



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**DISEÑO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIO EN BASE A LA
NORMATIVA NFPA, PARA UNA FÁBRICA CORTADORA DE PAPEL
HIGIÉNICO INDUSTRIAL Y SERVILLETAS PARA USO DOMÉSTICO**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor(a)

Caiza Andrango Jefferson Stalyn

Tutor(a)

Ing. Fabián Sarmiento

QUITO – ECUADOR
2023

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Caiza Andrango Jefferson Stalyn, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “Diseño de un sistema contra incendio en base a la normativa NFPA, para una fábrica cortadora de papel higiénico industrial y servilletas de uso doméstico”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito a los 30 días del mes de marzo de 2023, firmo conforme:

Autor: Jefferson Stalyn Caiza Andrango

Firma:



Número de Cédula: 1717598542

Dirección: Pichincha, Quito, La Argelia, La Argelia alta

Correo Electrónico: jefferson_ragazzo93@hotmail.com

Teléfono: 0980031160

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “DISEÑO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIO EN BASE A LA NORMATIVA NFPA, PARA UNA FÁBRICA CORTADORA DE PAPEL HIGIÉNICO INDUSTRIAL Y SERVILLETAS PARA USO DOMÉSTICO” presentado por Jefferson Stalyn Caiza Andrango para optar por el Título de Ingeniero Industrial

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 30 de marzo del 2023

**FABIAN ALBERTO
SARMIENTO
ORTIZ**

FABIAN ALBERTO SARMIENTO ORTIZ
CN=FABIAN ALBERTO SARMIENTO ORTIZ,
SERIALNUMBER=130922141903, OU=
ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION, O=SECURITY DATA S.A. 2,
C=EC
Estoy aprobando este documento
Aprobación de tesis
2023.04.13 16:50:49-05'00'

Ing. Fabián Sarmiento

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 30 de marzo del 2023



JEFFERSON STALYN CAIZA ANDRANGO
1717598542

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: DISEÑO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIO EN BASE A LA NORMATIVA NFPA, PARA UNA FÁBRICA CORTADORA DE PAPEL HIGIÉNICO INDUSTRIAL Y SERVILLETAS PARA USO DOMÉSTICO previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

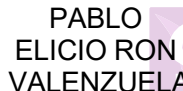
Quito 30 de marzo de 2023



Firmado digitalmente por BLANCA
LILIANA TOPON VISARREA
DN: CN=BLANCA LILIANA
TOPON VISARREA,
SERIALNUMBER=050922094919
OU=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE
INFORMACION, O=SECURITY
DATA S.A. 2, C=EC
Razón: He revisado este
documento
Ubicación: Tesis JCalza
Fecha: 2023.04.14
12:01:07
-05'00'

.....

Ing. Liliana Topón.



**PABLO
ELICIO RON
VALENZUELA**

Firmado digitalmente por PABLO ELICIO RON
VALENZUELA
DN: CN=PABLO ELICIO RON VALENZUELA,
SERIALNUMBER=13092122520, OU=
ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION, O=SECURITY DATA S.A. 2, C=
EC
Razón: Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha: 2023.04.14 12:21:09-05'00'
Foxit PDF Reader Versión: 12.1.0

.....

Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela

DEDICATORIA

Dedico mi título universitario a mi familia por todo el apoyo brindado durante mi carrera universitaria, especialmente a mis abuelitos y mi madre por todo el cariño que me brindan día a día.

Jefferson C.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a cada una de las personas que me apoyaron en los momentos más difíciles de mi vida, especialmente a mi virgencita por darme fuerzas para seguir adelante con mis propósitos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO II.....	6
INGENIERÍA DEL PROYECTO	6
Diagnóstico de la situación actual de la empresa	6
CAPÍTULO III	22
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS.....	22
Presentación de la propuesta.....	22
CAPÍTULO IV	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
Conclusiones.....	64
Recomendaciones	65
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Incendios estructurales en el DM de Quito.....	2
Tabla 2 Reglamento de prevención contra incendios	6
Tabla 3 Problemas encontrados en la fábrica en base al reglamento de prevención	10
Tabla 4 Inspección al interior de la fábrica	13
Tabla 5 Identificación de amenazas.....	14
Tabla 6 Indicador de afectación.....	15
Tabla 7 Matriz de análisis Meseri.....	16
Tabla 8 Datos de la fábrica cortadora de papel.....	19
Tabla 9 Descripción del riesgo por áreas.....	32
Tabla 10 Matriz de evaluación del método Meseri.....	58
Tabla 11 Costo de mano de obra	62
Tabla 12 Costo de los materiales	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama estructural.....	19
Figura 2 Modelo operativo	21
Figura 3 Fábrica de papel industrial	22
Figura 4 Áreas a proteger	23
Figura 5 Sistema de tubería húmeda	25
Figura 6 Área de cobertura	26
Figura 7 Determinación del área de cobertura de rociadores	26
Figura 8 Separación entre rociadores	27
Figura 9 Factor K	28
Figura 10 Tipo de tuberías.....	29
Figura 11 Dimensiones de la tubería	29
Figura 12 Clasificación de riesgo	31
Figura 13 Rociadores.....	33
Figura 14 Curva de diseño de la densidad y área	33
Figura 15 Bomba de agua.....	52
Figura 16 Cuadro técnico de la bomba de agua.....	53
Figura 17 Rango de eficiencia.....	53
Figura 18 Designación de chorros de agua.....	54
Figura 19 Diseño del SPCI.....	55
Figura 20 Cronograma de actividades.....	61

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “DISEÑO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIO EN BASE A LA NORMATIVA NFPA, PARA UNA FÁBRICA CORTADORA DE PAPEL HIGIÉNICO INDUSTRIAL Y SERVILLETAS PARA USO DOMÉSTICO”

AUTOR(A): Jefferson Stalyn Caiza Andrango

TUTOR (A): Ing. Fabián Sarmiento

RESUMEN EJECUTIVO

El propósito de este proyecto es diseñar un sistema contra incendios para una fábrica cortadora de papel industrial que no cumple con ninguna normativa o regulación de seguridad y salud para sus trabajadores, lo que pone en riesgo la seguridad de los colaboradores, instalaciones y materia prima utilizada. Utilizando el método Meseri para evaluar el riesgo y guiándonos con la normativa vigente NFPA 10, 13, 20, 22 y 24, se determinó que el nivel de riesgo de incendio era alto, con una probabilidad del 95%. Por lo tanto, se realizó un estudio del diseño del sistema de acuerdo con la normativa para reducir el riesgo en caso de un incendio. El proyecto incluye los cálculos para el diseño de los elementos del sistema, como los rociadores, tuberías (cédula 40, diámetro de 2, 2 ½ y 4 pulgadas), bomba (700 gpm y 85 psi), accesorios y una cisterna (80 m³). Estos elementos se presentan en cuadros, planos y fórmulas técnicas para su instalación. Después de aplicar los elementos del sistema de SPCI, se evaluó el riesgo nuevamente y se obtuvo un 38% de probabilidad de riesgo, lo que representa una reducción del 57% en el riesgo. Esto es beneficioso para el diseño del sistema y para evitar pérdidas de materia prima, vidas humanas e infraestructura en caso de un incendio.

Descriptor: Industrial, Normativa, Seguridad, Sistema contra incendios

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “DESIGN OF A FIRE-FIGHTING SYSTEM BASED ON NFPA STANDARDS, FOR A FACTORY CUTTING INDUSTRIAL TOILET PAPER AND NAPKINS FOR DOMESTIC USE”

AUTOR (A): Jefferson Stalyn Caiza Andrango

TUTOR (A): Ing. Fabian Sarmiento

ABSTRACT

The aim of this project is to design a fire system for an industrial paper cutting factory which does not comply any safety and health regulations for its workers, which endangers the safety of the employees, facilities and raw materials used. Using the Meseri method to assess the risk and following the current regulations NFPA 10, 13, 20, 22 and 24, it was determined that the level of fire risk was high, with a 95% probability. Therefore, A design study of the system was conducted in accordance with regulations to reduce the risk of fire. The project includes calculations for the design of the system elements, such as sprinklers, pipes (ID 40, 2, 2 and 4 inch diameter), pump (700 gpm and 85 psi), accessories and a cistern (80 m³). These elements are presented in pictures, plans and technical formulas for their installation. After applying the elements of the SPCI system, the risk was evaluated and a 38% probability of risk was obtained, representing a 57% reduction in risk. This is beneficial for the design of the system and to avoid loss of raw materials, human lives, and infrastructure in case of fire.

Keywords: Fire system, Industrial, Regulations, Security.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el fuego ha sido importante en la evolución del hombre, pero sin su debido control puede ocasionar muchas pérdidas económicas e incluso pérdidas humanas, por lo cual un sistema contra incendios nos permite controlar y limitar su mayor alcance. La protección contra un incendio es muy importante porque permite trabajar con una mayor seguridad, pero para eso cada trabajador debe conocer cuáles son los elementos y como utilizarlos en caso de ocurrir un incendio

La asociación normalizadora National Fire Protection Association NFPA fue fundada en 1896 la cual es la encargada de proporcionar información acerca de medidas de protección contra incendio que se deben tomar para preservar la integridad de las personas

Con el pasar de los años las autoridades de cada país han elaborado auditorías a las fábricas para asegurarse con el cumplimiento de la Norma, con ayuda del departamento de bomberos realizan una inspección de los elementos de seguridad como son los extintores, tuberías, sensores y alarmas en caso que ocurra un incendio, mientras cumplan las normas que rijan en el país se les otorgara la licencia o el permiso de funcionamiento para que realice las actividades correspondiente sin ningún riesgo de incendio. (AdminProdeseg, 2019)

En Ecuador un sistema contra incendios es utilizado en hospitales, discotecas, edificios administrativos, empresas de manufactura como las principales y rigiéndose a la normativa correspondiente

Para evitar el riesgo de un incendio o explosión es necesario un sistema contra incendios, hablando en las empresas conocer los factores que puedan incidir en un incendio y así tomar las medidas correspondientes para salvaguardar los equipos y más las vidas humanas que se encuentran alrededor donde se pueda ocasionaría el incendio

Artículo 1.- Expídase la actualización de la Norma Ecuatoriana de la Construcción capitulo NEC-HS-CI: Contra Incendios, con el objeto de establecer los requisitos mínimos para el diseño, la instalación, operación y mantenimiento del sistema contra incendios de todas las edificaciones, con el objetivo de precautelar la seguridad de la vida humana contra el fuego. Dichos requerimientos mínimos se refieren a los medios de egreso, sistemas de detección y alarma y los medios de extinción para cada tipo de ocupación y uso, brindando condiciones de aplicabilidad y efectividad acorde a nuestra realidad y avances tecnológicos. (Esteban et al., n.d.2019)

Tabla 1
Incendios estructurales en el DM de Quito

MES/AÑO	2020	2021	2022
ENERO	7	4	10
FEBRERO	10	11	12
MARZO	10	16	15
ABRIL	9	8	9
MAYO	6	9	8
JUNIO	5	5	2
JULIO	2	15	7
AGOSTO	7	13	5
SEPTIEMBRE	1	10	11
OCTUBRE	6	12	14
NOVIEMBRE	5	10	-
DICIEMBRE	16	18	-

Nota: Basándose en los datos de los bomberos y reportajes del comercio se obtuvieron los diferentes datos de los incendios estructurales ocurridos en la ciudad de Quito.
Elaborado: El investigador

Adentrándonos en la fábrica cortadora de papel industrial observamos que no tiene un sistema de protección, en caso de generarse un incendio al interior de la fábrica, quizá tiene el espacio adecuado, pero no cuenta con ninguna señalética que ayude al personal para ubicarse en lugares seguros en caso de un incendio.

En la fábrica se puede observar el tipo de material que utilizan para la producción, el alto riesgo que tiene para generarse un incendio si no se toma las medidas pertinentes para mitigar el incendio, evitar que no se prolongue y que las pérdidas sean mayores

El diseño de un sistema contra incendios en una fábrica de papel es muy importante ya que puede evitar pérdidas económicas y vidas humanas, para lo cual debemos regirnos a la disposición de los bomberos de la ciudad, adecuar las instalaciones, implementar el diseño en los lugares más críticos y de mayor riesgo de incendio

Antecedentes

La fábrica cortadora de papel fue fundada el 28 de marzo del 2022 con el objetivo de la fabricación de productos de papel de higiene personal y productos de guata de celulosa y materiales textiles: pañuelos de limpieza. Toallas. Servilletas, papel higiénico, toallas sanitarias y tapones

A raíz de la pandemia se vio la necesidad del papel a nivel nacional, fue el motivo principal para la creación de la fábrica familiar, el objetivo de la fábrica es seguir mejorando con el tiempo e innovando su maquinaria para producir en mayor cantidad y calidad

Mejorar el sistema de seguridad para los trabajadores, equipos, maquinaria y materia prima en caso de generar un incendio, ayudara para el crecimiento productivo de la fábrica y poder establecerse como una de las mejores en la industria del papel

En el área de proceso de enrollamiento y de corte son los lugares de mayor riesgo de incendio ya que se encuentran chispas generadas por los motores de los rodillos y la hoja de sierra que utilizan para el proceso primario del corte del papel

La fábrica se encuentra a las afueras de la ciudad por lo cual si se genera un incendio los bomberos tardarían un estimado de 15 a 25 minutos en llegar a la fábrica teniendo alto riesgo de que se prolongue el incendio a sitios aledaños de la fábrica, Por lo cual el proyecto de un sistema contra incendio basado en la normativa NFPA es muy factible para evitar pérdidas en la fábrica y salvar guardas las vidas de los trabajadores

Justificación

El sistema contra incendios es **importante** para reducir posibles daños infraestructurales, equipos y materia prima que se encuentra al interior de la fábrica y tener una respuesta rápida en caso de un incendio, no tener pérdidas de tiempo en el proceso al momento de su reinicio y principalmente resguardar la vida de los trabajadores que se encuentran al interior de la fábrica

Al no controlar un incendio a la brevedad posible puede con llevar **impactos** ambientales teniendo como resultados sanciones a la fábrica por ser el causante del incendio y afectar el medio ambiente

Por la distancia que se encuentra la estación de bomberos y tiempos de respuesta en caso de un incendio, la fábrica al tener un sistema contra incendios será de **utilidad** al momento de controlar el incendio y cause daños a zonas aledañas de la fábrica

Los principales **beneficiarios** son los trabajadores y dueños de la fábrica porque con un sistema contra incendios tienen mayor seguridad, pueden desempeñar su trabajo sin ningún riesgo de incendio o en caso de generarse un incendio propagarlo inmediatamente

Actualmente la fábrica no cuenta con el sistema contra incendios por lo cual se encuentra en riesgo en caso de generarse un incendio y se sabe que tiene un riesgo mayor al trabajar con papel y cartón que al contacto con el fuego se consume rápidamente y puede ocasionar varias pérdidas, por lo cual se encuentra la **factibilidad** de implementar el sistema para una mayor seguridad

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar un sistema contra incendios cumpliendo con la normativa NFPA 10, 13, 20, 22 y 24 y sus características, para una fábrica cortadora de papel industrial y servilletas de uso doméstico

Objetivos específicos

- Analizar el estado actual de la fábrica cortadora de papel, mediante la metodología Meseri para disminuir los factores que puedan ocasionar un incendio al interior de la fábrica
- Seleccionar los elementos para un sistema contra incendios, mediante cálculos ingenieriles para las instalaciones de producción de la fábrica de papel industrial
- Elaborar un plano del SPCI mediante el software AutoCAD para la futura implementación e instalación del sistema

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa:

Se realizó una inspección con el objetivo de conocer la situación actual de la fábrica, en base al artículo 114 del Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección contra Incendios, indica que todo edificio público o lugar cerrado que se use como punto de reunión de personas, debe contar con un sistema de detección, alarmas contra incendios, extintores portátiles, sistemas contra incendios, y de requerirse los accionados en forma automática a través de fuentes alternas eléctricas de respaldo, sistemas de ventilación, equipos necesarios para la prevención y el combate de incendios.

Tabla 2

Reglamento de prevención contra incendios

REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

LUGAR RESPONSABLE NO.	IPMATHOAH S.A.S		FECHA 1/12/2022	OBSERVACIONES
	JEFFERSON CAIZA	ASPECTO A EVALUAR		
1		Las precauciones estructurales proveen a una edificación de la resistencia necesaria contra un incendio, limitando la propagación del mismo y reduciendo al mínimo el riesgo personal y estructural.	x	
2		Toda edificación dispondrá de al menos una fachada accesible al ingreso de los vehículos de emergencia, a una distancia máxima de ocho (8) metros libres de obstáculos con respecto a la edificación	x	
3		Todo medio de egreso por recorrer debe ser claramente visible e identificado de tal manera que todos los ocupantes de la edificación, que sean física y mentalmente capaces, puedan encontrar rápidamente la	x	

	dirección de escape desde cualquier punto hacia la salida	
4	Todo establecimiento de trabajo, comercio, prestación de servicios, alojamiento, concentración de público, parqueaderos, industrias, transportes, instituciones educativas públicas y privadas, hospitalarios, almacenamiento y expendio de combustibles, productos químicos peligrosos, de toda actividad que representen riesgos de incendio; deben contar con extintores de incendio del tipo adecuado a los materiales usados y a la clase de riesgo	x
5	Se colocará extintores de incendios de acuerdo a la normativa, esta exigencia es obligatoria para cualquier uso y para el cálculo de la cantidad de extintores a instalarse. No se tomará en cuenta aquellos que formen parte de las bocas de incendios equipadas (BIE).	x
6	La red hídrica de servicio contra incendios dispondrá de una derivación hacia la fachada principal del edificio o hacia un sitio de fácil acceso para los vehículos de bomberos y terminará en una boca de impulsión o hidrante de fachada de doble salida hembra (con anillos giratorios) o siamesa en bronce bruñido con rosca NST, ubicada a una altura mínima de noventa centímetros (90 cm) del piso terminado hasta el eje de la siamesa; tales salidas serán de 2 1/2 pulgadas (63.5 milímetros) de diámetro cada una y la derivación en hierro galvanizado del mismo diámetro de la cañería.	x
7	La presión mínima de descarga (pitón) requerida en el punto más desfavorable de la instalación de protección contra incendios para vivienda será de tres punto cinco kilogramos por centímetro cuadrado (3.5 Kg/cm ²) (50 PSI) y para industria cinco kilogramos por centímetro cuadrado (5 Kg/cm ²) (70 PSI). Este requerimiento podrá lograrse mediante el uso de un sistema adicional de presurización, el mismo que debe contar con una fuente de energía autónoma independiente a la red pública normal para lo cual se instalará un sistema de transferencia automática y manual	x

8	Las tuberías deben cumplir con las normas ASTM, puede ser de: hierro, acero o cobre sin costura. Deben resistir una presión de 12 kg/cm ² (170 PSI) como máximo, su diámetro será de 2 a 6 pulgadas (red principal) de la misma manera todos los accesorios deben ser normados por ASTM.	x
9	En aquellas edificaciones donde el servicio de protección contra incendios requiera de instalación estacionaria de agua para este fin, se debe proveer del caudal y presión suficientes, aún en caso de suspensión del suministro energético o de agua de la red general (municipal) por un período no menor a una hora. La reserva de agua para incendios estará determinada por el cálculo que efectuará el profesional responsable del proyecto, considerando un volumen mínimo de trece metros cúbicos (13 m ³).	x
10	Las especificaciones técnicas de ubicación de la reserva de agua y dimensionamiento del equipo de presurización estarán dadas por el respectivo cálculo hidráulico contra incendios, el mismo que será revisado y aprobado por el cuerpo de bomberos de su respectiva jurisdicción	x
11	De acuerdo con el tipo de proyecto o uso se colocará estratégicamente, estructuras que tienen la finalidad de aislar, confinar las áreas o sectores de incendios, evitando la propagación del fuego, de conformidad a las normas vigentes.	x
12	Tablero central, fuente de alimentación eléctrica, detectores de humo, alarmas manuales, difusores de sonidos, sistema de comunicación y señal de alarma sonora y visual.	x
13	Los proyectos de todo tipo de edificación deben contemplar un sistema de instalaciones eléctricas idóneo, el mismo. que estará sujeto a lo dispuesto en el artículo 45 de la Ley de Defensa Contra Incendios, el Código Eléctrico Ecuatoriano y por normas INEN (Instalaciones Eléctricas Protección Contra Incendios)	x
14	Sistema que tiene como función activar una instalación de respuesta ante la iniciación de un incendio o avisar a las personas posiblemente afectadas.	x
15	Todo sistema de detección y alarma de incendios debe estar instalado cumpliendo lo especificado en las normas NFPA 70 y 72	x

16	Las edificaciones de este uso que empleen estructura metálica, deben contar con un sistema de descargas estáticas atmosféricas (pararrayos), y debe garantizar un RF-120 y presentar certificaciones de la soldadura de acuerdo a la norma AWS D1.1.	x
17	Las construcciones de una sola planta, serán de materiales ignífugos y dotados de muros cortafuego en sus colindancias, para impedir la propagación del incendio de un local a otro y que garanticen un RF-120.	x
18	Todo establecimiento de trabajo en el cual exista riesgo potencial de incendio, dispondrá de sistemas automáticos de detección, alarma y extinción de incendios, cuyo funcionamiento esté asegurado aun cuando no exista personal o fluido eléctrico	x
19	Los establecimientos de tipo industrial o fabril deben contar con extintores de incendio del tipo adecuado (ver Tabla 2 del artículo 31 de este reglamento). Además, equipos, sistemas e implementos de protección contra incendios, los mismos que deben estar reglamentariamente señalizados de acuerdo a la norma NTE INEN 439.	x

Nota: Lista de deberes primordiales del Estado Ecuatoriano para proteger la vida y garantizar a sus habitantes el derecho a una seguridad integral en caso de un incendio. Elaborado: (REGLAMENTO de PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS, n.d.)

En la **Tabla 2** podemos encontrar los 19 ítems que solicita el reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios del cuerpo de bomberos para el permiso de funcionamiento para la fábrica cortadora de papel industrial, los cuales 14 ítems no cumplen teniendo un 74 % de no cumplimiento y 5 ítems que cumplen teniendo un 26 % de cumplimiento. Lo recomendable es mejorar y tratar de cumplir en su mayoría para que el cuerpo de bomberos les otorgue el permiso de funcionamiento y evitar multas económicas durante el tiempo de operación de la fábrica

En base al reglamento de prevención y mitigación que rige en el país, mediante la norma NFPA nos indica las pautas para los ítems que no cumple la fábrica y utilizarlas para dar mayor seguridad a los colaboradores, materia prima, máquinas - equipos de la fábrica,

nos ayuda con la guía de cómo realizar la adecuación al interior y exterior de la fábrica para pasar una inspección que realizan para facilitarle el permiso de funcionamiento

En las observaciones damos a conocer cuál es la norma que se va a utilizar para cada ítem que no cumple la fábrica y tener un respaldo en caso de un mejoramiento a futuro si lo necesita aparte del sistema contra incendios que se va a realizar en este proyecto

Tabla 3

Problemas encontrados en la fábrica en base al reglamento de prevención

REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS				
LUGAR RESPONSABLE NO.	JEFFERSON CAIZA ASPECTO A EVALUAR	IPMATHOAH S.A.S		FECHA 1/12/2022 OBSERVACIONES
		CUMPLE		
		SI	NO	
1	Todo medio de ingreso por recorrer debe ser claramente visible e identificado de tal manera que todos los ocupantes de la edificación, que sean física y mentalmente capaces, puedan encontrar rápidamente la dirección de escape desde cualquier punto hacia la salida		x	En base a la normativa NFPA 72, los rótulos deben ser claros y explicativos a una medida pertinente y visible al público
2	Todo establecimiento de trabajo, comercio, prestación de servicios, alojamiento, concentración de público, parqueaderos, industrias, transportes, instituciones educativas públicas y privadas, hospitalarios, almacenamiento y expendio de combustibles, productos químicos peligrosos, de toda actividad que representen riesgos de incendio; deben contar con extintores de incendio del tipo adecuado a los materiales usados y a la clase de riesgo		x	En base a la normativa NFPA 10, nos indica el tipo, clase y ubicación de los extintores dependiendo el riesgo de incendio

3	<p>La red hídrica de servicio contra incendios dispondrá de una derivación hacia la fachada principal del edificio o hacia un sitio de fácil acceso para los vehículos de bomberos y terminará en una boca de impulsión o hidrante de fachada de doble salida hembra (con anillos giratorios) o siamesa en bronce bruñido con rosca NST, ubicada a una altura mínima de noventa centímetros (90 cm) del piso terminado hasta el eje de la siamesa; tales salidas serán de 2 1/2 pulgadas (63.5 milímetros) de diámetro cada una y la derivación en hierro galvanizado del mismo diámetro de la cañería.</p>	x	<p>En base a la normativa NFPA 14, nos indica el tipo de montaje que se debe solicitar al cuerpo de bomberos, como diámetro de las mangueras y acoples de diferencia diámetro dependiendo el uso que se va dar</p>
4	<p>La presión mínima de descarga (pitón) requerida en el punto más desfavorable de la instalación de protección contra incendios para vivienda será de tres puntos cinco kilogramos por centímetro cuadrado (3.5 Kg/cm²) (50 PSI) y para industria cinco kilogramos por centímetro cuadrado (5 Kg/cm²) (70 PSI). Este requerimiento podrá lograrse mediante el uso de un sistema adicional de presurización, el mismo que debe contar con una fuente de energía autónoma independiente a la red pública normal para lo cual se instalará un sistema de transferencia automática y manual</p>	x	<p>En base a la normativa NFPA 25 nos indica cual debe ser la presión del agua en bares o psi, para un sistema contra incendios</p>
5	<p>Las tuberías deben cumplir con las normas ASTM, puede ser de: hierro, acero o cobre sin costura. Deben resistir una presión de 12 kg/cm² (170 PSI) como máximo, su diámetro será de 2 a 6 pulgadas (red principal) de la misma manera todos los accesorios deben ser normados por ASTM.</p>	x	<p>En base a la normativa NFPA 14, nos indica el tipo de material de las tuberías para un sistema contra incendios al interior de un establecimiento</p>

6	Las especificaciones técnicas de ubicación de la reserva de agua y dimensionamiento del equipo de presurización estarán dadas por el respectivo cálculo hidráulico contra incendios, el mismo que será revisado y aprobado por el cuerpo de bomberos de su respectiva jurisdicción	x	En base a la normativa NFPA 22, nos indica el material de la cisterna donde se va almacenar el agua para alimentar al sistema contra incendios
7	Los proyectos de todo tipo de edificación deben contemplar un sistema de instalaciones eléctricas idóneo, el mismo que estará sujeto a lo dispuesto en el artículo 45 de la Ley de Defensa Contra Incendios, el Código Eléctrico Ecuatoriano y por normas INEN (Instalaciones Eléctricas Protección Contra Incendios)	x	En base a la normativa NFPA 70, nos indica la seguridad eléctrica para los tableros principales de las empresas
8	Todo establecimiento de trabajo en el cual exista riesgo potencial de incendio, dispondrá de sistemas automáticos de detección, alarma y extinción de incendios, cuyo funcionamiento esté asegurado aun cuando no exista personal o fluido eléctrico	x	En base a la normativa NFPA 72, nos indica las medidas y ubicación de donde colocar las alarmas y activadores manuales en caso de un incendio

Nota: Lista de las observaciones que se le otorga para los ítems que no cumple la fábrica. Elaborado: (REGLAMENTO de PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS, n.d.)








En la **Tabla 3** observamos un resumen de lo ítems q no cumple la fábrica y damos la observación de cuál sería la norma NFPA adecuada para el tipo de problema que tiene en diferente área al interior de las instalaciones y así poder dimensionar adecuadamente los materiales, equipos que son necesarios para el sistema de protección contra incendios

A continuación, vamos a utilizar el método Meseri el cual nos va ayudar a realizar la inspección, identificación y evaluación del riesgo que se genera en la fábrica por no tener un sistema contra incendios el cual es necesario y de mucha importancia en caso de generarse un incendio y no pueda ser controlado con métodos inservibles

Inspección

En la actualidad la fábrica no cuenta con ninguna seguridad en caso de un incendio por lo cual vamos a detallar lo que le hace falta. Los datos sacados a continuación fueron tomados visualmente por los colaboradores que trabajan, conjuntamente con los dueños para el mejoramiento de la fábrica, basándose en el requerimiento del cuerpo de bomberos de la ciudad

Tabla 4
Inspección al interior de la fábrica

INSPECCIÓN DE LA FÁBRICA CORTADORA DE PAPEL INDUSTRIAL				
LUGAR		IPMATHOAH S.A.S		
No.	RESPONSABLE	JEFFERSON CAIZA	FECHA	1/12/2022
	Imagen	Aspecto a evaluar	Cumple	Observaciones
			SI NO	
1		Altura correspondiente para las tuberías contra incendios	x	s/n
2		Organización en el cableado de luz	x	Riesgo de corto circuito
3		Delimitar las áreas de trabajo	x	Espacio insuficiente
4		Orden y limpieza en el área de trabajo	x	Desorden
5		Motores alejados o herméticamente cerrados	x	Riesgo de incendios
6		Sin elementos de seguridad en caso de incendio	x	Falta de extintores
7		Señalización	x	No cumple

Nota: Con las carencias que tiene la fábrica tenemos un alto riesgo de incendio por varios factores que se encuentran al interior de las instalaciones. Elaborado: El investigador

En la **Tabla 4** especificamos los resultados de la inspección al interior de la fábrica, el lugar y varias observaciones que se pudo encontrar, las fallas, carencias que tiene, por lo cual le hace un lugar inseguro, de alto riesgo en caso de generarse un incendio

Identificar, evaluar los riesgos y amenazas de la fábrica

Para identificar las amenazas se pregunta al personal si ha pasado por algún suceso de incendio en el puesto de trabajo durante su tiempo de colaborador, se observa las instalaciones y posibles fallas que tiene el lugar donde se lleva a cabo la producción del papel industrial

Tabla 5
Identificación de amenazas

IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS

DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
PELIGRO DE INCENDIO POR CORTO CIRCUITO	Falta de mantenimiento
PELIGRO DE INCENDIO POR CHISPAS DE LOS MOTORES	Falta de mantenimiento de equipos
DAÑO DE LA INFRAESTRUCTURA	Góteras, ventilación
ORDEN Y LIMPIEZA	Desinterés del personal
FALTA DE EXTINTORES	Falta de un sistema contra incendios
FALTA DE CONOCIMIENTO	Falta de capacitación al personal
FALTA DE SEÑALIZACIÓN	Falta de interés de los propietarios
FALTA DE UN SPCI	Falta del diseño de un sistema que mitigue el fuego

Nota: las amenazas nos ayudan a identificar los problemas que tiene la fábrica para poder corregirlas. Elaborado: El investigador

En la **Tabla 5** identificamos las amenazas que tiene la fábrica, las cuales pueden ser causantes para ocasionar un incendio sin previo aviso, por ende, eleva a un alto riesgo de incendio, puede causar pérdidas de consideración en el ámbito económico y a su vez se le puede sancionar a la fábrica por no acatar la norma de seguridad para sus colaboradores

Tabla 6
Indicador de afectación

VALOR DE RIESGO	CALIFICACIÓN DE RIESGO
INFERIOR A 3	Muy malo
ENTRE 3 Y 5	Malo
ENTRE 5 Y 8	Bueno
SUPERIOR A 8	Muy bueno

Nota: Tabla donde nos indica el nivel de calificación dependiendo su riesgo. Elaborado: El investigador

En la **Tabla 6** podemos ver los indicadores los cuales se dividen en riesgos muy malos, malos, buenos y muy buenos, según el nivel de riesgo que tenga la fábrica la cual nos ayuda para realizar el análisis de la amenaza de un incendio, empezar a dar soluciones para que el riesgo sea favorable

Tabla 7

Matriz de análisis Meseri

Nombre de la Fábrica		Ipматоah. S.A.S	Fecha: 3/3/2023	ÁREA: 350 m ²		
Persona que realiza la evaluación:		Jefferson Caiza				
Concepto		Coficiente	Puntos	Concepto	Coficiente	Puntos
Construcción				Destructibilidad		
N de pisos	Altura			Por calor		
1 o 2	menor de 6m	3	3	Baja	10	0
3,4 o 5	entre 6 y 15 m	2		Media	5	
6,7,8 o 9	entre 15 y 28 m	1		Alta	0	
10 o más	mas de 28 m	0		Por humo		
Superficie mayor sector de incendio				Baja	10	0
De 0 a 500 m ²		5	5	Media	5	
De 501 a 1500 m ²		4		Alta	0	
De 1501 a 2500 m ²		3		Por corrosión		
De 2501 a 3500 m ²		2		Baja	10	0
De 3501 a 4500 m ²		1		Media	5	
Más de 4500 m ²		0		Alta	0	
Resistencia al fuego				Por agua		
Resistencia al fuego (Hormigón)		10	10	Baja	10	0
No combustible (Metálica)		5		Media	5	
Combustible (Madera)		0		Alta	0	
Falsos techos				Propagabilidad		
Sin falsos techos		5	3	Vertical		
Con falsos techos incombustibles		3		Baja	5	0
Con falsos techos combustibles		0		Media	3	

Factores de situación			
Distancia de los bomberos			
Menor de 5 km	5 min	10	2
Entre 5 y 10 km	5 y 10 min	8	
Entre 10 y 15 km	10 y 15 min	6	
Entre 15 y 25 km	15 y 25 min	2	
Más de 25 km	25 min	0	
Accesibilidad de edificios			
Bueno		5	1
Media		3	
Mala		1	
Muy mala		0	
Procesos			
Peligro de activación			
Bajo		10	5
Medio		5	
Alto		0	
Caja térmica			
Bajo		10	0
Medio		5	
Alto		0	
Combustibilidad			
Bajo		10	0
Medio		5	
Alto		0	
Orden y Limpieza			
Alto		10	0
Medio		5	
Bajo		0	

Alta					0	
Horizontal						
Baja					5 0	
Media					3	
Alta					0	
SUBTOTAL (X)						
32						
Factores de protección		Vigilancia humana				
Instalaciones y equipos		SIN		CON		
Detención Automática		Sin vh	Con vh	Sin vh	Con vh	Puntos
		0	2	3	4	0
Rociadores		Sin vh	Con vh	Sin vh	Con vh	Puntos
		5	6	7	8	5
Extintores portátiles			1		2	1
Bocas de incendios			2		4	2
Hidrantes exteriores			2		4	2
Organización						
Equipos de 1 intervención			2		2	Puntos
Equipos de 2 intervención			4		4	4
Plan de autoprotección			2		4	2
SUBTOTAL (Y)						
18						

	5	5
Valor de riesgo	$P = \frac{5}{129} (X) + \frac{5}{26} (Y)$	
P=	4,701848539	

Almacenamiento en altura			
Menor de 2 m		3	3
Entre 2 y 4 m		2	
Más de 6 m		0	
Factor de concentración			
Factor de concentración			
Menor de 500		3	0
Entre 500 y 1500		2	
Más de 1500		0	

Nota: Analizamos la vulnerabilidad y el riesgo que tiene la fábrica. Elaborado: El investigador

En la **Tabla 7** mediante el análisis se puede identificar un nivel de riesgo alto o malo, por lo cual es necesario implementar un sistema contra incendios con sus elementos principales como son los rociadores, para poder evitar cualquier tipo de incidente y multas económicas para la fábrica, adicional se analizó todos los elementos que intervienen al interior del lugar donde se va a realizar la futura implementación, asegurarse que cumpla con todo lo requerido para tener un índice de riesgo adecuado

Identificación de la fábrica

Tabla 8

Datos de la fábrica cortadora de papel

RAZÓN SOCIAL	IPMATOAH S.A.S
UBICACIÓN	Latacunga, parroquia tanicuchi
DIRECCIÓN	cuilche miño, calle Cotopaxi
CELULAR	939733939
E-MAIL	ipmatoa2021@hotmail.com

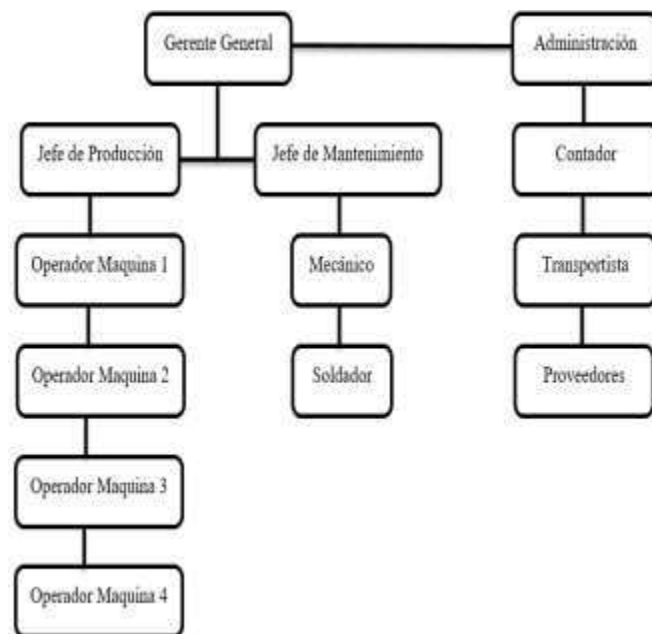
Nota: La tabla nos indica los datos de la fábrica cortadora de papel industrial.

Elaborado: El investigador

A continuación, describiremos mediante un organigrama estructural de los puestos o áreas que tiene la fábrica

Figura 1

Organigrama estructural



Nota: Áreas en las cuales se divide la fábrica cortadora de papel. Elaborado: El investigador

En la **Figura 1** se describe las principales áreas de trabajo del personal que colabora en la producción del corte de papel industrial

Como se muestra en el organigrama son alrededor de 15 personas que colaboran en la producción de corte y embalaje del papel, en cada área de producción se tiene un riesgo de incendio por lo cual es muy necesario tener un sistema contra incendios ya sea en un extintor o a su vez rociadores de agua en caso que el incendio no pueda ser controlado con otros elementos externos al sistema planteado

Área de estudio

Dominio: Tecnología y Sociedad

Línea de investigación: Seguridad, salud laboral y ambiente

Campo: Ingeniería industrial

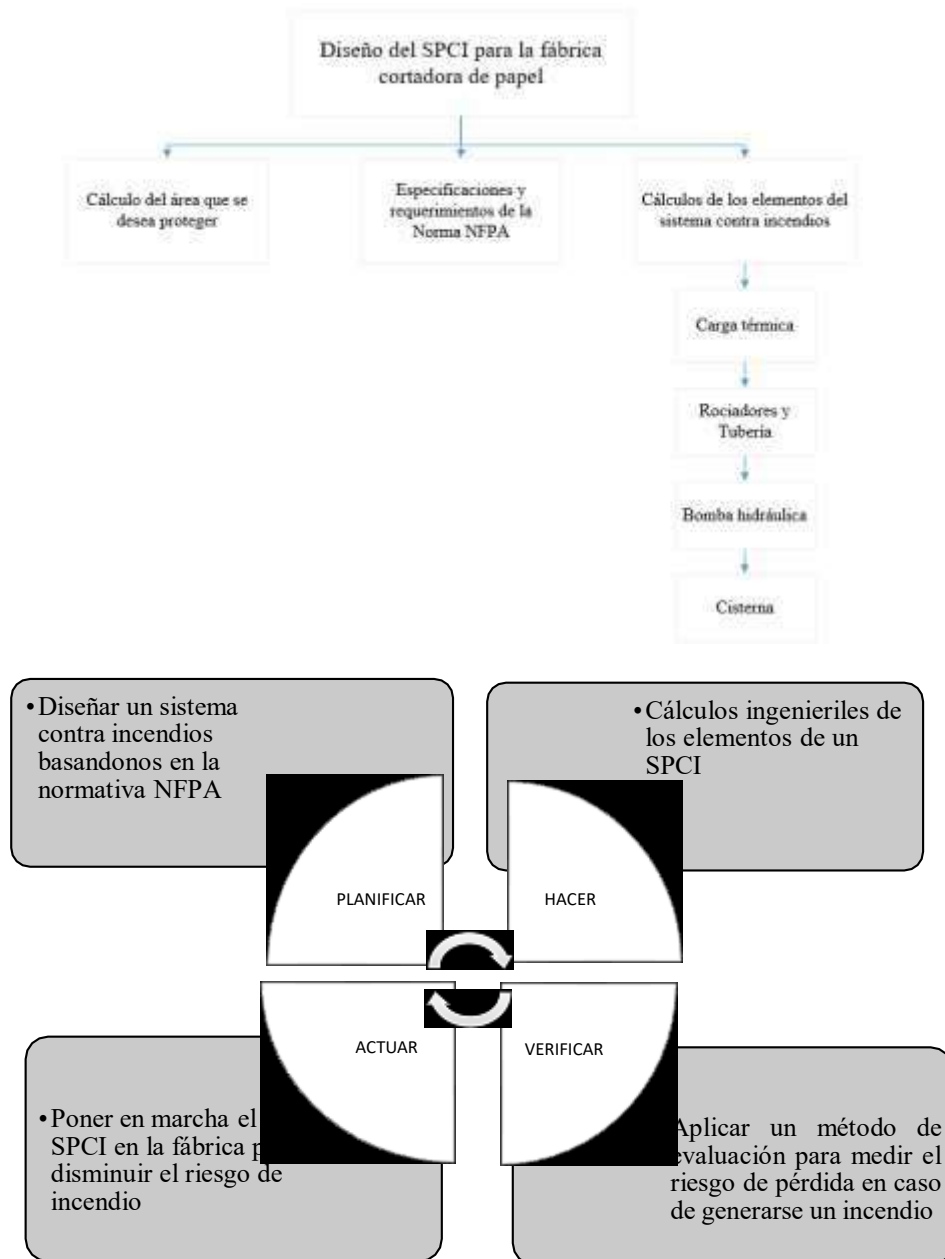
Área: Seguridad, ambiente y mejora continua

Aspectos: Prevención contra incendios

Objeto de estudio: Fábrica cortadora de papel industrial

Periodo de análisis: Octubre - abril 2023

Figura 2
Modelo operativo



Nota: El sistema de protección contra incendio (SPCI). Elaborado: El investigador

En la **Figura 2** observamos el modelo operativo que se utilizará para la planificación del proyecto, que se desea realizar, como se va a realizar el sistema contra incendios, verificar cual es el beneficio que va tener implementar el sistema y por ultimo poner en marcha el proyecto para ver los resultados

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta

El diseño de un sistema de protección contra incendios nos ayudará en la fábrica para disminuir las pérdidas de la materia prima, equipos y vidas humanas en caso de generarse un incendio, ayudará a la mejora, presentación, seguridad para los colaboradores, adicional nos facilitará los permisos de funcionamiento que requiere cualquier fábrica de manufactura donde realizan procesos de producción de cortes y embobinados de papel higiénico industrial

La fábrica cortadora de papel industrial es el lugar donde vamos a implementar el sistema contra incendios, la cual se divide en 10 áreas las cuales cuentan con diferentes departamentos ya sea administrativo o productivo, pero de igual manera se las debe cubrir por el sistema por seguridad contra incendios, ya sea de sus equipos, sus colaboradores e infraestructura

Figura 3

Fábrica de papel industrial



Nota: La figura nos muestra el área de almacenamiento y otras áreas donde se puede observar el riesgo que se tiene al no tener un sistema contra incendios. Elaborado: El investigador

Por falta de los ítems anteriores la fábrica puede pagar multas económicas en base al permiso de funcionamiento que otorga el departamento de bomberos, también puede afectar a la producción y poner en riesgos al personal y materia prima en caso de un incendio

Figura 4
Áreas a proteger



Nota: Layout de las áreas que se desea proteger. Elaborado: El investigador

En la **Figura 4** tenemos las diferentes áreas que tiene la fábrica, la cual deseamos cubrir con el sistema de protección contra incendios, tomando en cuenta el nivel de todas las áreas y el caudal que es necesario para cada una de ellas

Cálculo de la carga térmica

La fórmula general de cálculo de la carga térmica ponderada o de la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida de un sector de incendio conocido los materiales y su peso individual, que se almacenan en el sector de incendio, se expresa mediante la ecuación:

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^n q_{si} \cdot S_i \cdot C_i}{A} Ra \quad (1)$$

Qs: Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio expresada en: MJ/m² o Mcal/m²

q_{si} = Densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio, los resultados de los cálculos se expresan en MJ/m² o Mcal/m²

C_i = Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles que existen en el sector de incendio en este caso sería alto = 1.60

R_a = Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación y almacenamiento, en este caso es 1,5

A = Superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m², un total de 350 m²

n = Número de materiales combustibles.

Q_{si} : Área operativa es de 241.5 m², donde se encuentra el papel, su almacenamiento y producción, con una densidad de carga de fuego de 270480 MJ

Q_{si} : Área administrativa es de 108.5 m², donde se encuentra muebles de oficina, documentos, con una densidad de carga de fuego de 86800 MJ

$$Q_s = \frac{357280 \text{ MJ}}{350 \text{ m}^2} 1.5$$

$$Q_s = 1531.2 \text{ MJ/m}^2$$

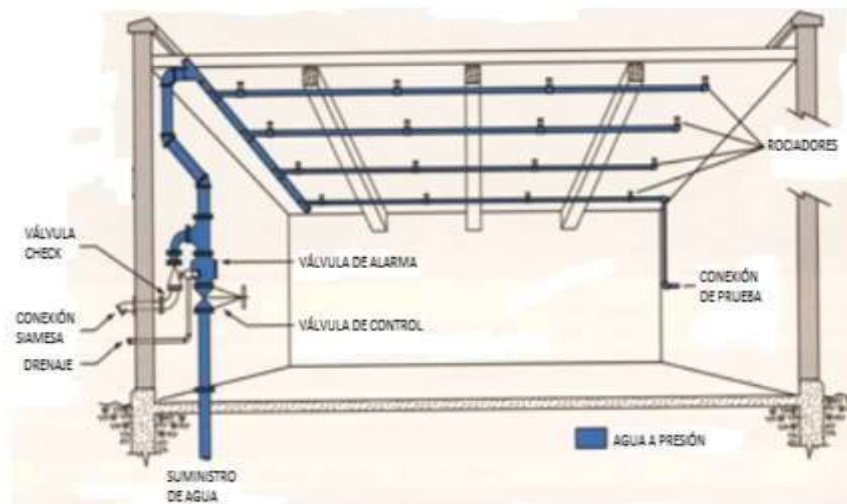
Nivel de riesgo intrínseco es medio, grado 4 con un rango de densidad de $1275 < Q_s \leq 1700$, Este cálculo es referencial, sirve para estimar la cantidad de calor generada en el caso hipotético que la fábrica este sometida bajo la acción del fuego

Sistema de rociadores contra incendios

La norma más utilizada para el diseño, calculo e instalación de sistema de rociadores contra incendios es la NFPA 13, la cual nos indica diferentes tipos de sistema que pueden aplicarse en las fábricas de manufactura dependiendo el riesgo que tenga y las condiciones ambientales del lugar

Figura 5

Sistema de tubería húmeda



Nota: Sistema de rociadores contra incendio tipo árbol. Elaborado: (NFPA 13, 2016).

El sistema contiene agua a presión en la red de tuberías de todo el sistema, cuando se produce fuego al interior de la fábrica y detecte la cantidad de calor necesaria se debe activar el paso del agua para que mediante los rociadores evacuen el líquido y pueda mitigar el incendio

Área de cobertura de los rociadores

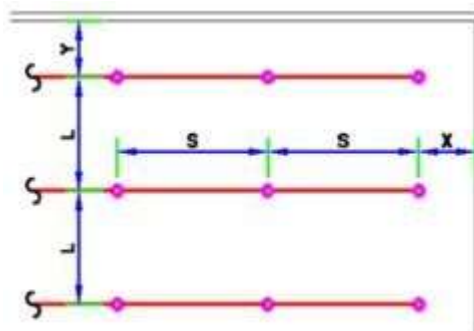
Figura 6
Área de cobertura

Clase de Ocupación	Área de Cobertura Máxima
Riesgo Ligero	225 pie ² (20 m ²)
Riesgo Ordinario	130 pie ² (12 m ²)
Riesgo Extra y Almacenaje en pilas altas	130 pie ² (12 m ²)*
	100 pie ² (9 m ²)**

Nota: Clase de ocupación y el área de cobertura máxima de los rociadores. Elaborado: (NFPA 13, 2018).

Es la **Figura 6** observamos la medida del área en ft² (m²) sobre la cual asume que el rociador va a descargar el agua, para efectos de distribución de los rociadores y cálculos en la etapa del diseño del sistema de protección contra incendio, como indica la norma NFPA 13 depende del tipo de construcción, el riesgo de ocupación y la clase de rociadores utilizados, pero nunca debe exceder de 400 ft² (37 m²), para el caso del proyecto se utiliza la de riesgo ordinario con una medida de 130 ft² (12 m²)

Figura 7
Determinación del área de cobertura de rociadores



Nota: Separación de los rociadores en sentido S y L. Elaborado: (NFPA 13, 2018).

En la **Figura 7** observamos el sentido de los rociadores (S), se selecciona el mayor valor entre la distancia al próximo rociador y dos veces la separación a la pared; Entre ramales (L), se selecciona el mayor valor entre la distancia perpendicular a los rociadores conectados a los ramales adyacentes y dos veces a la separación a la pared; Para el área de cobertura (Ar) para el rociador se establece multiplicando la dimensión (S) por la dimensión (L)

$$Ar = s * l \tag{2}$$

Figura 8
Separación entre rociadores

Clase de Ocupación	Separación entre rociadores		Separación a paredes	
	Máxima	Minima	Máxima	Minima
Riesgo Ligero	15 pies (4,6 m)	6 pies (1,8 m)	7,5 pies (2,3 m)	4" (10 cm)
Riesgo Ordinario	15 pies (4,6 m)		7,5 pies (2,3 m)	
Riesgo Extra y Almacenaje en Pilas Altas	15 pies (4,6 m)*		7,5 pies (2,3 m)*	
	12 pies (3,7 m)**		6 pies (1,8 m)**	

Nota: Separaciones máxima y mínimas entre rociadores. Elaborado: (NFPA 13, 2018).

En la **Figura 8** tenemos las medidas de las separaciones máxima y mínimas entre los rociadores y la separación a la pared, tratándose de una ocupación de riesgo ordinario I, los rociadores a lo largo del ramal se distancian a 15 ft (4.6 m) que es la separación máxima y en los ramales adyacentes no puede exceder una separación de 8.60 ft (2.62 m) dándonos una cobertura de 130 ft² (12 m²)

Rociadores y el Factor K

Figura 9
Factor K

<i>Factor K nominal [gpm/(psi)^{1/2}]</i>	<i>Factor K nominal [lpm/(bar)^{1/2}]</i>	<i>Rango del factor K [gpm/(psi)^{1/2}]</i>	<i>Porcentaje de flujo respecto a K = 5,6</i>
1,4	20	1,3-1,5	25
1,9	27	1,8-2,0	33,3
2,8	40	2,6-2,9	50
4,2	60	4,0-4,4	75
5,6	80	5,3-5,8	100
8	115	7,4-8,2	140
11,2	160	10,7-11,7	200
14,0	200	13,5-14,5	250
16,8	240	16,0-17,6	300
19,6	280	18,6-20,6	350
22,4	320	21,3-23,5	400
25,2	360	23,9-26,5	450
28,0	400	26,6-29,4	500

Nota: Descarga relativa de los rociadores y su valor K nominal. Elaborado: (NFPA 13, 2018).

Consiste en utilizar el factor K nominal (5.6) en los cálculos hidráulicos de los sistemas de rociadores, ya que nos ayuda para la descarga del caudal que circula por toda la tubería sin ninguna interrupción durante el funcionamiento del sistema

Tuberías del SPCI

La tubería debe cumplir los estándares establecidos en la Norma NFPA 24 (ASMT), sobre los materiales y dimensiones de tubos para la protección contra incendios, para su instalación consideramos las especificaciones técnicas y de calidad para la tuberías y accesorios.

ASTM A 795, Especificación normalizada para tuberías de acero negro (galvanizadas) revestidas en zinc, por inmersión en calientes soldadas y sin costura para uso con fines de protección contra incendios, debe diseñarse para una presión de 150 PSI y probarse hidrostáticamente durante unas 2 horas de trabajo

Figura 10
Tipo de tuberías

Tubería o Tubo	Valor C*
Fundición de hierro o fundición dúctil sin recubrimiento interior	100
Acero negro (sistemas de tubería seca, incluyendo de preacción)	100
Acero negro (sistemas de tubería húmeda, incluyendo diluvio)	120
Galvanizada (toda)	120
Plástico (listada), toda	150
Fundición de hierro o fundición dúctil, revestida de cemento	140
Cobre o acero inoxidable	150

Nota: Tipo de tubería y el valor de su coeficiente. Elaborado: El investigador

Figura 11
Dimensiones de la tubería

Diámetro nominal del tubo		Cédula 10 ¹				Cédula 30				Cédula 40						
		Diámetro externo		Diámetro Interno		Espesor de la Pared		Diámetro interno		Espesor de la Pared		Diámetro interno		Espesor de la Pared		
Pulg.	Pulg.	(mm)	pulg.	(mm)	Pulg.	(mm)	Pulg.	(mm)	pulg.	(mm)	pulg.	(mm)	pulg.	(mm)	pulg.	(mm)
1/2	0.840	(21.3)	0.674	(17)	0.083	(2.1)	—	—	—	—	0.622	(15.8)	0.109	(2.8)	—	—
3/4	1.050	(26.7)	0.884	(22.4)	0.083	(2.1)	—	—	—	—	0.824	(21.0)	0.113	(2.9)	—	—
1	1.315	(33.4)	1.097	(27.9)	0.109	(2.8)	—	—	—	—	1.049	(26.6)	0.133	(3.4)	—	—
1 1/4	1.660	(42.2)	1.442	(36.6)	0.109	(2.8)	—	—	—	—	1.380	(35.1)	0.140	(3.6)	—	—
1 1/2	1.900	(48.3)	1.682	(42.7)	0.109	(2.8)	—	—	—	—	1.610	(40.9)	0.145	(3.7)	—	—
2	2.375	(60.3)	2.157	(54.8)	0.109	(2.8)	—	—	—	—	2.067	(52.5)	0.154	(3.9)	—	—
2 1/2	2.875	(73.0)	2.635	(66.9)	0.120	(3.0)	—	—	—	—	2.469	(62.7)	0.203	(5.2)	—	—
3	3.500	(88.9)	3.260	(82.8)	0.120	(3.0)	—	—	—	—	3.068	(77.9)	0.216	(5.5)	—	—
3 1/2	4.000	(101.6)	3.760	(95.5)	0.120	(3.0)	—	—	—	—	3.548	(90.1)	0.226	(5.7)	—	—
4	4.500	(114.3)	4.260	(108.2)	0.120	(3.0)	—	—	—	—	4.026	(102.3)	0.237	(6.0)	—	—
5	5.563	(141.3)	5.295	(134.5)	0.134	(3.4)	—	—	—	—	5.047	(128.2)	0.258	(6.6)	—	—
6	6.625	(168.3)	6.357	(161.5)	0.134 ²	(3.4)	—	—	—	—	6.065	(154.1)	0.280	(7.1)	—	—
8	8.625	(219.1)	8.249	(209.5)	0.188 ¹	(4.8)	8.071	(205.0)	0.277	(7.0)	—	—	—	—	—	—
10	10.75	(273.1)	10.37	(263.4)	0.188 ²	(4.8)	10.14	(257.6)	0.307	(7.8)	—	—	—	—	—	—

Nota: Dimensiones de la tubería cédula 40. Elaborado: El investigador

En la **Figura 11** nos indica los valores del diámetro de cada una de las tuberías, se tomará los valores de los diámetros dependiendo de la tubería que se desea utilizar, en este caso

vamos a tomar la de 2, 2 ½ , y 4 pulgadas, cédula 40 como nos indica la norma y la que mejor se adapta para el sistema y las adecuaciones de la fábrica

Cálculo de las áreas a proteger

La fábrica está hecha de bloque, hormigón y estructura metálica para una mayor resistencia y duración, cuenta con un ancho de 14 metros y largo de 25 metros dándonos un área de 350 m², tiene una altura de 5.5 metros, cuenta con algunos orificios de ventilación, pero es necesario que cuente con un sistema de protección contra incendios para mayor seguridad

Especificaciones y requerimientos de la norma NFPA

Para tener los parámetros del diseño se debe determinar todas las áreas de la fábrica y cuál sería el riesgo para dimensionar un número de rociadores adecuados que abastezcan para mitigar el fuego en caso de un incendio

En base a la norma NFPA 13 nos indica, lugares de riesgo y la ocupación que se realiza

- Riesgo Leve: Menos de 425 MJ/m², Contiene combustible en pocas cantidades o no contiene, incluye muebles, decoraciones de cocina
- Riesgo Ordinario I: Entre 852 y 3400 MJ/m², lugares donde están presentes comedores, tiendas de mercadería y almacenamiento correspondiente, manufactura ligera, operaciones de investigación, taller o mantenimiento de áreas de servicios de menor riesgo, tiene material combustible bajo
- Riesgo Ordinario II: Posee cantidad de combustible moderado a alto.

- Riesgo Extra I: Mas de 3400 MJ/m², lugares como taller de carpintería, reparación de vehículos, reparación de aeroplanos y buques, manipulación de líquidos inflamables, la cantidad y calidad de combustible es moderada
- Riesgo Extra II: La cantidad de sustancia inflamable o líquido combustible es muy alta

Figura 12
Clasificación de riesgo

Riesgo leve	<ul style="list-style-type: none"> • Iglesias • Clubes • Instituciones educativas (salones de clases) • Hospitales, incluidos los hospitales de animales y las instalaciones veterinarias • Centros penitenciarios y de atención psiquiátrica • Librerías, excepto salones con grandes estanterías • Museos • Asilos y hogares de convalecencia • Oficinas, incluyendo procesamiento de datos • Residencias • Áreas de sillas en restaurantes • Teatros y auditorios, excluyendo escenarios y proscenios • Áticos no usados 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones agrícolas • Graneros y establos • Molinos de cereales • Plantas químicas - ordinarias • Productos de confitería • Destilerías • Tritoneras al seco • Molinos de alimentos • Establos de caballos • Manufacturas de bienes de piel • Librerías - salones de grandes estanterías • Talleres de maquinaria • Trabajos en metales • Centros mercantiles • Molinos de pulpa y papel • Plantas de proceso de papel • Mueles y entarcaderos • Fabricación de plásticos, incluyendo molde por soplado, extrusión y mecanizado, excluyendo las operaciones con fluidos hidráulicos combustibles • Oficinas postales • Imprentas y artes gráficas • Garajes de reparación de autos
Riesgo ordinario (grupo 1)	<ul style="list-style-type: none"> • Salas de exhibición y estacionamiento de automóviles • Panaderías • Fábricas de bebidas • Fábricas de conservas • Manufactura y procesamiento de productos lácteos • Plantas de electrónica • Manufactura de vidrio y productos de vidrio • Lavanderías • Áreas de servicio de restaurantes • Cuartos de mecánica 	<ul style="list-style-type: none"> • Hangares de avión (excepto los regidos por la NFPA 406) • Áreas de uso de fluido hidráulico combustible • Fundiciones • Extrusión de metales • Manufactura de tablas de aglomerado y contactaplasto • Imprentas (que usan tintas con punto de inflamación menor a 38°C) • Recuperación, composición, secado, molido y vulcanizado de cauchos • Aserraderos • Selección, apertura, meclado, peinado o cardado de textiles, combinación de algodón, fibras sintéticas, lana o estopa • Tapizado con goma espuma
Riesgo extra (grupo 2)	<ul style="list-style-type: none"> • Saturación de asfalto • Pulverización de líquidos inflamables • Revestimiento con líquido • Templado con aceite en línea abierta • Procesamiento de plásticos • Limpieza con solventes • Barnizado y pintado por inmersión • Sistemas de elevación y estacionamiento de vehículos con 2 vehículos apilados verticalmente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo extra (grupo 1)

Nota: Los riesgos y ocupaciones que rige en la norma NFPA13. Elaborado: (Morell, 2021)

Tabla 9

Descripción del riesgo por áreas

N.	DESCRIPCIÓN	OCUPACIÓN	ÁREA (M ²)	ÁREA (FT ²)
1	Oficinas	Riesgo ordinario I	40	430,556
2	Taller de mantenimiento	Riesgo ordinario I	28	301,389
3	Bodega	Riesgo ordinario I	75	807,293
4	Área de carga y descarga	Riesgo ordinario I	40	430,556
5	Área de enrollamiento	Riesgo ordinario I	37,5	403,6466
6	Área de corte	Riesgo ordinario I	22,5	242,188
7	Área de empaque	Riesgo ordinario I	22,5	242,188
8	Área de despacho	Riesgo ordinario I	16	172,223
9	Área del Pasillo	Riesgo ordinario I	52,5	565,1053
10	Área de Recepción	Riesgo ordinario I	16	172,223

Nota: Dependencias del Centro de Operaciones con el riesgo asignado según la norma NFPA 13. Elaborado: El investigador

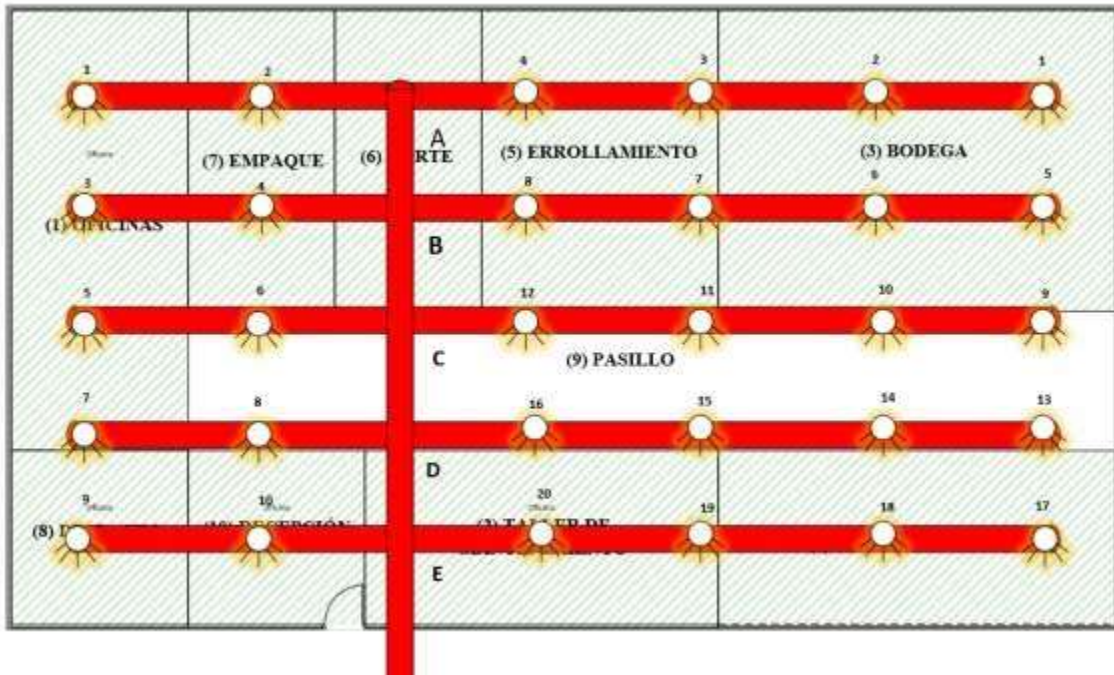
En la **Tabla 9** indicamos las áreas que se desea cubrir con los rociadores, vamos a estimar por nivel de riesgo que tiene cada una y según la ocupación que se realiza en la estación de trabajo, puede ser operativa o administrativa

Cálculos de los elementos del sistema contra incendios

Densidad y área de diseño

Para determinar la demanda necesaria (caudal y presión de agua) de un sistema de rociadores se debe realizar cálculos hidráulicos, que permitan ajustar los tamaños de las tuberías que se va utilizar para proporcionar una densidad de descarga o caudal mínimo por rociador, los cálculos se realizaran mediante el método de la densidad y área propuestos en la norma NFPA 13, dependiendo al nivel de riesgo que tenga el área que se desea proteger

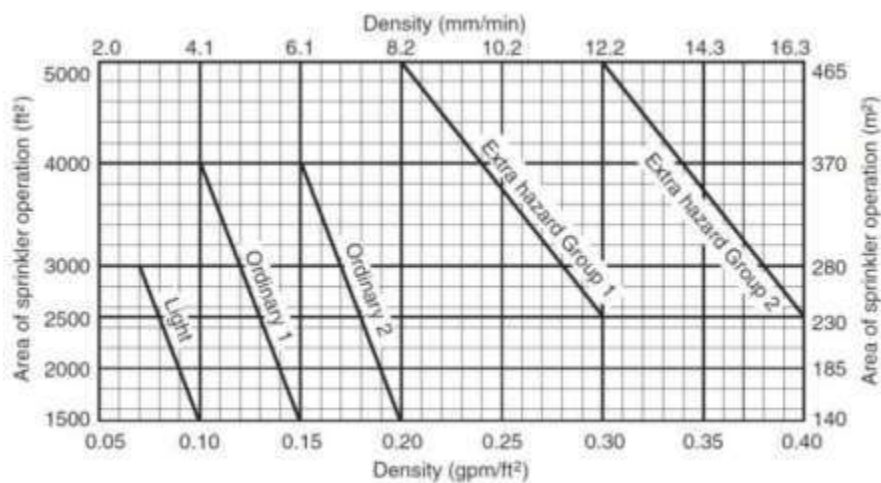
Figura 13
Rociadores



Nota: Rociadores ubicados en el área total de protección. Elaborado: El investigador

En la **Figura 13** tenemos la ubicación de los rociadores, cubriendo en su totalidad las áreas administrativas y de producción, en caso de generarse un incendio al interior de la fábrica tendrán la posibilidad de salvaguardar sus equipos, materiales y vidas de los colaboradores

Figura 14
Curva de diseño de la densidad y área



Nota: Se divide en varios niveles de riesgo. Elaborado: (NFPA 13, 2016).

Según el tipo de riesgo que tiene debemos escoger el valor de la **Figura 14** y multiplicarlo por el área máxima que cubre el rociador y así calcular el valor del caudal necesario que va utilizar al momento de la descarga de agua mediante el rociador

Para calcular el número de rociadores en las áreas de producción de la fábrica, se necesita saber el área de cobertura máxima de los rociadores, donde observamos en la **Figura 6**, la especificación basándose al nivel de riesgo que tiene el área que vamos a calcular

Área total de la fábrica 4000 ft²

Área total (Ad)= 4000 ft²

$$Nr = Ad/Ar \quad (3)$$

$$Nr = 4000/130$$

$$Nr = 30.76 = 30 - 31 \text{ Rociadores}$$

Calcular el caudal (Q1) mínimo en el primer rociador, se determina multiplicando la densidad de descarga por el área de cobertura del rociador

$$Q = Dd * Ar \quad (4)$$

$$Q1 = 0.15 \text{ gpm/ft}^2 * 130 \text{ ft}^2$$

$$Q1 = 19.5 \text{ gpm}$$

Calcular la presión (P1) mínima en el primer rociador, se calcula con la ecuación de flujo por orificios:

$$Q = K*\sqrt{P} = P = (Q/K)^2 \quad (5)$$

Asumamos un factor K de 5.6

$$P1 = (19.5 / 5.6)^2 \quad (6)$$

$$P1 = 12.12 \text{ psi}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf1) entre los rociadores 1 y 2, para este proyecto se utilizará la fórmula de Hazen – Williams para calcular las pérdidas por fricción

$$Pf = 4.52 * \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}} \quad (7)$$

Pf = Pérdida por fricción en psi / pie

Q = Caudal en gpm

C = Coeficiente de rugosidad, depende de la tubería 120 acero negro (**Figura 10**)

D = Diámetro interior real de la tubería en pulgada o m (**Figura 11**)

$$Pf1 = 4.52 * \frac{19.5^{1.85}}{120^{1.85} * 2.067^{4.87}}$$

$$Pf1 = 4.56 \times 10^{-3} \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 13.12 \text{ ft}$$

$$Pf1 = 0.059 \text{ psi}$$

La pérdida por fricción (P2) entre el rociador 1 y 2 se suma a la presión en el primer rociador para obtener la presión requerida en el rociador 2

$$P2 = P1 + Pf1 \quad (8)$$

$$P2 = 12.12 \text{ psi} + 0.059 \text{ psi}$$

$$P2 = 12.17 \text{ psi}$$

Calcular el caudal (Q2) por el rociador 2, se determina mediante la ecuación de flujo por orificios

$$Q_2 = K \cdot \sqrt{P_2} \quad (9)$$

$$Q_2 = 5.6 \cdot \sqrt{12.17}$$

$$\mathbf{Q_2 = 19.535 \text{ gpm}}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf2) entre los rociadores 3 y 2, donde el caudal que pasa entre los rociadores 3 y 2 es la suma de los caudales de los rociadores 1 y 2

$$Q_{3-2} = Q_1 + Q_2 \quad (10)$$

$$Q_{3-2} = 19.5 \text{ gpm} + 19.535 \text{ gpm}$$

$$Q_{3-2} = 39.03 \text{ gpm}$$

$$Pf_2 = 4.52 * \frac{39.03^{1.85}}{120^{1.85} * 2.067^{4.87}}$$

$$Pf_2 = 0.016 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 13.12 \text{ ft}$$

$$Pf_2 = 0.216 \text{ psi}$$

Obtener la presión (P3) en el rociador 3, la pérdida por fricción entre los rociadores 3 y 2 se suman a la presión en el rociador 2 para obtener la presión requerida en el rociador 3

$$P_3 = P_2 + P_{f2}$$

$$P_3 = 12.17 \text{ psi} + 0.216 \text{ psi}$$

$$\mathbf{P_3 = 12.38 \text{ psi}}$$

Calcular el caudal (Q3) en el rociador 3, se determina mediante la ecuación de flujo por orificios

$$Q_3 = K \cdot \sqrt{P_3}$$

$$Q3 = 5.6 * \sqrt{12.38}$$

$$Q3 = 19.70 \text{ gpm}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf3) entre los rociadores 4 y 3, donde el caudal que pasa entre los rociadores 4 y 3 es la suma de los caudales de los rociadores 1, 2 y 3

$$Q4-3 = Q1 + Q2 + Q3$$

$$Q4-3 = 19.5 \text{ gpm} + 19.535 \text{ gpm} + 19.70 \text{ gpm}$$

$$Q4-3 = 58.73 \text{ gpm}$$

$$Pf3 = 4.52 * \frac{58.73^{1.85}}{120^{1.85} * 2.067^{4.87}}$$

$$Pf3 = 0.035 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 13.12 \text{ ft}$$

$$Pf3 = 0.460 \text{ psi}$$

Obtener la presión (P4) en el rociador 4, la pérdida por fricción entre los rociadores 4 y 3 se suma a la presión en el rociador 3 para obtener la presión requerida en el rociador 4

$$P4 = P3 + Pf3$$

$$P4 = 12.38 \text{ psi} + 0.460 \text{ psi}$$

$$P4 = 12.84 \text{ psi}$$

Calcular el caudal (Q4) en el rociador 4, se determina mediante la ecuación del flujo por orificios

$$Q4 = K * \sqrt{P4}$$

$$Q4 = 5.6 * \sqrt{12.84}$$

$$Q4 = 20.06 \text{ gpm}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf4) entre el punto A y el rociador 4, la cual intersecta un accesorio de conexión como es la T, el caudal que pasa por la tubería entre el punto A y el rociador 4 es la suma de los caudales por los rociadores 1, 2, 3 y 4

$$Q_{A-4} = Q1 + Q2 + Q3 + Q4$$

$$Q_{A-4} = 19.5 \text{ gpm} + 19.53 \text{ gpm} + 19.70 \text{ gpm} + 20.06 \text{ gpm}$$

$$Q_{A-4} = 78.79 \text{ gpm}$$

$$Pf4 = 4.52 * \frac{78.79^{1.85}}{120^{1.85} * 2.067^{4.87}}$$

$$Pf4 = 0.060 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 8.5 \text{ ft}$$

$$Pf4 = 0.51 \text{ psi}$$

Obtener la presión (PA) en el punto A, la pérdida por fricción entre el punto y el rociador 4 se suma a la presión en el rociador 4 para obtener la presión requerida en el punto A

$$PA = P4 + Pf4$$

$$PA = 12.84 \text{ psi} + 0.51 \text{ psi}$$

$$PA = 13.35 \text{ psi}$$

Calcular el factor K para la intercesión del ramal con el colector, con la presión y el caudal en el punto de inversión (A) se determina un factor K, utilizando la ecuación de flujo por orificios

$$K = Q_{A-4} * \sqrt{PA} \tag{11}$$

$$K = \frac{78.79 \text{ gpm}}{\sqrt{13.35 \text{ psi}}}$$

$$K = 21.56$$

El factor K es igual para todas las demás intersecciones que sean similares

Calcular la pérdida por fricción (Pf5) entre puntos B y A, el caudal que pasa entre los puntos B y A, es el mismo que va del punto A al rociador 4

$$Q_{B-A} = 78.79 \text{ gpm}$$

$$Pf5 = 4.52 * \frac{78.79^{1.85}}{120^{1.85} * 2.067^{4.87}}$$

$$Pf5 = 0.060 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 8.5 \text{ ft}$$

$$Pf5 = 0.51 \text{ psi}$$

Obtener la presión (PB) en el punto B, la pérdida por fricción entre los puntos B y A se suman a la presión en el punto A para obtener la presión requerida en el punto B

$$PB = PA + Pf5$$

$$PB = 13.35 \text{ psi} + 0.51 \text{ psi}$$

$$PB = 13.86 \text{ psi}$$

Calcular el caudal (QB-8) que sale hacia el ramal conectado en el punto B, mediante la ecuación de flujo por orificios, utilizando el nuevo factor K

$$Q_{B-8} = k * \sqrt{PB}$$

$$Q_{B-8} = 21.56 * \sqrt{13.86}$$

$$Q_{B-8} = 80.26 \text{ gpm}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf6) entre los puntos C y B, el caudal (QC-B) que pasa entre los puntos C y B es la suma de los caudales que salen por las intersecciones A y B

$$QC-B = QA-4 + QB-8$$

$$QC-B = 78.79 \text{ gpm} + 80.26 \text{ gpm}$$

$$QC-B = 159.05 \text{ gpm}$$

$$Pf6 = 4.52 * \frac{159.05^{1.85}}{120^{1.85} * 2.067^{4.87}}$$

$$Pf6 = 0.221 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 8.5 \text{ ft}$$

$$Pf6 = 1.88 \text{ psi}$$

Obtener la presión (PC) en el punto C, la pérdida por fricción entre los puntos C y B se suma a la presión en el punto B para obtener la presión requerida en el punto C

$$PC = PB + Pf6$$

$$PC = 13.86 \text{ psi} + 1.88 \text{ psi}$$

$$PC = 15.74 \text{ psi}$$

Calcular el caudal (QC-12) que sale hacia el ramal conectado en el punto C, mediante la ecuación de flujo por los orificios, utilizando el nuevo factor K

$$QC-12 = k * \sqrt{PC}$$

$$QC-12 = 21.56 * \sqrt{15.74}$$

$$QC-12 = 85.53 \text{ gpm}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf7) entre los puntos D y C, el caudal (QD-C) que pasa entre los puntos D y C es la suma de los caudales que salen por las intersecciones A, B, y C

$$QD-C = QA-4 + QB-8 + QC-12$$

$$QD-C = 78.79 \text{ gpm} + 80.26 \text{ gpm} + 85.53 \text{ gpm}$$

$$QD-C = 244.58 \text{ gpm}$$

$$Pf7 = 4.52 * \frac{244.58^{1.85}}{120^{1.85} * 2.0674^{4.87}}$$

$$Pf7 = 0.49 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 8.5 \text{ ft}$$

$$Pf7 = 4.17 \text{ psi}$$

Obtener la presión (PD) en el punto D, las pérdidas por fricción entre los puntos D y C se suma a la presión en el punto C para obtener la presión en el punto D

$$PD = PC + Pf7$$

$$PD = 15.74 \text{ psi} + 4.17 \text{ psi}$$

$$\mathbf{PD = 19.91 \text{ psi}}$$

Calcular el caudal (QD-16) que sale hacia el ramal en el punto D, mediante la ecuación de flujo por orificios, utilizando el nuevo factor K

$$QD-16 = k * \sqrt{PD}$$

$$QD-16 = 21.56 * \sqrt{19.91}$$

$$QD-16 = 96.20 \text{ gpm}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf8) entre los puntos E y D, el caudal (QD-C) que pasa entre los puntos E y D es la suma de los caudales que salen por las intersecciones A, B, C y D

$$QD-C = QA-4 + QB-8 + QC-12 + QD-16$$

$$QD-C = 78.79 \text{ gpm} + 80.26 \text{ gpm} + 85.53 \text{ gpm} + 96.20 \text{ gpm}$$

$$QD-C = 340.78 \text{ gpm}$$

$$Pf8 = 4.52 * \frac{340.78^{1.85}}{120^{1.85} * 2.0674^{4.87}}$$

$$Pf8 = 0.90 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 8.5 \text{ ft}$$

$$Pf8 = 7.71 \text{ psi}$$

Obtener la presión (PE) en el punto E, las pérdidas por fricción entre los puntos E y D se suma a la presión en el punto D para obtener la presión en el punto E

$$PE = PD + Pf8$$

$$PE = 19.91 \text{ psi} + 7.71 \text{ psi}$$

$$PE = 27.62 \text{ psi}$$

Calcular el caudal (QE-20) que sale hacia el ramal en el punto E, mediante la ecuación de flujo por orificios, utilizando el nuevo factor K

$$QE-20 = k * \sqrt{PE}$$

$$QE-20 = 21.56 * \sqrt{27.62}$$

$$QE-20 = 113.30 \text{ gpm}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf9) entre los puntos F y E, el caudal (QF-E) que pasa entre los puntos F y E es la suma de los caudales que salen por las intersecciones A, B, C, D y E

$$Q_{F-E} = Q_{A-4} + Q_{B-8} + Q_{C-12} + Q_{D-16} + Q_{E-20}$$

$$Q_{F-E} = 78.79 \text{ gpm} + 80.26 \text{ gpm} + 85.53 \text{ gpm} + 96.20 \text{ gpm} + 113.30 \text{ gpm}$$

$$Q_{F-E} = 454.08 \text{ gpm}$$

$$P_{f9} = 4.52 * \frac{454.08^{1.85}}{120^{1.85} * 2.0674^{4.87}}$$

$$P_{f9} = 1.54 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 8.5 \text{ ft}$$

$$P_{f9} = 13.12 \text{ psi}$$

Obtener la presión (PF) en el punto F, las pérdidas por fricción entre los puntos F y E se suma a la presión en el punto E para obtener la presión en el punto F

$$P_F = P_E + P_{f9}$$

$$P_F = 27.62 \text{ psi} + 13.12 \text{ psi}$$

$$P_F = 40.74 \text{ psi}$$

Para el cálculo del primer tramo de los rociadores o de la parte más larga tenemos como resultado un caudal de 454.08 gpm y una presión de 40.74 psi, lo que nos ayudaría para tener una idea de cuánto caudal podría necesitar el sistema contra incendio en un solo tramo

Calcular el caudal (Q1) mínimo en el primer rociador del lado más corto, se determina multiplicando la densidad de descarga por el área de cobertura del rociador

$$Q = Dd * Ar$$

$$Q1 = 0.15 \text{ gpm/ft}^2 * 130 \text{ ft}^2$$

$$\mathbf{Q1 = 19.5 \text{ gpm}}$$

Calcular la presión (P1) mínima en el primer rociador, se calcula con la ecuación de flujo por orificios:

$$Q = K * \sqrt{P} = P = (Q/K)^2$$

Asumamos un factor K de 5.6

$$P1 = (19.5 / 5.6)^2$$

$$\mathbf{P1 = 12.12 \text{ psi}}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf1) entre los rociadores 1 y 2, para este proyecto se utilizará la fórmula de Hazen – Williams anteriormente mencionada para calcular las pérdidas por fricción

$$Pf1 = 4.52 * \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$

$$Pf1 = 4.52 * \frac{19.5^{1.85}}{120^{1.85} * 2.067^{4.87}}$$

$$Pf1 = 4.56 * 10^{-3} \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 13.12 \text{ ft}$$

$$Pf1 = 0.059 \text{ psi}$$

La pérdida por fricción (P2) entre el rociador 1 y 2 se suma a la presión en el primer rociador para obtener la presión requerida en el rociador 2

$$P2 = P1 + Pf1$$

$$P2 = 12.12 \text{ psi} + 0.059 \text{ psi}$$

$$\mathbf{P2 = 12.17 \text{ psi}}$$

Calcular el caudal (Q2) por el rociador 2, se determina mediante la ