propileno), Goma de silicona; ETFE – copolímero de etileno-tetrafluoroetileno.

- Plásticos Grupo C.

Los siguientes materiales se clasifican como grupo C:

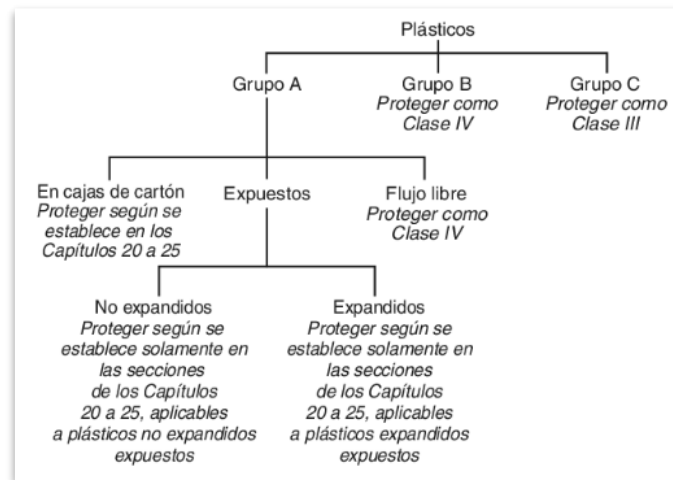
PTFE politetrafluoroetileno); Plásticos fluorados (PCTFE policlorotrifluoroetileno, Melamina formaldehído, Fenólico, PVDC (cloruro de polivinilideno), PVC (cloruro de polivinilo flexible), PVDF (fluoruro de polivinilideno), Urea (urea-formaldehído)

Los plásticos del grupo A y los de grupo B de flujo libre se deben proteger de la misma forma que las mercancías de clase IV.

Los plásticos de grupo C se deben proteger de igual manera que las mercancías de clase III.

Figura 19

Árbol de decisiones en la protección de mercancías plásticas



Fuente: NFPA 13 (2019)

- Llantas de Caucho.

De acuerdo con los capítulos 20 a 25 de la norma NFPA 13, las llantas para camiones livianos y pesados, remolques, automóviles de pasajeros, aeronaves, equipos de construcción, equipos de agricultura, y buses se debe proteger como almacenamiento de llantas de caucho.

2.2.7.5. Otras clasificaciones de mercancías.

La norma NFPA 13 establece otras clasificaciones que se detallan en las secciones de los capítulos 20 a 25, incluyendo el almacenamiento de papel en rollos, componentes plásticos para automóviles, y almacenamiento de archivos en cajas de cartón, entre otros.

2.2.7.6. Tipos de almacenamiento.

La sección 20.5 de la NFPA 13 proporciona orientación para determinar el método de almacenamiento, lo que a su vez se utilizará para



seleccionar los criterios de protección adecuados en los capítulos 21 a 25.

2.5.2.3.

2.2.7.7. Altura del almacenamiento y de las construcciones.

La sección 20.6 de la NFPA 13 permite evaluar las condiciones de almacenamiento, incluyendo la altura de la mercancía almacenada, la altura de la bodega y el espacio libre entre la mercancía y el techo. Estos factores son esenciales para seleccionar el sistema de protección adecuado de acuerdo con lo indicado en los capítulos 20 a 25.

2.2.8. Normas e instituciones encargadas de la supervisión de sistemas contra incendio.

2.2.8.1. Instituciones

INDECI: INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, mediante el decreto supremo N° 002-2018-PCM, aprueba el Nuevo Reglamento de Inspecciones Técnicas de seguridad en edificios.

Artículo 1.- objeto del reglamento de Inspecciones Técnicas de Seguridad en Edificaciones

El Reglamento de Inspecciones Técnicas de Seguridad en Edificaciones (el Reglamento) tiene como objetivo regular los aspectos técnicos y administrativos relacionados con la Inspección Técnica de Seguridad en Edificaciones (ITSE), la Evaluación de las Condiciones de Seguridad en Espectáculos Públicos Deportivos y No Deportivos (ECSE), y la Visita de Inspección de Seguridad en Edificaciones (VISE), así como la renovación del Certificado de ITSE.



CAPITULO III Inspección técnica de seguridad en edificaciones
previa al otorgamiento de la licencia de funcionamiento.

Artículo 25.- solicitud y requisitos

Para la ITSE que se realiza antes de otorgar la licencia de funcionamiento, el/la solicitante debe presentar, junto con la solicitud, los documentos técnicos que se detallan a continuación en copia simple, firmados por el profesional o empresa responsable, según corresponda. Las características de estos requisitos están especificadas en el Manual de Ejecución de Inspección Técnica de Seguridad en Edificaciones:

OSINERMIN: organismo supervisor de la inversión en energía y minería, mediante RESOLUCIÓN DE GERENCIA GENERAL, OSINERMIN N° 60-2016-OS/GG

Se resuelve:

Artículo 1°.- Aprobar los cuestionarios para la Presentación de la Declaración Jurada de Cumplimiento de Obligaciones Relativas a las Condiciones Técnicas y de Seguridad, que deben ser completados anualmente por los responsables de las Instalaciones de Refinerías, Plantas de Procesamiento, Plantas de Lubricantes, Plantas de Abastecimiento de Combustibles Líquidos, Plantas de Abastecimiento de Combustibles Líquidos en Aeropuertos y Plantas de Abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo. Estos cuestionarios, que se encuentran en los Anexos 1, 2, 3 y 4 adjuntos, forman parte integral de la presente Resolución.



CUERPO GENERAL DE BOMBEROS DEL PERU, mediante el Decreto legislativo n° 1260 decreto legislativo que fortalece el cuerpo general de bomberos voluntarios del Perú como parte de sistema nacional de seguridad ciudadana y regula la intendencia nacional de bomberos del Perú

En el titulo II régimen del cuerpo de bomberos voluntarios del Perú. Capítulo I, artículo 5 funciones, inciso i “Acreditar a sus miembros ante el CENEPRED para que colaboren con dicha entidad en la verificación del cumplimiento de las normas de seguridad.

2.2.8.2. Normas

Reglamento nacional de edificaciones norma a. 130 requisitos de seguridad.

GENERALIDADES Artículo 1.- Las edificaciones, según su uso y número de ocupantes, deben cumplir con los requisitos de seguridad y prevención de siniestros, cuyo objetivo es proteger la vida humana, conservar el patrimonio y asegurar la continuidad de la edificación.

NFPA 13: Norma para la instalación de sistema de rociadores

NFPA 14: Norma para la instalación de montantes y mangueras

NFPA 20: Norma para la instalación de bombas estacionarias para protección contra incendios

NFPA 25: Norma para la inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de protección contra incendios a pase de agua.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

El proyecto se encuentra en Perú, ubicado en la ciudad de Puno capital del departamento del mismo nombre, ubicado dentro de los límites de la ciudad universitaria, propiedad de la Universidad Nacional del Altiplano, se encuentra en el sector noreste de la ciudad de Puno, entre los barrios Llavini, San José y Alto San José, conocido anteriormente como "Fundo Valderrama". El proyecto tiene como objetivo no solo la construcción del edificio, sino también la incorporación de elementos que fortalezcan la estructura, mejore la seguridad y optimicen la funcionalidad del mismo conjunto del comedor universitario. Así mismo el proyecto está emplazado entre el pabellón de ciencias de la comunicación (pabellón N°11) y la infraestructura nueva de la facultad de Economía y construcción reciente de la escuela profesional de comunicación.

Figura 20

Ubicación del comedor universitario



Nota: En la imagen se muestra la ubicación del comedor universitario

3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó durante el periodo del 2022 y parte del 2023, tuvo una duración de aproximadamente 8 meses, si bien es cierto que el estudio es netamente trabajo de gabinete, sin embargo, se tiene que mencionar que la bibliografía del tema es escasa de modo gratuito y la mayor información está en inglés, además de que en la región de Puno existen pocos entendidos en el tema, por ello se tuvo que recurrir a especialistas internacionales vía internet, claro que el costo de la consulta era en dólares, esto permitió finalmente el entendimiento del tema y de la norma NFPA.



3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO

El material utilizado, principalmente fue de dos fuentes, primeramente, los planos y detalles de la estructura y distribución arquitectónica fue obtenido de las oficinas de estudios y proyectos de la Universidad Nacional del Altiplano. Al mismo tiempo la normativa específica utilizada en este estudio, los códigos de la NFPA, fueron obtenido de la Página Principal, cabe mencionar que solo las penúltimas ediciones se encuentran en español o las que ya llevan bastante tiempo en vigencia.

El material auxiliar para el entendimiento y la aplicación de la norma y los cálculos, fue procedente de varios lugares. En la obtención de la información se puede sugerir a futuros tesis, ubicar al ingeniero Luis Ybirma, quien forma parte del Instituto latinoamericano de formación en incendio y seguridad, quien me abrió las puertas al mejor entendimiento de las normas además de sugerirme a otros profesionales entendidos en el tema, que realizan foros de discusión y consulta.

3.4. POBLACION Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.4.1. Población

La población de estudio, viene a ser, las instalaciones del comedor universitario.

3.4.2. Muestra

Siendo que se evaluó todos los ambientes del comedor universitario, la muestra vendría a ser la misma que la Población.



3.5. PROCEDIMIENTO

3.5.1. Determinar la clasificación de ocupación de los ambientes

La norma NFPA 13 establece cinco posibles clasificaciones del riesgo de ocupación según lo visto anteriormente: Riesgo Leve o ligero, Riesgo Ordinario (grupos 1 y 2) y Riesgo Extraordinario (grupos 1 y 2).

3.5.2. Seleccionar el tamaño del área de operación de rociadores (Área de diseño).

Esta es el área en la que se espera que los rociadores se activen para descargar agua en caso de incendio, mientras que el resto de los rociadores permanecerán cerrados. El área de diseño es la que presenta la mayor demanda hidráulica.

3.5.3. Determinar la densidad de diseño requerida.

La densidad de diseño requerida es la cantidad mínima de agua que debe ser descargada por cada rociador, expresada en gpm/ft^2 de área de piso. Esta densidad de diseño se determina según la clase de riesgo y el área de operación, de acuerdo con las gráficas de Área/Densidad de la norma NFPA 13.

3.5.4. Determinar el área de cobertura de los rociadores.

El área de cobertura que tendrán los rociadores son calculados, conociendo la distancia entre rociadores y la distancia entre ramales. Se aplica la siguiente fórmula:

$$A_r = S * L \quad (1)$$

Donde:



A_r : Área protegida por cada rociador.

S : Distancia entre rociadores.

L : Distancia entre ramales.

3.5.5. Determinar el número de rociadores contenidos en el área de diseño.

Para el número de rociadores, se obtiene de dividir el área diseño entre el área de cobertura de un rociador.

$$N_r = \frac{A_d}{A_r} \quad (2)$$

Donde:

N_r : Numero de rociadores

A_d : Área de Diseño.

A_r : Área Protegida por cada rociador.

3.5.6. Establecer el perfil del área de diseño.

Es indispensable determinar el perfil y la ubicación del área de diseño. La Norma NFPA 13 indica que sea de manera rectangular, paralelo a los ramales, con un lado de al menos 1.2 veces la raíz cuadrada del área de diseño. Así, el lado más largo del área de diseño se calcula como sigue.

$$W = 1.2 * \sqrt{A_d} \quad (3)$$

El resultado obtenido es dividido por la distancia entre rociadores, que nos servirá para obtener cuantos rociadores se incluyen en el mismo.

3.5.7. Establecer el método de diseño hidráulico que se planteara para la red de distribución.

Para este objetivo es necesario tomar en cuenta varios factores que nos permitirán tomar una buena decisión. En principio vamos a elegir la configuración de la red de distribución, este puede ser tipo árbol, bucle y en malla, dependiendo de ello se organizarán los rociadores, el método de cálculo podrá ser manual, con alguna herramienta de cálculo o algún software de modelamiento. Establecido este ítem, puede continuar con los siguientes puntos.

3.5.8. Marcar los puntos de referencia.

En el plano del sistema, identifica los rociadores dentro del área de diseño utilizando números, y marca las intersecciones, cambios de elevación y variaciones de diámetro con letras. Estos elementos son conocidos como nodos de cálculo.

3.5.9. Calcular el caudal mínimo requerido en el primer rociador.

El cálculo debe comenzar en el rociador más distante, identificado con el número 1. El caudal mínimo que debe suministrar este rociador se determina multiplicando la densidad de flujo D_d por el área de cobertura del rociador A_r .

$$q = D_d * A_r \quad (4)$$

Donde:

q : Caudal mínimo en el primer rociador

D_d : Densidad de diseño.

A_r : Área Protegida por cada rociador.

3.5.10. Calcular la presión mínima requerida en el primer rociador.

Se debe utilizar en este caso la fórmula para flujo en orificios para el rociador número 1, mediante la siguiente expresión:

$$P = \left(\frac{q}{k}\right)^2 \quad (5)$$

Donde:

P : Presión mínima requerida por el rociador

q : Caudal por rociador

k : Coeficiente de descarga del rociador.

3.5.11. Calcular la pérdida de presión entre el primer y segundo rociador.

Se puede utilizar la fórmula de Hazen-Williams para calcular las pérdidas por fricción entre rociadores, aunque lo más común es obtener el factor de fricción de tablas o gráficos disponibles. El factor obtenido se multiplica por la longitud del tubo entre los rociadores.

3.5.12. Obtener la presión en el segundo rociador.

La pérdida por fricción entre rociadores se suma a la presión requerida en el primer rociador, lo que permite determinar la presión necesaria en el segundo rociador.

Calculo del caudal en el segundo rociador.

El caudal del segundo rociador se determina mediante la siguiente ecuación:

$$q = k\sqrt{P} \quad (6)$$



Donde:

P : Presión mínima requerida por el rociador

q : Caudal por rociador

k : Coeficiente de descarga del rociador.

3.5.13. Repetir los dos pasos anteriores para los rociadores sucesivos.

Conociendo el caudal que fluirá a través del tubo entre el segundo y el tercer rociador, se puede calcular la pérdida por fricción entre ambos. Esta pérdida se suma a la presión requerida en el segundo rociador para determinar la demanda de presión en el tercer rociador. Esta presión se utiliza para calcular el caudal del tercer rociador, siguiendo el mismo procedimiento descrito en los pasos anteriores. Este proceso se repite hasta que se calculen todos los rociadores en el primer ramal.

3.5.14. Calcular la pérdida de presión entre el último rociador del ramal y tubo alimentador

Se debe incluir el accesorio de conexión. El diámetro de dicho accesorio se define según el diámetro del ramal al que está conectado. La longitud equivalente se puede consultar en tablas y monogramas disponibles. Al añadir esta pérdida de presión a la presión necesaria en el último rociador del ramal, se calcula la presión en la intersección.

3.5.15. Balance de presiones por ramales opuestos.

Cuando el área de diseño pasa al lado opuesto del tubo alimentador, se vuelve a realizar los pasos de las ecuaciones (5) y (6) para ese lado. Se debe balancearse en la intersección de los ramales a la presión más alta.

En estos casos, se generan dos demandas de presión y caudal en el punto de conexión de los ramales. Como no puede haber dos presiones simultáneamente, se debe utilizar la presión más alta utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_{aj} = Q_b * \sqrt{\frac{P_a}{P_b}} \quad (7)$$

Donde:

Q_{aj} : Caudal Ajustado

Q_b : Caudal calculado en el ramal de presión más baja

P_a : Presión más alta.

P_b : Presión más baja.

El caudal ajustado se añade al obtenido para el ramal de mayor presión y se obtiene al caudal que llega a la conexión.

Cálculo del “factor k” para el accesorio en la intersección de los ramales con el colector.

Con la presión y el caudal en el punto de intersección se puede determinar un factor k, tal como sigue.

$$k = \frac{q}{\sqrt{P}} \quad (8)$$

Donde:

k : Coeficiente de descarga del rociador.

P : Presión mínima requerida por el rociador

q : Caudal por rociador



El factor K es igual a las intersecciones siguientes en el área de diseño que sean similares, si hay alguna intersección diferente se debe determinar otro factor K.

3.5.16. Repetir pasos cálculos anteriores

Se debe repetir los pasos anteriores para calcular los ramales similares, considerando todo el ramal como si fuera un rociador.

El caudal de la primera intersección se utiliza para calcular la pérdida por fricción entre esta y la segunda intersección. Esta pérdida se suma a la presión necesaria en la primera intersección para determinar la presión demandada en la segunda. Con esta presión y el factor k obtenido en el paso anterior, se puede calcular el caudal requerido en la segunda intersección utilizando la ecuación (8).

3.5.17. Computar las pérdidas de fricción hasta el punto de suministro

Se deben considerar las compensaciones por cambios de elevación, válvulas, accesorios, variaciones de diámetro y diferencias en los materiales de las tuberías, si las hay.

No se añade ningún caudal adicional después de calcular todos los ramales en el área de diseño. El cálculo restante se enfoca en las pérdidas por fricción hasta el punto de suministro, incluyendo las pérdidas en válvulas y accesorios. También es importante tener en cuenta cualquier cambio de diámetro y material en las tuberías.

Además, se debe considerar la diferencia de altura entre el rociador más alto y el punto de suministro para sumar la presión por elevación a la presión demandada y así obtener la presión total.

$$P_e = 0.433 * h$$



Donde:

P_e : Presión por elevación (psi).

h : Diferencia de altura (pies).

Incluir el caudal para mangueras (si se requiere).

Se debe adicionalmente debe sumar un caudal para requerimientos de mangueras interiores y exteriores (em caso que existan las conexiones); el valor dependerá de la clase de riesgo protegido, de acuerdo con NFPA 13.

La demanda de las mangueras internas debe incorporarse a los cálculos en el punto donde la conexión se ramifica hacia la red de tuberías del sistema de rociadores dentro del edificio. Si hay conexiones externas, la demanda debe sumarse en la más cercana al montante del sistema.

3.5.18. Determinar el tipo de configuración que tendrá el cuarto de bombas.

Para ello se debe tener en consideración las condiciones de servicio que requiere la edificación, las dimensiones del cuarto de bombas, la ubicación, los elementos como del cuarto de bombas, la posición de la cisterna de agua, entre otros.

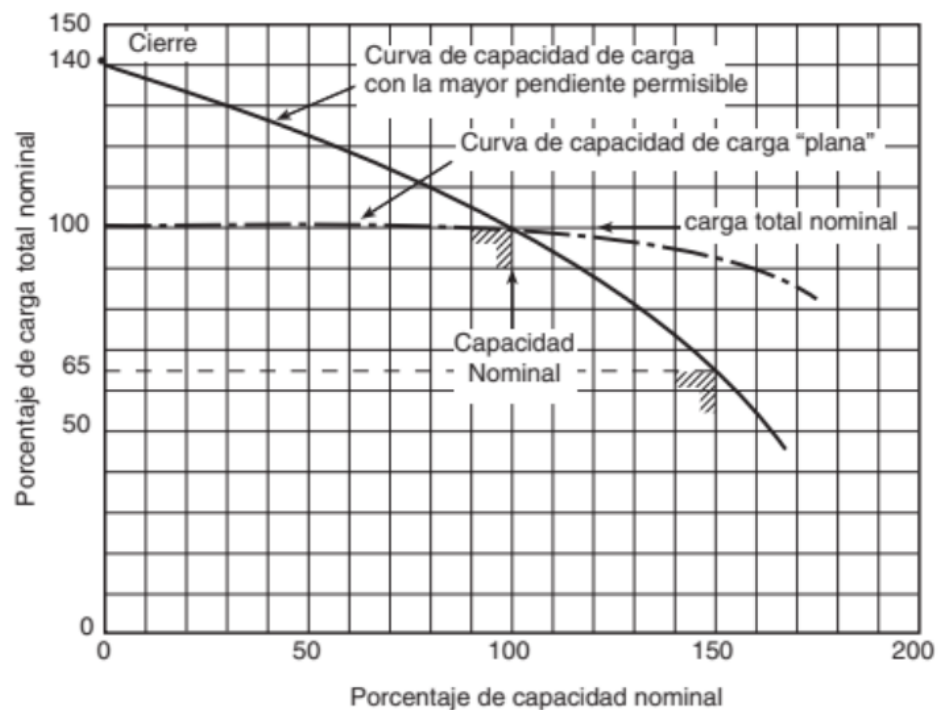
3.5.18.1. Seleccionar la bomba principal para el sistema.

El último paso del proceso de cálculo es seleccionar la bomba para el sistema de rociadores. Con la demanda de caudal y presión obtenida en los pasos anteriores, se elige la bomba adecuada, aplicando criterio experto y buenas prácticas, y asegurando que el caudal nominal cumpla con lo estipulado en la norma NFPA 20.

Los requerimientos que la NFPA 20 (2019), indica en los numerales 6.2.1. y 6.2.2. que la bomba debe proporcionar por lo menos el 150% del caudal nominal a no menos del 65% de su presión nominal, por otro lado, a condiciones de caudal cero no deberán exceder del 140% de su presión nominal.

Figura 21

Curva característica de la bomba según NFPA



Fuente: NFPA 20, 2019

3.5.18.2. Bomba jockey

La bomba Jockey es utilizada para mantener la presión en el sistema contra incendio con límites preestablecidos cuando no fluye agua. Su principal función es mantener presurizada de manera uniforme el sistema contra incendio.



El anexo explicativo de la NFPA 20 indica que la bomba Jockey debe emplearse en situaciones donde se busca mantener una presión uniforme o relativamente más alta. Además, la capacidad de la bomba debe diseñarse para reponer el rango de goteo permisible en un plazo de 10 minutos o a 1 gpm, según lo que sea mayor.

3.6. VARIABLES

3.6.1. Variable independiente.

Norma NFPA

3.6.2. Variable dependiente.

Sistema Contra Incendio.

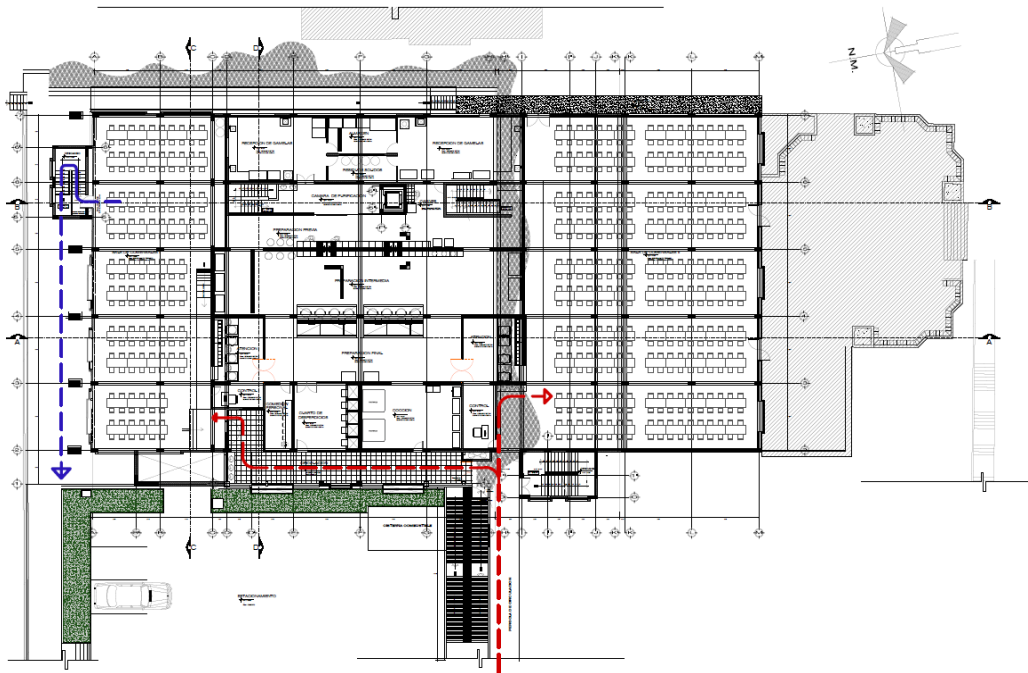
3.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.7.1. Diseño del sistema de agua contra incendio.

3.7.1.1. Descripción general del proyecto

Figura 22

Distribución en planta del comedor universitario



Nota: En la imagen se muestra el segundo nivel del comedor universitario

3.7.1.2. Presentación de ambientes

El proyecto del comedor universitario cuenta con diferente tipo de ambientes, así como, ambientes administrativos, de limpieza, ingresos, pasadizos, área de montacarga, laboratorios, almacenes, cocina etcétera, los cuales se presentan a continuación:

Primer nivel

Área Construida 1300.27 M²

04 almacenes.



Depósito de repuestos

Ss. hh. y duchas del personal

Vestidores

Ss. hh. Damas

Ss. hh. Varones

Laboratorio de pruebas

Cuarto de residuos

Calderos

Montacargas

Área de descarga

Recepción de almacenes

Control de salida de almacenes

Circulación.

Escalera de evacuación.

Segundo nivel

Área Construida 1991.96 M2

Galería de distribución

Atención

Control



Sala de comensales I

Sala de comensales II

Cámara de purificación

Preparación previa

Preparación Intermedia

Preparación final

Cocción

Comedor personal

Cuarto de desperdicios

Recepción de Gemelas

Almacén

Residuos sólidos

Segundo nivel bloque nuevo Área Construida 368.88 M2

Área administrativa

Hall de distribución principal

Unidad de servicio social

Oficina de casos sociales

Deposito



Unidad de recreación y deportes

Secretaria

Consultorio Nutricional

Oficina de Nutrición

Jefatura de bienestar universitario

Área de nutrición

Jefatura de comedor

Oficina de residencias

Depósito de Limpieza

S.H.

Área de intervención exterior Área Construida 121.90 M2

Vereda

Jardinera

3.7.1.3. Criterios a tomar en cuenta.

Como se mostró anteriormente el comedor universitario cuenta con una gran variedad de ambientes, por lo cual es necesario analizar cada uno de ellos para ubicar los más vulnerables o críticos para el diseño. Siguiendo los pasos de la metodología para el diseño de sistema contra incendio, el primer paso es determinar la clasificación de ocupación de cada ambiente, el cual nos permitirá identificar el nivel de protección, así como el



requerimiento hidráulico en la zona analizada, en pocas palabras se determinará el nivel de riesgo que tiene cada ambiente respecto a iniciarse y propagarse un incendio.

Por otro lado, la disposición que existe en los ambientes y su distribución, nos permitirá elegir el método de análisis, en este caso utilizaremos dos métodos de cálculo, el cuarto de diseño y el método de Densidad/Área. El primero para el primer y tercer nivel y el método Densidad/Área para el segundo nivel.

El tipo de ensamblado será del tipo árbol, las condiciones de la edificación en cuanto a compartimentación, altura y ubicación del cuarto de bombas entre otros sugirió la utilización de esta configuración. El ensamblaje nos permitirá una mejor comprensión en los cálculos hidráulicos, además que permite que el cálculo pueda realizarse sin la necesidad de un software.

Al mismo tiempo, se debe tomar otras consideraciones para el diseño, como es la altura de los ambientes, esto es debido a que los rociadores tienen un área de acción, el cual es importante, pues nos muestra el rango de protección de este, sin embargo, este puede variar con la altura; el otro hecho y el más importante, es cuando los ambientes son muy altos por lo que los rociadores pueden quedar muy por encima, esto puede ocasionar que durante un incendio este no se active.

3.7.1.4. Clasificación del riesgo de ocupación.

A continuación, se clasificará los ambientes del comedor universitario según la NFPA.

Tabla 5*Clasificación de riesgo de ocupación por ambiente del primer nivel*

Primer nivel			
Ambiente	Riesgo de ocupación	Ambiente	Riesgo de ocupación
Almacenes.	ORDINARIO (GRUPO 2- OH2)	Calderos	LEVE
Depósito de repuestos	ORDINARIO (GRUPO 1- OH1)	Montacargas	LEVE
Ss. hh. y duchas del personal	LEVE	Área de descarga	LEVE
Vestidores	LEVE	Recepción de almacenes	LEVE
Ss. hh. Damas	LEVE	Control de salida de almacenes	LEVE
Ss. hh. Varones	LEVE	Circulación.	LEVE
Laboratorio de pruebas	LEVE	Escalera de evacuación.	LEVE
Cuarto de residuos	ORDINARIO (GRUPO 1- OH1)		

Nota: La tabla muestra el análisis de clasificación del riesgo de ocupación de ambientes del primer nivel

Tabla 6*Clasificación de riesgo de ocupación por ambiente del segundo nivel*

Segundo Nivel			
Ambiente	Riesgo de ocupación	Ambiente	Riesgo de ocupación
Galería de distribución	LEVE	Calderos	LEVE
Atención	LEVE	Montacargas	LEVE
Control	LEVE	Área de descarga	LEVE
Sala de comensales I	LEVE	Recepción de almacenes	LEVE
Sala de comensales II	LEVE	Control de salida de almacenes	LEVE
Cámara de purificación	LEVE	Circulación.	LEVE
Preparación previa	LEVE	Escalera de evacuación.	LEVE
Galería de distribución	LEVE		

Nota: La tabla muestra el análisis de clasificación del riesgo de ocupación de ambientes del segundo nivel

Tabla 7*Clasificación de riesgo de ocupación por ambiente del tercer nivel*

Tercer nivel			
Ambiente	Riesgo de ocupación	Ambiente	Riesgo de ocupación
Área administrativa	LEVE	Oficina de nutrición	LEVE
Hall de distribución Principal	LEVE	Jefatura de bienestar universitario	LEVE
Unidad de Servicio Social	LEVE	Área de nutrición	LEVE
Oficina de casos sociales	LEVE	Jefatura de comedor	LEVE
Deposito	LEVE	Oficina de residencias	LEVE
Unidad de recreación y deportes.	LEVE	Depósito de Limpieza	LEVE
Secretaria	LEVE	Servicio Higiénico	LEVE
Consultorio nutricional	LEVE		

Nota: La tabla muestra el análisis de clasificación del riesgo de ocupación de ambientes del tercer nivel

La clasificación de ocupación para los ambientes son tres tipos de clasificación: LEVE, ORDINARIO (GRUPO 2- OH2), ORDINARIO (GRUPO 1- OH1), esto de acuerdo a la norma, que nos indica lo siguiente.

Para el riesgo LEVE: Contamos con ocupaciones o secciones de otras ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los materiales es baja, y se prevén incendios con índices bajos de liberación de calor.

Para el riesgo ORDINARIO GRUPO 01: Ocupaciones o secciones de otras ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustible es moderada, las pilas de almacenamiento no superan los 8 pies (2.4 m), y se prevén incendios con un índice moderado de liberación de calor.

Para el riesgo ORDINARIO GRUPO 02: Ocupaciones o secciones de otras ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los materiales es de moderada a alta. Las pilas de almacenamiento con un índice de



liberación de calor moderado no deben superar los 12 pies (3.66 m), mientras que las pilas con un índice de liberación de calor elevado no deben exceder los 8 pies (2.4 m).

Es necesario hacer un paréntesis en la clasificación de los Almacenes, en nuestro caso, los almacenes del comedor universitario guardan alimentos de toda clase, es por ello que es difícil determinar una uniformidad de la combustibilidad de su contenido, por lo que la NFPA utiliza el termino ALAMACEN MISCELANEO, para aquel almacén que guarda diferente tipo de productos bajo ciertas condiciones. Para almacenamiento misceláneo se debe considerar que, el almacenamiento en pila no sea mayor a 93 m² y el área total de almacenamiento no sea mayor al 10% del área del edificio o 370 m² del área de rociadores, lo que sea mayor.

3.7.1.5. Procedimiento para el diseño hidráulico

Para este apartado es necesario tomar en consideración que lógicamente las zonas hidráulicas más demandantes suelen ser los sectores más alejados y de mayor altitud respecto al almacenamiento de agua, sin embargo, para el cálculo de rociadores tenemos que tomar en consideración un aspecto más, que es el número de rociadores y el caudal que necesitan para un óptimo funcionamiento, Siendo que la utilización del tipo de rociador influirá notablemente en los requerimientos hidráulicos.

Por lo anterior, en este caso se tomó en consideración 3 zonas para el cálculo hidráulico, el Almacén II del primer nivel, debido a los



requerimientos del rociador; segundo nivel, la Sala de comensales I, debido al área de rociadores y tercero, La unidad del Servicio Social del tercer nivel, debido a la altura de este respecto a los demás, de acuerdo a estos criterios, cualquiera de estas tres zonas puede ser la zona más crítica hidráulicamente hablando.

3.7.1.6. Cálculo de la zona hidráulica más demandante – primer nivel

Para el primer nivel se diseñará por el método del cuarto de diseño, se tomará el ambiente de Almacén II, siendo este de clasificación Ordinario II, en consecuencia, los rociadores tienen un requerimiento hidráulico más alto respecto a los demás ambientes del primer nivel y también por ser el más grande de los almacenes.

La clasificación se da de acuerdo a la tabla 8, la cual se muestra a continuación, donde como dato tenemos que la clasificación de nuestra mercancía será Clase II (Productos alimenticios congelados y no congelados), el tipo de almacenamiento será en apilamientos compactos y la altura de almacenamiento es de 3.0 a 3.7 metros el cual nos da una clasificación OH2.

Tabla 8

Criterios de descarga para el almacenamiento misceláneo

Mercancía	Tipo de Almacenamiento	Altura de almacenamiento		Altura máxima de cielo raso		Curva de diseño Figura 19..3.3.1.1	Manguera Interior		Total, combinado de manguera interior y exterior		Duración en minutos
		pie	m	pie	m		gpm	L/min	gpm	L/min	
Clase I	En apilamientos compactos, en pales, en gavetas, en estantes, en estanterías de hilera única, doble o múltiple y almacenamiento de estantes espalda con espalda	≤ 12	≤ 3.7	-	-	OH1	0,50,100	0,190,380	250	950	90
		≤ 10	≤ 3.0	-	-	OH1	0,50,100	0,190,380	250	950	90
		> 10 a ≤ 12	> 3.0 a ≤ 3.7	-	-	OH2	0,50,100	0,190,380	250	950	90
		≤ 12	≤ 3.7	-	-	OH2	0,50,100	0,190,380	250	950	90
		≤ 10	≤ 3.0	-	-	OH2	0,50,100	0,190,380	250	950	90
Clase II	En palés, en gavetas, en estantes y apilamientos compactos	> 10 a ≤ 12	> 3.0 a ≤ 3.7	32	10	OH2	0,50,100	0,190,380	250	950	90
		> 10 a ≤ 12	> 3.0 a ≤ 3.7	32	10	EH1	0,50,100	0,190,380	500	1900	120
Clase III	En estanterías de hilera única, doble o múltiple y almacenamiento de estantes espalda con espalda	> 10 a ≤ 12	> 3.0 a ≤ 3.7	32	10	Ver Capítulo 25	0,50,100	0,190,380	250	950	90
		> 10 a ≤ 12	> 3.0 a ≤ 3.7	32	10	Ver Capítulo 25	0,50,100	0,190,380	250	950	90
Clase IV	En estanterías de hilera única, doble o múltiple	> 10 a ≤ 12	> 3.0 a ≤ 3.7	32	10	Ver Capítulo 25	0,50,100	0,190,380	250	950	90
		> 10 a ≤ 12	> 3.0 a ≤ 3.7	32	10	Ver Capítulo 25	0,50,100	0,190,380	250	950	90

- Selección del tamaño del Área de diseño.

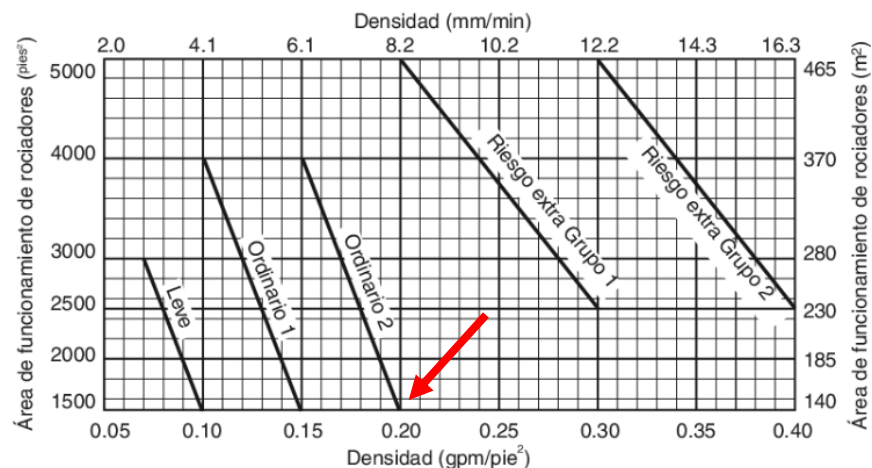
Para el primer nivel, donde se realizará el método de cuarto de diseño, el área a utilizar será del ambiente más crítico, en este caso el “Almacén II” el cual cuenta con $76 m^2$ ($818.06 pies^2$). Se considerará el caso de almacenamiento misceláneo, explicado en anteriormente. El mínimo área de diseño en la tabla es de $1500 pies^2$, la norma indica que, en caso de tener un área menor al mínimo indicado, se utilizara el valor mínimo de las gráficas.

- Determinar la densidad de diseño requerida.

Utilizando la tabla de la NFPA (2019) 19.3.3.1.1. “Curvas de densidad/área, tenemos las siguientes densidades para cada área de diseño.

Figura 23

Determinación de la densidad de caudal del área de diseño



Nota: En la imagen se aprecia la densidad del primer nivel

Según la figura tenemos que, para el primer nivel, Almacén II, Ordinario II, con un área de diseño de $1500 pies^2$ ($139.35 m^2$), la densidad de diseño es $0.2 gpm/pie^2$



- Determinar el área de cobertura de los rociadores.

Para almacenes en el primer nivel se utilizará rociadores pulverizadores, según la norma el área de protección máxima para riesgo ordinario será de $12 m^2$ se utilizarán las distancias de 3.5 m entre ramales y 3 m entre rociadores, siendo el área de cobertura del rociador igual a $10.5 m^2$.

- Determinar el número de rociadores contenidos en el área de diseño.

En el primer nivel, el cálculo se realizará en base al cuarto de diseño, el número de rociadores se obtendrá realizando la división del área del ambiente, entre el área de cobertura del rociador.

$$N_r = \frac{76m^2}{10.5m^2}$$

$$N_r = 7.24 \cong 8 \text{ rociadores}$$

- Calcular el caudal mínimo requerido en el primer rociador.

Primer Nivel, el área de cobertura es de $11.7 m^2$ (125.94 pies^2)

$$q = 125.94 \text{ pies}^2 * 0.2 \text{ gpm/pies}^2$$

$$q = 25.19. \text{ gpm}$$

- Calcular la presión mínima requerida en el primer rociador.

En el primer nivel en el área de almacenamiento. Para calcular la presión mínima en el primer rociador, utilizaremos la ecuación (5), para esto utilizaremos un rociador automático pulverizador de respuesta estándar con un factor de $k = 8$.



$$P_1 = \left(\frac{25.19 \text{ gpm}}{8} \right)^2$$

$$P_1 = 9.91 \text{ psi}$$

- Calcular la presiones y caudales en el sistema

Presión en el nodo 02. Utilizando la fórmula de Hazen-William obtendremos el factor de fricción que después se multiplicara por la longitud de la tubería y en cuanto accesorios por longitudes equivalentes.

$$P_1 = 9.91$$

Tramo 01-02. longitud de tubería 3.9 m (12.80 pies)

$$h_f = 4.52 * \frac{(25.19)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.049^{4.87}}$$

$$h_f = 0.199 \text{ psi/pie}$$

$$P_f = 0.199 * (12.80 + 2) = 2.95 \text{ psi}$$

$$P_2 = P_1 + P_f = 9.91 + 2.95 = 12.86 \text{ psi}$$

Caudal en el rociador 02.

$$Q_{02} = 8 * \sqrt{12.86} = 28.69 \text{ gpm}$$

Tramo 02-A Longitud de tubería 1.14 m (3.74 pies). Accesorios 1 T de 1".

$$Q_{02-A} = Q_{01-02} + Q_{02} = 25.19 + 28.69 = 53.88 \text{ gpm}$$

$$h_f = 4.52 * \frac{(53.88)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.049^{4.87}} = 0.814 \text{ psi/pies}$$



Nota. A la longitud del tubo a que añadirle la longitud equivalente de un accesorio en este caso se considerara una “T”, el diámetro del accesorio lo determina el diámetro del ramal.

Entonces para la “T” de 1” su longitud equivalente es de 5 pies, por lo tanto

$$P_f = (3.74 + 5) * 0.814 = 7.11 \text{ psi}$$

$$P_A = P_2 + P_f = 12.86 + 7.11 = 19.97 \text{ psi}$$

Para la intersección A, se asume como un rociador de descarga por ello en base a la presión y al caudal hallaremos su factor “K”. para posterior a ello utilizar este factor para los demás ramales.

$$K = \frac{Q_{02-A}}{\sqrt{P_A}}$$

$$K_r = \frac{53.88}{\sqrt{19.97}} = 12.06$$

Tramo A-B. Longitud de tubería 3.00 m (9.84 pies), Accesorio Codo de 1½”

$$h_f = 4.52 * \frac{(53.88)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.61^{4.87}} = 0.101 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (9.84 + 4) * 0.101 = 1.4 \text{ psi}$$

$$P_B = P_A + P_f = 19.97 + 1.4 = 21.37 \text{ psi}$$

Tramo B-C. Longitud de tubería 3.00 m (9.84 pies)

Caudal en el tramo



$$Q_{B-C} = Q_A + Q_{3-B}$$

$$Q_{03-B} = K_r \sqrt{P_B} = 12.06 * \sqrt{21.37} = 55.75 \text{ gpm}$$

$$Q_{B-C} = 53.88 + 55.75 = 109.63 \text{ gpm}$$

Presión en C

$$h_f = 4.52 * \frac{(109.63)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.61^{4.87}} = 0.376 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (9.84 + 8) * 0.376 = 6.71 \text{ psi}$$

$$P_C = P_B + P_f = 21.37 + 6.71 = 28.08 \text{ psi}$$

Tramo C-D Longitud de tubería 3.00 m (9.84 pies)

Caudal en el tramo

$$Q_{C-D} = Q_{B-C} + Q_{05-C}$$

$$Q_{5-C} = K_r \sqrt{P_C} = 12.06 * \sqrt{28.08} = 63.91 \text{ gpm}$$

$$Q_{C-D} = 109.63 + 63.91 = 173.54 \text{ gpm}$$

Presión en D

$$h_f = 4.52 * \frac{(173.54)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.61^{4.87}} = 0.88 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (9.84 + 8) * 0.88 = 15.7 \text{ psi}$$

$$P_D = P_C + P_f = 28.08 + 15.7 = 43.78 \text{ psi}$$

Tramo D-E Longitud de tubería 6.17 m (20.24 pies)



Caudal en el tramo

$$Q_{D-E} = Q_{C-D} + Q_{07-D}$$

$$Q_{7-D} = K_r \sqrt{P_D} = 12.06 * \sqrt{43.78} = 79.8 \text{ gpm}$$

$$Q_{C-D} = 173.54 + 79.8 = 253.34 \text{ gpm}$$

Presión en E

$$h_f = 4.52 * \frac{(253.34)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.61^{4.87}} = 1.771 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (20.24 + 8 + 4) * 1.771 = 57.1 \text{ psi}$$

$$P_E = P_D + P_f = 43.78 + 57.1 = 100.88 \text{ psi}$$

Tramo E-F Longitud de tubería 53.15 m (174.38 pies)

$$h_f = 4.52 * \frac{(253.34)^{1.85}}{120^{1.85} * 3.068^{4.87}} = 0.077 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (174.38 + 7 * 7) * 0.077 = 17.2 \text{ psi}$$

Variación de nivel $z = 4.07 \text{ m} \rightarrow 13.353 \text{ pies}$

Entonces tenemos 13.353 pies de columna de agua, transformando

a psi

$$z = 5.79 \text{ psi}$$

$$P_F = P_E + P_f - z = 100.88 + 17.2 - 5.79 = 112.29 \text{ psi}$$

Tramo F-G Longitud de tubería 8.10 m (26.57 pies)



$$h_f = 4.52 * \frac{(253.34)^{1.85}}{120^{1.85} * 3.068^{4.87}} = 0.077 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (26.57 + 4 * 7 + 10 * 1 + 16 * 1) * 0.077 = 6.2 \text{ psi}$$

$$P_G = P_F + P_f + z = 112.29 + 6.2 + 3.13 = 121.62 \text{ psi}$$

3.7.1.7. Cálculo de la zona hidráulica más demandante – segundo nivel

Para el segundo Nivel se diseñará por el método de Densidad/Área, tomando como zona más crítica el ambiente de Sala de comensales I.

- Selección del tamaño del Área de diseño

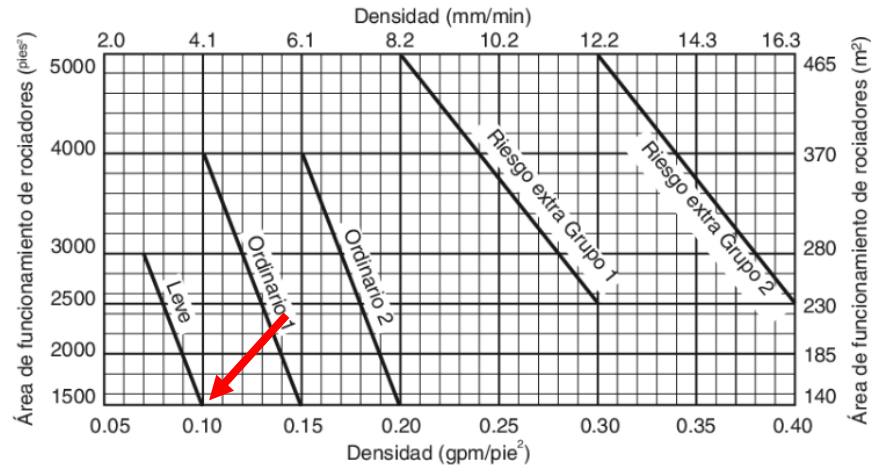
Para el segundo nivel se utilizará un área de 1500 *pies*², utilizados en la Sala de Comensales I

- Determinar la densidad de diseño requerida.

Utilizando la tabla de la NFPA (2019) 19.3.3.1.1. “Curvas de densidad/área, tenemos las siguientes densidades para el área de diseño.

Figura 24

Determinación de la densidad de caudal del área de diseño - segundo nivel



Nota: En la imagen se aprecia la densidad del segundo nivel

Para el segundo nivel teniendo una ocupación de riesgo leve y un área de diseño de 1500 pies^2 la densidad de diseño es 0.1 gpm/pie^2

- Determinar el área de cobertura de los rociadores.

Para la zona crítica en el segundo nivel, se utilizarán rociadores pulverizadores estándar para riesgo ligero, donde su área de protección máxima es de 20 m^2 , se utilizarán las distancias de 4.5 m en ambos casos.

- Determinar el número de rociadores contenidos en el área de diseño.

En el caso del segundo nivel el área de diseño es de $1500 \text{ pies}^2 (139.35 \text{ m}^2)$

$$N_r = \frac{139.35 \text{ m}^2}{20.25 \text{ m}^2}$$

$$N_r = 6.88 \cong 7 \text{ rociadores}$$



- Establecer el perfil del área de diseño.

En este caso se realizará solo para el segundo nivel, puesto que este paso solo aplica en el método de densidad/área.

$$w = 1.2\sqrt{1500\text{pies}^2}$$

$$w = 46.48 \text{ pies}$$

$$N_{rl} = \frac{46.48 \text{ pies}}{14.76 \text{ pies}}$$

$$N_{rl} = 3.15 \cong 3 \text{ rociadores}$$

Segundo nivel, el área de cobertura es de 20.25 m^2 (218 pies^2)

$$q = 218 \text{ pies}^2 * 0.1 \text{ gpm/pies}^2$$

$$q = 21.8 \text{ gpm}$$

- Calcular la presión mínima requerida en el primer rociador.

En el segundo nivel en la Sala de Comensales I. Para calcular la presión mínima en el primer rociador utilizaremos la ecuación (5), para esto utilizaremos un rociador automático pulverizador de respuesta estándar con un factor de $k = 5.6$.

$$P_1 = \left(\frac{21.8 \text{ gpm}}{5.6} \right)^2$$

$$P_1 = 15.15 \text{ psi}$$



- Calcular la presiones y caudales en el sistema

Utilizando la fórmula de Hazen-William obtendremos el factor de fricción que después se multiplicara por la longitud de la tubería y en cuanto accesorios por longitudes equivalentes.

$$P_1 = 15.15 \text{ psi}$$

Tramo 01-02. longitud de tubería 4.5 m (14.76 pies), no hay accesorios en el tramo:

$$h_f = 4.52 * \frac{(21.8)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.049^{4.87}}$$

$$h_f = 0.153 \text{ psi/pie}$$

$$P_f = 0.153 * (14.76 + 2) = 2.56 \text{ psi}$$

$$P_{02} = P_{01} + P_f = 15.15 + 2.56 = 17.71 \text{ psi}$$

Caudal en el rociador 02.

$$Q_{02} = 5.6 * \sqrt{17.71} = 23.57 \text{ gpm}$$

Tramo 02-03 Longitud de tubería 4.5 m (14.76 pies).

$$Q_{02-03} = Q_{02-01} + Q_{02} = 21.8 + 23.57 = 45.37 \text{ gpm}$$

$$h_f = 4.52 * \frac{(45.37)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.049^{4.87}} = 0.592 \text{ psi/pies}$$

Presión en 03

$$P_f = (14.76 + 5) * 0.592 = 11.70 \text{ psi}$$

$$P_{03} = P_{02} + P_f = 17.71 + 11.70 = 29.41 \text{ psi}$$



Tramo 03-A. Longitud de tubería 1.42 m (4.65 pies)

Caudal en el tramo

$$Q_{03-A} = Q_{02-03} + Q_{03}$$

$$Q_{03-A} = K_r \sqrt{P_3} = 5.6 * \sqrt{29.41} = 30.37 \text{ gpm}$$

$$Q_{03-A} = 45.37 + 30.37 = 75.74 \text{ gpm}$$

Presión en A

$$h_f = 4.52 * \frac{(75.74)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.049^{4.87}} = 1.528 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (4.65 + 5) * 1.528 = 14.75 \text{ psi}$$

$$P_A = P_{03} + P_f = 29.41 + 14.75 = 44.16 \text{ psi}$$

Para la intersección A, se asume como un rociador de descarga por ello en base a la presión y al caudal hallaremos su factor “K”. para posterior a ello utilizar este factor para los demás ramales.

$$K = \frac{Q_{03-A}}{\sqrt{P_A}}$$

$$K_r = \frac{75.74}{\sqrt{44.16}} = 11.4$$

Tramo A-B. Longitud de tubería 4.50 m (14.76 pies)

Caudal en el tramo, es el mismo que el Tramo 03-A

$$Q_{A-B} = 75.74$$



Presión en B

$$h_f = 4.52 * \frac{(75.74)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.61^{4.87}} = 0.19 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (14.76 + 4) * 0.19 = 3.56 \text{ psi}$$

$$P_B = P_A + P_f = 44.16 + 3.56 = 47.72 \text{ psi}$$

Tramo B-C. Longitud de tubería 4.50 m (14.76 pies)

Caudal en el tramo

$$Q_{B-C} = Q_{A-B} + Q_{06-B}$$

$$Q_{B-C} = K_r \sqrt{P_B} = 11.4 * \sqrt{47.72} = 78.75 \text{ gpm}$$

$$Q_{B-C} = 75.74 + 78.75 = 154.49 \text{ gpm}$$

Presión en C

$$h_f = 4.52 * \frac{(154.49)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.61^{4.87}} = 0.709 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (14.76 + 8) * 0.709 = 16.14 \text{ psi}$$

$$P_C = P_B + P_f = 47.72 + 16.14 = 63.86 \text{ psi}$$

Cálculo del ramal C

Utilizando la fórmula de Hazen-William obtendremos el factor de fricción que después se multiplicara por la longitud de la tubería y en cuanto accesorios por longitudes equivalentes.



$$P_1 = 16.14$$

Tramo 07-C. longitud de tubería 1.42 m (4.65 pies), no hay accesorios en el tramo:

$$h_f = 4.52 * \frac{(21.8)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.049^{4.87}}$$

$$h_f = 0.153 \text{ psi/pie}$$

$$P_f = 0.153 * 4.65 = 0.71 \text{ psi}$$

$$P_C = P_{07} + P_f = 16.14 + 0.71 = 16.85 \text{ psi}$$

Factor K del ramal.

$$k = \frac{21.8}{\sqrt{16.85}} = 5.31$$

Q corregido por presión en el ramal

$$Q = 5.31 * \sqrt{63.86} = 42.43$$

Tramo C-D. Longitud de tubería 20.15 m (66.11 pies)

$$Q_{C-D} = Q_{B-C} + Q_C$$

$$Q_{C-D} = 154.49 + 42.43 = 196.92$$

$$h_f = 4.52 * \frac{(196.92)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.61^{4.87}} = 1.111 \text{ psi/pies}$$

Presión en D

$$P_f = (66.11 + 8) * 0.048 = 82.34 \text{ psi}$$



$$P_D = P_C + P_f = 63.86 + 82.34 = 146.2 \text{ psi}$$

Tramo D-E Longitud de tubería 26.80 m (87.93 pies)

Caudal en el tramo

$$Q_{D-E} = Q_{C-D}$$

$$Q_{C-D} = 196.92 \text{ gpm}$$

Presión en E

$$h_f = 4.52 * \frac{(196.92)^{1.85}}{120^{1.85} * 3.068^{4.87}} = 0.048 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (87.93 + 50) * 0.048 = 6.62 \text{ psi}$$

$$P_E = P_D + P_f = 146.2 + 6.62 = 152.82 \text{ psi}$$

Tramo E-F Longitud de tubería 53.15 m (174.38 pies)

$$h_f = 4.52 * \frac{(227.82)^{1.85}}{120^{1.85} * 3.068^{4.87}} = 0.048 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (26.57 + 54) * 0.048 = 3.87 \text{ psi}$$

Variación de nivel $z = 2.20 \text{ m} \rightarrow 7.22 \text{ pies}$

Entonces tenemos 7.22 pies de columna de agua, transformando a
psi

$$z = 3.13 \text{ psi}$$

$$P_F = P_E + P_f - z = 152.82 + 3.87 + 3.13 = 159.82 \text{ psi}$$

3.7.1.8. Cálculo de la zona hidráulica más demandante – Tercer nivel

Para el tercer nivel el cual se trata de oficinas, se realizará el método del cuarto tomando como zona más crítica el ambiente de Unidad de Servicio Social.

- Selección del tamaño del AREA DE DISEÑO.

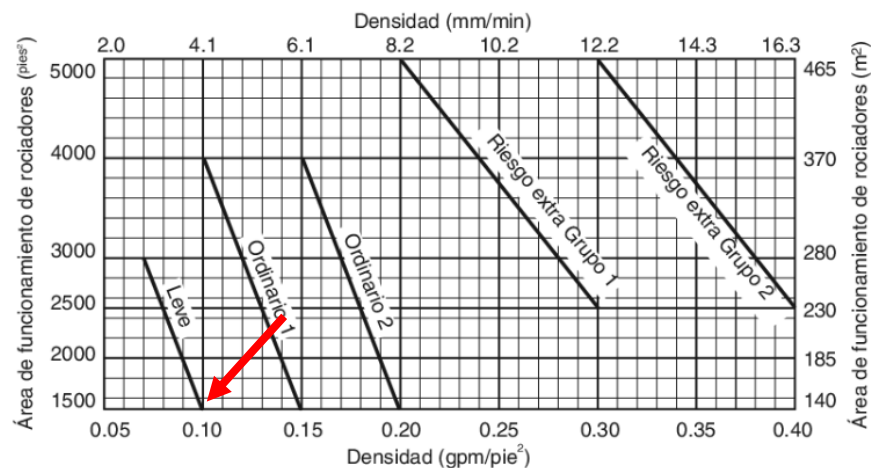
Para el tercer nivel, igual al primero tenemos un área menor al mínimo establecido que es $63.5 m^2$ ($683.5 pies^2$), por lo tanto, se utilizara como área de diseño el valor de $1500 pies^2$

- Determinar la densidad de diseño requerida.

Utilizando la tabla de la NFPA (2019) 19.3.3.1.1. “Curvas de densidad/área, tenemos las siguientes densidades para cada área de diseño.

Figura 25

Determinación de la densidad de caudal del área de diseño - tercer nivel



Nota: En la imagen se aprecia la densidad del tercer nivel

Para el tercer nivel teniendo una ocupación de riesgo leve y un área de diseño de $1500 pies^2$ la densidad de diseño es $0.1 gpm/pie^2$



- Determinar el área de cobertura de los rociadores.

Para la zona crítica en el tercer nivel, se utilizarán rociadores pulverizadores estándar para riesgo ligero, donde su área de protección máxima es de $20 m^2$, sin embargo, por cuestiones de divisiones arquitectónicas se utilizarán las distancias de 4 m entre rociadores y de 3 entre ramales, lo cual dará una cobertura de rociador de $12 m^2$.

- Determinar el número de rociadores

En el caso del tercer nivel debido a que el cálculo se realizará en base al cuarto de diseño, el número de rociadores se obtendrá realizando la división del área del ambiente, entre el área de cobertura del rociador.

$$N_r = \frac{63.5m^2}{12m^2}$$

$$N_r = 5.29 \cong 6 \text{ rociadores}$$

- Calcular el caudal mínimo requerido en el primer rociador.

Tercer nivel, el área de cobertura es de $12 m^2 (129.17 pies^2)$

$$q = 129.17 \text{ pies}^2 * 0.1 \text{ gpm/pies}^2$$

$$q = 12.9 \text{ gpm}$$

- Calcular la presión mínima requerida en el primer rociador.

En el tercer nivel en la Unidad de servicio Social. Para calcular la presión mínima en el primer rociador utilizaremos la ecuación (5), para esto utilizaremos un rociador automático pulverizador de respuesta estándar con un factor de $k = 5.6$.



$$P_1 = \left(\frac{12.9 \text{ gpm}}{5.6} \right)^2$$

$$P_1 = 5.3 \text{ psi}$$

- Cálculo de caudales y presiones en los nodos y tramos.

Tramo 01-02. longitud de tubería 4.00 m (13.12 pies), no hay accesorios en el tramo:

$$h_f = 4.52 * \frac{(12.9)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.049^{4.87}}$$

$$h_f = 0.058 \text{ psi/pie}$$

$$P_f = 0.058 * (13.12 + 2) = 0.88 \text{ psi}$$

$$P_{02} = P_{01} + P_f = 5.3 + 0.88 = 6.18 \text{ psi}$$

Caudal en el rociador 02.

$$Q_{02} = 5.6 * \sqrt{6.18} = 13.92 \text{ gpm}$$

Tramo 02-03 Longitud de tubería 4.00 m (13.12 pies).

$$Q_{02-03} = Q_{02-01} + Q_{02} = 12.9 + 13.92 = 26.82 \text{ gpm}$$

$$h_f = 4.52 * \frac{(26.82)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.049^{4.87}} = 0.224 \text{ psi/pies}$$

Presión en 03

$$P_f = (13.12 + 5) * 0.224 = 4.06 \text{ psi}$$

$$P_{03} = P_{02} + P_f = 6.18 + 4.06 = 10.24 \text{ psi}$$

Tramo 03-A. Longitud de tubería 0.75 m (4.65 pies)



Caudal en el tramo

$$Q_{03-A} = Q_{02-03} + Q_{03}$$

$$Q_{03} = K_r \sqrt{P_3} = 5.6 * \sqrt{10.24} = 17.92 \text{ gpm}$$

$$Q_{03-A} = 26.82 + 17.92 = 44.74 \text{ gpm}$$

Presión en A

$$h_f = 4.52 * \frac{(44.74)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.049^{4.87}} = 0.577 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (2.46 + 5) * 0.577 = 4.3 \text{ psi}$$

$$P_A = P_{03} + P_f = 10.24 + 4.3 = 14.54 \text{ psi}$$

Para la intersección A, se asume como un rociador de descarga por ello en base a la presión y al caudal hallaremos su factor “K”. para posterior a ello utilizar este factor para los demás ramales.

$$K = \frac{Q_{03-A}}{\sqrt{P_A}}$$

$$K_r = \frac{44.74}{\sqrt{14.54}} = 11.73$$

Tramo A-B. Longitud de tubería 3.00 m (9.84 pies)

Caudal en el tramo, es el mismo que el Tramo 03-A

$$Q_{A-B} = 44.74$$

Presión en B



$$h_f = 4.52 * \frac{(44.74)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.61^{4.87}} = 0.072 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (14.76 + 4) * 0.072 = 1.00 \text{ psi}$$

$$P_B = P_A + P_f = 14.54 + 1.00 = 15.54 \text{ psi}$$

Tramo B-C. Longitud de tubería 25.75 m (84.78 pies)

$$Q_{B-C} = Q_{A-B} + Q_B$$

$$Q_{03} = K_r \sqrt{P_3} = 11.73 * \sqrt{15.54} = 46.24 \text{ gpm}$$

$$Q_{B-C} = 44.74 + 46.24 = 90.98$$

$$h_f = 4.52 * \frac{(90.98)^{1.85}}{120^{1.85} * 1.61^{4.87}} = 0.266 \text{ psi/pies}$$

Presión en C

$$P_f = (84.48 + 8) * 0.266 = 24.6 \text{ psi}$$

$$P_C = P_B + P_f = 15.54 + 24.6 = 40.14 \text{ psi}$$

Tramo C-D Longitud de tubería 3.20 m (87.93 pies)

Caudal en el tramo

$$Q_{B-C} = Q_{C-D}$$

$$Q_{C-D} = 90.98 \text{ gpm}$$

Presión en D

$$h_f = 4.52 * \frac{(90.98)^{1.85}}{120^{1.85} * 3.068^{4.87}} = 0.012 \text{ psi/pies}$$



$$P_f = (10.50 + 14) * 0.012 = 0.29 \text{ psi}$$

$$P_D = P_C + P_f = 40.14 + 0.29 + 4.55 = 44.98 \text{ psi}$$

Tramo D-E Longitud de tubería 31.10 m (102.3 pies)

$$h_f = 4.52 * \frac{(90.98)^{1.85}}{120^{1.85} * 3.068^{4.87}} = 0.012 \text{ psi/pies}$$

$$P_f = (102.03 + 82) * 0.12 = 2.21 \text{ psi}$$

Variación de nivel $z = 2.20 \text{ m} \rightarrow 7.22 \text{ pies}$

Entonces tenemos 7.22 pies de columna de agua, transformando a psi.

$$z = 3.13 \text{ psi}$$

$$P_E = P_D + P_f + z = 44.98 + 2.21 + 3.13 = 50.32 \text{ psi}$$

3.7.1.9. Elección de la bomba contra incendio

Para la elección de la bomba necesitamos principalmente los parámetros, como es el caudal y la presión del sistema, también a que tomar en consideración el tipo de bomba además de la ubicación de la cisterna de agua, entre otros factores.

En esta ocasión se optó por una bomba de rotor suspendido, específicamente una bomba de succión axial, de acoplamiento cercano, con motor eléctrico.

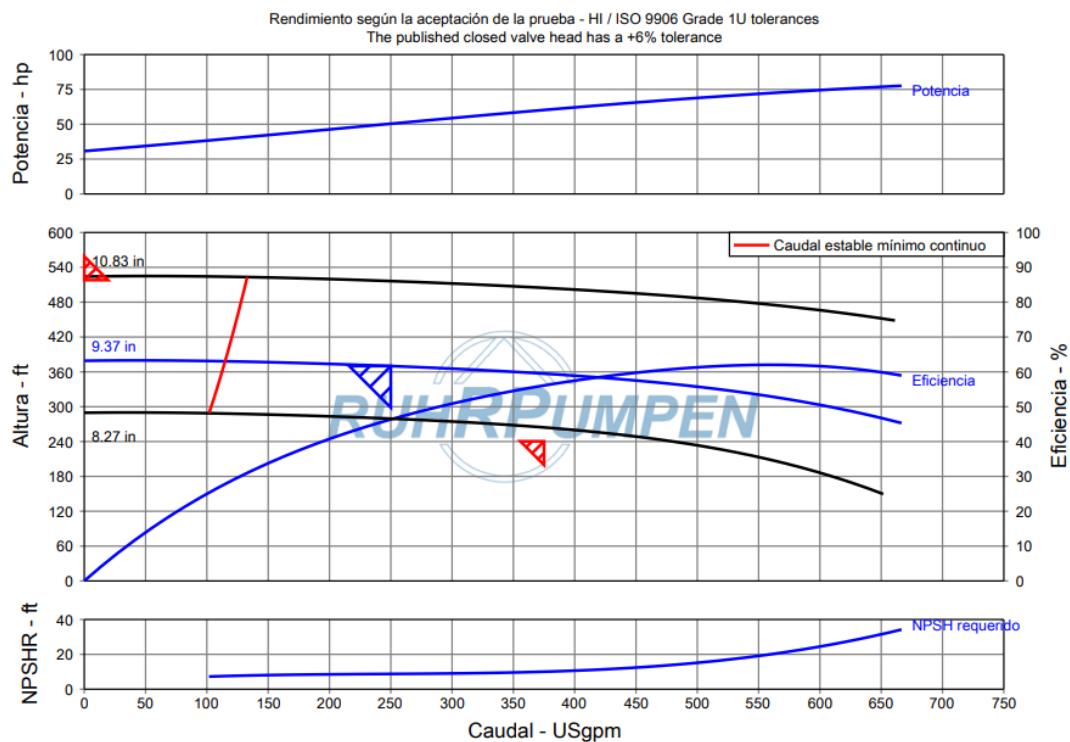
La NFPA restringe las bombas con caudales específicos, que son utilizados por los fabricantes, para que estas puedan ser listadas. La bomba

de succión axial por lo general está disponible de 50 a 2000 gpm, con presiones entre 40 a 225 psi.

La curva de la bomba elegida es la siguiente:

Figura 26

Curva de la selección de bomba contra incendio



Nota: En la imagen se aprecia las curvas de desempeño de la bomba contra incendio

Los requerimientos que debe cumplir la bomba contra incendio determinado por la NFPA es que a caudal cero la bomba no desarrolle más del 140% de la presión nominal, también debe cumplirse que a 150% de su caudal nominal la presión no debe ser menor al 65% de su presión nominal. En este caso el 140% de la presión es 379.1 psi o 518.0 pies y para el caudal a 150% que es 375 gpm, la presión no de disminuir al 65% que es de 103.88 psi o 240.5 pies.

En la gráfica se puede notar que la curva de la bomba se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la NFPA, esto se puede visualizar teniendo los parámetros señalados con los triángulos rojos, los cuales se denominan “Punto de cierre” el que se encuentra a la izquierda y “punto de sobrecarga” el que se encuentra a la derecha.

Entonces para la bomba principal contra incendio se requerirá una bomba bajo los siguientes criterios

Tabla 9

Condiciones de operación de la bomba

Condiciones de operación de la bomba	
Fluido:	Agua limpia
Caudal:	250 gpm/ 18.94 lps
ADT:	159.82 psi/ 370 pies/ 112.51 m
Velocidad de funcionamiento:	3550 RPM (Máximo)

Fuente: Propia

Tabla 10

Materiales de fabricación de la bomba

Materiales de fabricación	
Tazón o Carcaza:	Fierro Fundido Nodular o superior.
Presión de trabajo:	Resistencia de 254.6 PSI (máxima)
Impulsor:	Bronce o superior
Eje de la bomba:	Acero Inox o superior
Bocina tazón:	Bronce o superior
Eje columna:	Acero al Carbono C-1045 o superior

Fuente: Propia

Tabla 11

Datos de la bomba principal

Datos de la bomba	
Tipo:	Succión Axial
Impulsión diámetro de la tubería:	03 pulgadas

Succión diámetro de la tubería:	03 pulgadas
Diámetro de columna de descarga:	03 pulgadas

Fuente: Propia

Tabla 12

Datos del motor eléctrico de la bomba

Datos del motor eléctrico de la bomba	
Tipo	Cerrado
Clase de aislamiento	“F”
Voltaje de Operación	220V Trifásico
Frecuencia	60 Hz

Fuente: propia

3.7.1.10. Reserva de agua contra incendio

Para la cantidad de reserva de agua se considera que el sistema tendrá un funcionamiento de 60 min, al multiplicarlo por 253.34 gpm, nos da 15,200.00 galones equivalente a 57.54 m³, por lo que la cisterna tendrá una capacidad de 60m³ para extinción de incendios.

En caso de la universidad nacional del altiplano, el diseño de los reservorios de agua no considera un volumen destinado a extinción de incendios, sin embargo, en la construcción o remodelación de edificaciones dentro de la ciudad universitaria, se considera tanques cisternas para cada una de las edificaciones, donde en el cálculo de la capacidad se incluye el volumen de agua requerido para la lucha contra incendio. Una práctica común en la ciudad universitaria es que la cisterna, mezcle el volumen de consumo de agua y la de extinción de incendio en la misma cisterna.

En nuestro caso se utilizará una cisterna exclusiva contener el suministro de agua contra incendio, este será de concreto armado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Determinación del riesgo de ocupación

La clasificación de todos los ambientes nos dio como resultado tres tipos de clasificación en el comedor universitario.

Tabla 13

Clasificación del riesgo de ocupación

Clasificación	Ambientes		
	Primer nivel	Segundo nivel	Tercer Nivel
Riesgo Ligero	Calderos Montacargas Área de descarga Recepción de almacenes Control de salida de almacenes Circulación. Escalera de evacuación. Ss. hh. y duchas del personal Vestidores Ss. hh. Damas Ss. hh. Varones Laboratorio de pruebas	Galería de distribución Atención Control Sala de comensales I Sala de comensales II Cámara de purificación Preparación previa Galería de distribución Calderos Montacargas Área de descarga Recepción de almacenes Control de salida de almacenes Circulación. Escalera de evacuación.	Área administrativa Hall de distribución Principal Unidad de Servicio Social Oficina de casos sociales Deposito Unidad de recreación y deportes. Secretaria Consultorio nutricional Oficina de nutrición Jefatura de bienestar universitario Área de nutrición Jefatura de comedor Oficina de residencias Depósito de Limpieza Servicio Higiénico
Riesgo Ordinario I	Depósito de repuestos Cuarto de residuos		
Riesgo Ordinario II	Almacenes.		

Fuente: Propia

4.1.2. Establecer el método de diseño y cálculos hidráulicos para el comedor universitario.

Para esto se definió el tipo de sistema, El método análisis, la tubería a utilizar, el rociador, la configuración de la red de distribución e identificar las zonas hidráulicas más críticas como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 14

Datos del sistema contra incendio

	Zonas Hidráulicas Críticas		
	Almacén II (Primer nivel)	Sala de comensales I (Primer nivel)	Unidad de Servicio Social (Primer nivel)
Tipo de Sistema	Sistema Húmedo de rociadores	Sistema Húmedo de rociadores	Sistema Húmedo de rociadores
Método de Análisis	Método de Cuarto de Diseño	Método de Densidad/Área	Método de Cuarto de Diseño
Tipo de Rociador	Rociador Pulverizador K=8	Rociador Pulverizador K=5.6	Rociador Pulverizador K=5.6
Tubería a utilizar	Acero negro al carbono sin costura Cedula 40	Acero negro al carbono sin costura Cedula 40	Acero negro al carbono sin costura Cedula 40
Configuración de la red de distribución	Árbol	Árbol	Árbol

Fuente: Propia

El rociador utilizado en el sistema es de tipo colgante, con rosca de $\frac{3}{4}$ " de respuesta estándar, con apertura de 68 °C (bulbo color rojo)

4.1.2.1. Cálculos Hidráulicos del sistema de rociadores.

Para iniciar los cálculos hidráulicos debemos valorar datos previos, los cuales se muestran a continuación. Los datos se obtienen de criterios y cálculos preliminares.



Tabla 15

Datos iniciales de cálculo

	Zonas Hidráulicas Críticas		
	Almacén II (Primer nivel)	Sala de comensales I (Segundo nivel)	Unidad de Servicio Social (Tercer nivel)
Tamaño del Área de diseño $pie^2(m^2)$	818.06(76.0)	1500(139.35)	683.5(63.5)
Densidad de diseño requerida $gpm/pie^2(lps/m^2)$	0.2(0.163)	0.1(0.0816)	0.1(0.0816)
Área de cobertura de los rociadores $m^2(pie^2)$	10.5(113.02)	20.25(217.97)	12(129.17)
Número de rociadores contenidos en el área de diseño.	8	7	6
Caudal mínimo requerido en el primer rociador $gpm(lps)$	25.19(1.91)	21.8 (1.65)	12.9(0.98)
Presión mínima requerida en el primer rociador $psi(mca)$	9.91(6.98)	15.15(10.67)	5.3(3.73)

Fuente: Propia

A continuación, se muestra los resultados de los cálculos hidráulicos de cada zona crítica seleccionada.

Figura 27

Resultados del cálculo hidráulico del primer nivel – Almacén II

CALCULOS HIDRAULICOS DE ROCIADORES PRIMER NIVEL																		
TRAMO	CAUDAL (gpm)			Diametro de tubería (pulg)		Velocidad (m/s)	Tipo	ACCESORIOS			Leq. Tot (pies)	Longitud (tub. + acc)		Dif. de Elev	Hf Hazen- (psi/100)	Presion En el tramo (psi)		
	qr=	Qra=	Qt=	Dn	Di			Dn	Leq	Cant. (und)		Leq. Tot (pies)	Descrip.			(m)	(pies)	Pi=
01-02	qr=	25.19		1"	1.049		CN	2	1	2	2	Tub.: 3.90	12.80	0		Pi=	9.91	
	Qra=	0		1"	1.049	2.85		0			C-A:	2.00	2.00	0		Ph=	0	
	Qt=	25.19						0			Total:	14.80	14.80	0		Hf=	2.95	
02-A	qr=	28.69		1"	1.049	6.1	T	5	1	5	5	Tub.: 1.14	3.74	0		Pi=	12.86	
	Qra=	25.19		1"	1.049			0			C-A:	5.00	5.00	0		Ph=	0	
	Qt=	53.88						0			Total:	8.74	8.74	0		Hf=	7.11	
FACTOR DE DESCARGA DE RAMAL K= 12.06																		
A-B	qr=	0		1 1/2"	1.61	2.59	CN	4	1	4	4	Tub.: 3.00	9.84	0		Pi=	19.97	
	Qra=	53.88		1 1/2"	1.61			0			C-A:	4.00	4.00	0		Ph=	0	
	Qt=	53.88						0			Total:	13.84	13.84	0		Hf=	1.4	
B-C	qr=	55.75		1 1/2"	1.61	5.27	T	8	1	8	8	Tub.: 3.00	9.84	0		Pi=	21.37	
	Qra=	53.88		1 1/2"	1.61			0			C-A:	8.00	8.00	0		Ph=	0	
	Qt=	109.63						0			Total:	17.84	17.84	0		Hf=	6.71	
C-D	qr=	63.91		1 1/2"	1.61	8.34	T	8	1	8	8	Tub.: 3.00	9.84	0		Pi=	28.08	
	Qra=	109.63		1 1/2"	1.61			0			C-A:	8.00	8.00	0		Ph=	0	
	Qt=	173.54						0			Total:	17.84	17.84	0		Hf=	15.7	
D-E	qr=	79.8		1 1/2"	1.61	12.17	CN	4	1	4	4	Tub.: 6.17	20.24	0		Pi=	43.78	
	Qra=	173.54		1 1/2"	1.61		T	8	1	8	8	C-A:	12.00	0		Ph=	0	
	Qt=	253.34						0			Total:	32.24	32.24	0		Hf=	57.1	
E-F	qr=	0		3"	3.068	3.35	CN	7	7	49	7	Tub.: 53.15	174.38	0		Pi=	100.88	
	Qra=	253.34		3"	3.068			0			C-A:	49.00	49.00	5.79		Ph=	-5.79	
	Qt=	253.34						0			Total:	223.38	223.38	-5.79		Hf=	17.2	
F-G	qr=	0		3"	3.068	3.35	CN	7	4	28	4	Tub.: 8.10	26.57	3.13		Pi=	112.29	
	Qra=	253.34		3"	3.068		VM	10	1	10	10	C-A:	54.00	0		Ph=	3.13	
	Qt=	253.34					VCH	16	1	16	16	Total:	80.57	3.13		Hf=	6.2	
																Pf=	121.62	

Fuente: Propia

Figura 28

Resultados del cálculo hidráulico del segundo nivel – Sala de comensales I

CALCULOS HIDRAULICOS DE ROCIADORES SEGUNDO NIVEL																		
TRAMO	CAUDAL			Diametro de tubería (pulg)		Velocidad	ACCESORIOS				Longitud (tub. + acc)			Elevacion 1	Hf Hazen-Hazen (psi/pipe)	Presion En el tramo (psi)		
	Qri=	Qra=	Qt=	Dn	Di	(m/s)	Tipo	Dn (pulg)	Leq (pies)	Cant. (und)	Leq. Tot (pies)	Descr.	(m)			(pies)	Pf=	Ph=
01-02	21.8	0	21.8	1"	1.049	2.47	CN	1"	2	1	2	Tub.: 4.50	4.50	14.76	0	0	0	15.15
	Qri=	Qra=	Qt=									C-A:		2.00	0	0	0	0
												Total:		16.76	0	0	0	0
02-03	23.57	21.8	45.37	1"	1.049	5.13	T	1"	5	1	5	Tub.: 4.50	4.50	14.76	0	0	0	17.71
	Qri=	Qra=	Qt=									C-A:		5.00	0	0	0	0
												Total:		19.76	0	0	0	0
03-A	30.37	45.37	75.74	1"	1.049	8.57	T	1"	5	1	5	Tub.: 1.42	1.42	4.65	0	0	0	29.41
	Qri=	Qra=	Qt=									C-A:		5.00	0	0	0	0
												Total:		9.65	0	0	0	0
FACTOR DE DESCARGA DE RAMAL K(01-A)= 11.4																		
A-B	0	75.74	75.74	1 1/2"	1.61	3.64	CN	1 1/2"	4	1	4	Tub.: 4.50	4.50	14.76	0	0	0	44.16
	Qri=	Qra=	Qt=									C-A:		4.00	0	0	0	0
												Total:		18.76	0	0	0	0
B-C	78.75	75.74	154.49	1 1/2"	1.61	7.42	T	1 1/2"	8	1	8	Tub.: 4.50	4.50	14.76	0	0	0	47.72
	Qri=	Qra=	Qt=									C-A:		8.00	0	0	0	0
												Total:		22.76	0	0	0	0
07-C	21.8	0.00	21.8	1"	1.049	2.47						Tub.: 1.42	1.42	4.65	0	0	0	16.14
	Qri=	Qra=	Qt=									C-A:		0.00	0	0	0	0
												Total:		4.65	0	0	0	0
FACTOR DE DESCARGA DE RAMAL K= (07-C) 5.31																		
C-D	42.43	154.49	196.92	1 1/2"	1.61	9.46	T	1 1/2"	8	1	8	Tub.: 20.15	20.15	66.11	0	0	0	63.86
	Qri=	Qra=	Qt=									C-A:		8.00	0	0	0	0
												Total:		74.11	0	0	0	0
D-E	0	196.92	196.92	3"	3.068	2.6	CN	3"	7	5	35	Tub.: 26.80	26.80	87.93	0	0	0	146.2
	Qri=	Qra=	Qt=									C-A:		50.00	0	0	0	0
												Total:		137.93	0	0	0	0
E-F	0	196.92	196.92	3"	3.068	2.6	CN	3"	7	4	28	Tub.: 8.10	8.10	26.57	3.13	3.13	0	152.82
	Qri=	Qra=	Qt=									C-A:		54.00	0	0	0	0
												Total:		80.57	3.13	3.13	0	0
																		159.82

Fuente: Propia

Figura 29

Resultados del cálculo hidráulico del tercer nivel – Unidad de servicio social

CALCULOS HIDRAULICOS DE ROCIADORES TERCER NIVEL																
TRAMO	CAUDAL (gpm)		Diametro de tubería (pulg)		Velocidad (m/s)	ACCESORIOS			Leq. Tot (pies)	Longitud (tub. + acc)			Elevacion 1	Hf Hazen- (psi/pie)	Presion En el tramo (psi)	
	Qri=	Qra=	Qt=	Dn		Di	Dn	Leq		Cant.	Leq	Leq			Leq	Leq
01-02	12.9	0	12.9	1"	1.049	1"	2	1	2	4.00	13.12	0	0	0.058	5.3	0
	0						0			2.00		0			0	0.88
	12.9						0			15.12		0			6.18	0
02-03	13.92	12.9	26.82	1"	1.049	1"	5	1	5	4.00	13.12	0	0	0.224	6.18	0
	12.9						0			5.00		0			0	4.06
	26.82						0			18.12		0			10.24	0
03-A	17.92	26.82	44.74	1"	1.049	1"	5	1	5	0.75	2.46	0	0	0.577	10.24	0
	26.82						0			5.00		0			0	4.3
	44.74						0			7.46		0			14.54	0
FACTOR DE DESCARGA DE RAMAL K(01-A)= 11.73																
A-B	0	44.74	44.74	1 1/2"	1.61	1 1/2"	4	1	4	3.00	9.84	0	0	0.072	14.54	0
	44.74						0			4.00		0			0	1.00
	44.74						0			13.84		0			15.54	0
B-C	46.24	44.74	90.98	1 1/2"	1.61	1 1/2"	8	1	8	25.75	84.48	0	0	0.266	15.54	0
	44.74						0			8.00		0			0	24.6
	90.98						0			92.48		0			40.14	0
C-D	0	90.98	90.98	3"	3.068	3"	7	2	14	3.20	10.50	4.55	0	0.012	40.14	0
	90.98						0			14.00		0			4.55	0
	90.98						0			24.50		4.55			0.29	0
D-E	0	90.98	90.98	3"	3.06	3"	7	8	56	31.10	102.03	3.13	0	0.012	44.98	0
	90.98						10	1	10	82.00		0			3.13	0
	90.98						16	1	16	184.03		3.13			2.21	0
															50.32	0

Fuente: Propia

Tabla 16*Resultados finales de los cálculos hidráulicos por nivel*

	Caudal		Presión	
	Sistema Ingles gpm	Sistema internacional lpm	Sistema Ingles psi	Sistema internacional KPa(mca)
Primer Nivel	253.34	1151.71	121.62	838.54(85.62)
Segundo Nivel	196.92	895.22	159.82	1101.92(112.51)
Tercer Nivel	90.98	243.60	50.32	346.94(35.43)

Nota: En la tabla se muestra los resultados de presión y caudal en el sistema internacional y sistema ingles

4.1.3. Configuración del cuarto de bombas

El cuarto de bombas se conforma de los siguientes accesorios

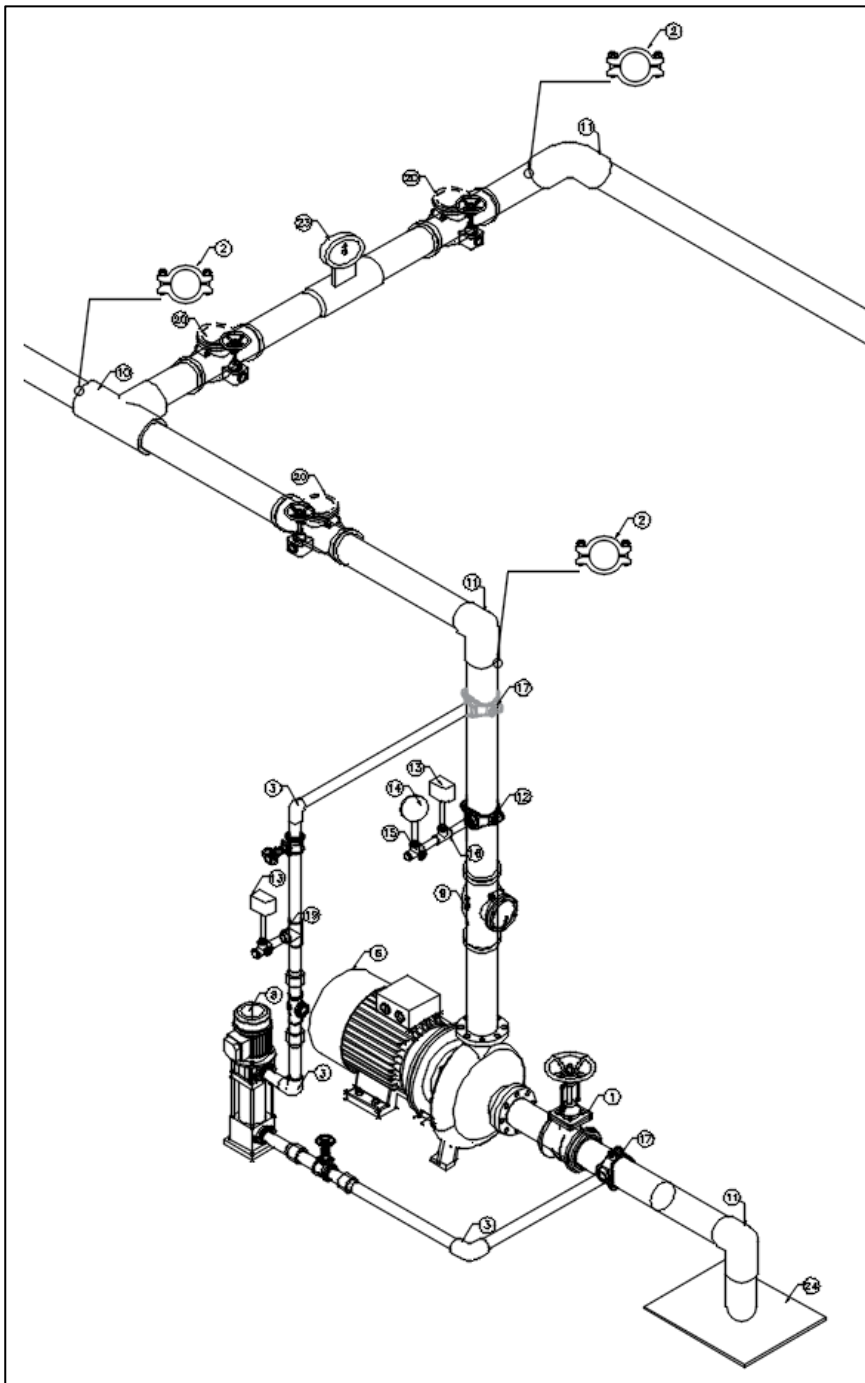
Tabla 17*Componentes y accesorios del cuarto de bombas*

Descripción
Válvula de compuerta tipo OS&Y 3" ranurado
Acoples vitáulico rígido 4"
codo de 90° x 1 1/2" roscado
Unión universal de 1 1/2"
Válvula de compuerta de 1 1/2"
Bomba de 80 hp
Bomba Jockey de 1 hp
Válvula check de 3" ranurada
Tee 4" ranurado
Codo de 3" ranurado
Tee mecánica con derivación a rosca de 3" @ 1"
Presostato
Manómetro
Válvula tres vías 1/4"
Tee de 1/4"
Tee mecánica con derivación a rosca de 3" @ 1 1/2"
Válvula check de 1 1/2"
Tee roscado de 1 1/2"
Válvula mariposa de 3" ranurado
Válvula 3 vías de 1"
Válvula de compuerta de 1"
Placa antivortex
Caudalímetro

Fuente: Propia

Figura 30

Configuración del cuarto de bombas



Nota: En la imagen de muestra la configuración del cuarto de bombas para mas detalle revisar los planos en el Anexo 03

De la figura 29 se puede ver la configuración del cuarto de bombas, para más detalle ver los planos en el Anexo 03. Para el almacenamiento de Agua



tenemos un tanque cisterna de 60 m³ de capacidad para un funcionamiento de 60 min del sistema.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Riesgo de ocupación

Los resultados obtenidos en la clasificación del riesgo de ocupación, nos da entender que la edificación tiene un riesgo moderado de combustibilidad por lo que el riesgo mas alto identificado es de Ordinario grupo II. La clasificación de riesgo es muy importante, saberlo conlleva a tomar decisiones respecto al tipo de protección que se le puede dar a la edificación o siendo más específicos a cada ambiente, dependiendo de la variabilidad de estos. Es decir, que dependiendo de la clasificación puede variar el sistema de protección en base de agua, así como también el tipo de supresión, esto quiere decir, con alternativas diferentes al agua, por ejemplo, si deberíamos proteger un data center, no podríamos hacerlo mediante agua, puesto que dañaría los equipos informáticos, para esto se debe tener en cuenta otro tipo de sistemas, en este caso podría ser un tipo de supresión en base a gases. Por otro lado, si se determinase la protección en base de agua, el riesgo de ocupación también influye mucho en la determinación de la cantidad de agua a utilizar, como el tipo de rociador entre otros aspectos importantes en el cálculo. Entonces podemos afirmar que la clasificación del riesgo de ocupación es de suma importancia y punto de partida para realizar el diseño del sistema contra incendio, por lo que clasificar los ambientes nos llevara a tomar decisiones, así como, optar caminos y parámetros que nos indica la norma NFPA.



4.2.2. Método de diseño y cálculos hidráulicos para el comedor

universitario.

Para el sistema se optó por uno de tubería húmeda, esto permite que en caso de incendio la respuesta sea instantánea al activarse un rociador, por la clasificación de ocupación, se diseña en base a un área de diseño, el criterio es que la activación de solo esa área de rociadores será suficiente para sofocar el incendio, para otros casos más críticos se puede utilizar un sistema de diluvio, donde se activan todos los rociadores a la vez. Por otro lado, la configuración de la red es de tipo árbol, esta configuración permite un análisis más sencillo del sistema, además de facilitar los cálculos hidráulicos.

La tubería a utilizar es de acero negro al carbono cedula 40, se utiliza esta tubería por que soporta presiones grandes, además de ser resistente al fuego y por que tiene un menor costo a comparación con otras tuberías, las conexiones serán de tipo ranurado, este tipo de conexiones permite una mayor versatilidad en la instalación de tuberías y accesorios a comparación de otros tipos de conexión como la soldadura o la brida.

Las zonas críticas elegidas para el cálculo hidráulico fueron elegidas en base al caudal, al tipo de rociador utilizado y el número de estos en el área de diseño, además de la diferencia de altura con respecto a la toma de agua. En el primer nivel se eligió el Almacén II, porque en el área de diseño que consta de 8 rociadores con un factor $K=8$, lo que indica que tendrá el máximo caudal del sistema; en el segundo nivel, se consideró la Sala de comensales I, por estar más alejado de manera Horizontal respecto a la toma de agua y finalmente en el tercer nivel se consideró la Unidad de servicio social, por ser la zona más alta respecto a la toma de agua.



Para el cálculo hidráulico se consideró la fórmula de Hazen – Williams para perdidas por fricción y longitudes equivalente para las perdidas por accesorios, utilizando un factor $C= 120$ para acero negro al carbono, esto de acuerdo a los requerimientos de la norma NFPA.

Los resultados obtenidos de los cálculos en cada zona critica, indican que el mayor caudal se da en el primer nivel (Almacén I) y la mayor presión en el segundo nivel (Sala de comensales II), como se muestra en la Tabla 13. Con lo que se puede afirmar que siempre es necesario analizar cada posible zona critica, para hallar el mayo requerimiento del sistema.

Tabla 18

Comparación de resultados en la utilización de diferente tipo de tuberías.

	Tubería de Acero negro al carbono cedula 40	Tubería de cobre	Tubería de Acero Galvanizado	Tubería CPVC
Caudal (gpm)	196.92	193.27	189.71	185.79
Presión (psi)	159.82	149.39	125.02	109.19

Fuente: Propia

Analizando los resultados, nace la interrogante, del porque en general se utiliza el acero negro al carbono, si las demás tuberías, tienen resultados hidráulicos menores, el tema está en varios aspectos, como es la comparación de costos, también en el desenvolvimiento frente a grandes temperaturas, resistencia al ambiente donde serán instaladas, entre otros factores a tomar en cuenta en la elección del tipo de tubería.



4.2.3. Configuración del cuarto de bombas

Para el cuarto de bombas se considera varios aspectos, desde el tipo de bomba y su ubicación, así como, los accesorios para el sistema como también para la automatización.

La bomba principal de succión axial elegida, permite ahorrar espacio en el cuarto de bombas. Consta de una serie de válvulas para el control del flujo, que son requeridas por la NFPA.

La automatización del sistema será en base a presostatos que mandaran información a un tablero de control, quien controlara el arranque de la bomba principal, así como la de la bomba Jockey.

Finalmente, la bomba contra incendio elegida es de rotor suspendido, específicamente una bomba de succión axial, de acoplamiento cercano, con motor eléctrico, de 60 Hz, trifásica. La succión y la descarga de la bomba es de acople bridado, de 3" en la succión, así como en la descarga.

La bomba principal será acompañada de una bomba Jockey, que mantendrá la presión en el sistema, la potencia de la bomba será de 1.5 hp, con la succión y descarga de 1½".



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: El diseño del sistema de agua contra incendio se realizó conforme los requerimientos de la norma NFPA, el sistema consiste en una red de rociadores de tubería húmeda (saturada de agua). Se determinó los riesgos de ocupación siendo el de mayor riesgo el Almacén II del primer nivel, teniendo la clasificación de riesgo Ordinarito II, criterio que dio paso al cálculo hidráulico, teniendo como resultado el caudal (253.34 gpm) y la presión (159.82 psi) del sistema de rociadores, que finalmente conllevó a la selección de la bomba contra incendio que cumple con los requerimientos del sistema y como resultado final se tienen los planos de la red de distribución y cuarto de bombas, así como los isométricos de las tuberías de distribución.

SEGUNDA: La clasificación de ocupación es un procedimiento de suma importancia para el diseño del sistema de rociadores, para la edificación del comedor universitario se determinó tres tipos de clasificación según la NFPA, los cuales son Riesgo Leve, Riesgo Ordinario I y Riesgo ordinario II, siendo este último el más alto identificado en el ambiente del primer nivel “Almacén II”. Determinado así por el grado de combustibilidad del ambiente.

TERCERA: El método de análisis y cálculo fueron determinados a partir de criterios normativos, técnicos y lógicos conforme a la norma NFPA. El ensamblaje de la red fue de configuración tipo árbol que simplifica los cálculos hidráulicos, el sistema rociadores considerado fue de tubería húmeda. Por otro lado, el método para la determinación de área de diseño y de número



de rociadores se realizó en base al método de densidad/área y método de cuarto de diseño. Las zonas críticas hidráulicas determinadas fueron el Almacén II (primer nivel), Sala de comensales I (segundo nivel) y Unidad de Servicio Social (Tercer Nivel).

CUARTA: El cuarto de bombas fue diseñado en base a las recomendaciones hechas por la NFPA. EL cuarto de bombas se ubicó en la parte sur de la edificación como muestran los planos, la cisterna es de 60 m³ de capacidad para abastecer el sistema durante 60 min, el cuarto de bombas se encuentra adyacente a la cisterna de manera horizontal. La configuración del cuarto de bomba queda representado en los planos, mostrando la ubicación de bombas, así como, las tuberías y válvulas. La bomba contra incendio es de 80hp, la curva de desempeño cumple con los requerimientos hidráulicos del sistema, para mantener la presión en el sistema se seleccionó la bomba Jockey de 1hp. La bomba principal como la bomba Jockey, son de motor eléctrico, trifásica y monofásica respectivamente.



VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se recomienda para el diseño de un sistema contra incendio en base a la norma NFPA, seguir las recomendaciones de la norma, por otro lado, tener criterios técnicos y lógicos referente a un incendio. Para cualquier diseño de una edificación se debe realizar un exhaustivo estudio de la ocupación y en caso de almacenes, el tipo de productos que contiene dicho almacén, esto es muy importante para el posterior cálculo del sistema de agua contra incendio requerido para una edificación.
- SEGUNDA:** Se recomienda realizar diferentes cálculos en las zonas más críticas de la edificación puesto que nos permitirá dimensionar de mejor manera las tuberías y el sistema de bombeo requerido. Esto para no generar costes innecesarios para el propietario.
- TERCERA:** Se recomienda que para la selección de la bomba se tome bien en cuenta los caudales y presiones requeridas, además de la ubicación del tanque cisterna.
- CUARTA:** Se recomienda a futuros diseñadores los cuales no estén familiarizados con las normas NFPA acudir a los manuales de esta norma, el contenido de este es más didáctico y de mejor entendimiento, puesto que es un material explicativo. Por otro lado, se recomienda que un paso importante para el entendimiento del tema, acudir a los especialistas de ILFIS, los cuales responden a consultas de todo tipo desde interrogantes básica hasta especializadas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcazar, J. (2020). Seguridad Contra Incendios - Incendio Estructural. Oran - Salta: Independently published.
- Bomberos de Navarra. (2001). Manual de Extincion de Incendios. Pamplona: s.e.
- Botta, A. (2011). Sistemas Fijos de Proteccion en Base a Rociadores. Rosario: Red Proteger.
- Calderón Calienes, E., Carrión Padilla, J., Ortis de Zevallos Casitllo, S., & Tejada Liza, R. C. (s.f.). Plan de negocios para la implementación de una empresa de sistemas de seguridad contra incendios. Tesis de Maestria. Universidad Esan, Lima.
- Çengel, y Cimbala. (2016). Mecanica de Fluidos. Mexico: Mc Graw Hill.
- Céspedes, C. A. (2019). Problematica en la investigacion de incendio en Lima metropolitana. (Tesis de Maestria). Universidad Catolica del Peru, Lima.
- Cristancho, J. (18 de enero de 2019). ANRACI-COLOMBIA. Obtenido de ACCEQUIP: <https://anraci.org/wp-content/uploads/2018/03/Operaciones-y-tipolog%C3%ADas-VSRCI.pdf>
- Franciosi Willis, J. J., & Vidarte Llaja, A. M. (2021). Estudio cuantitativo de riesgo de incendio para instalaciones industriales. INGENIERÍA: CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, 02, 46-60. doi:<https://doi.org/10.26495/icti.v8i2.1903>
- Francois Willis, J. J., & Vidarte Llaja, A. M. (2020). Propuesta de guia para la elaboración de una memoria de calculo de sistemas de agua contra incendio. Ingenieria: Ciencia, Tecnología e Innovación, 113-120. doi:<https://doi.org/10.26495/icti.v7i2.1532>
- Hernandez, Y., Toro, P., & Monsalve, E. (2017). Evaluacion de la vulnerabilidad del sistema de proteccion contra incendio del campus de la univerwsidad de Quindio. Revista de investigaciones de la universidad de Quindio, 97–104. doi: <https://doi.org/10.33975/riuuq.vol26n1.135>



- Liban, J. (20 de Marzo de 2019). La complejidad de la seleccion de una bomba contra incendios: Grupo 3S. Obtenido de <https://grupo3s.pe/41-las-complejidades-de-las-valvulas-reguladoras-de-presion-en-los-sistemas-de-gabinetes-de-mangueras/>
- Martin, A. (2011). Apuntes de Mecanica de Fluidos. Madrid: Universidad Politecnica de madrid.
- Martinez, E., y Barreto, N. (2009). Diseño de un sistema contra incendio para una empresa productora de cereales. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Mott. (2006). Mecanica de Fluidos. Naucalpan de Juarez: Pearson Educacion.
- National Fire Protection Association. (2009). Manual de Proteccion Contra Incendios. Massachussetts: NFPA.
- NFPA 13. (2019). Instalacion Para Sistema de Rociadores. Massachussetts: National Fire Proteccion Association.
- Organizacion de Naciones Unidas Para el Desarrollo. (2018). Manual de Optimizacion de Sistema de Bombeo. Bogota: EEI.
- Quispe Hurtado, J. J., & Alvarez Pianto, C. A. (s.f.). Diseño de un sistema contra incendio para el laboratorio de pruebas y motores de la UTP. Tesis de grado. Universidad Tecnologia del Perú, Lima.
- Rocha. (2007). Hidraulica de Tuberias y Canales. Lima: Universidad Nacional De Ingenieria.
- Saldarriaga, J. (2007). Hidráulica de Tuberias. Bogotá: Alfaomega.
- Ybirma. (16 de mayo de 2017). Bombas contra incendio - tipos y características. Obtenido de Contra Incendio: <http://www.contraincendio.com.ve/bombas-contra-incendio/>



ANEXOS

ANEXO 1. Planos arquitectonicos de planta comedor universitario

ANEXO 2. Planos del sistema de agua contra incendio

ANEXO 3. Plano del cuarto de bombas

ANEXO 4. Planos isométricos

ANEXO 5. Fichas tecnicas de tuberías alternas

ANEXO 6. Cálculos hidráulicos con otro tipo de tuberías



ANEXO 7. Declaración Jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Ronald Churata Huallpachogue
identificado con DNI 47639164 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ Diseño de un sistema de protección de agua contra incendio utilizando la norma NFPA para el comedor universitario de la UNA-PUNO ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 23 de setiembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 8. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Ronald Chuzata Hualpachoque,
identificado con DNI 47639164 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ing. Civil.
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Diseño de un sistema de protección de agua contra incendio utilizando la norma NFPA para el comercio universitario en la UWA - PUNO"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 23 de Setiembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella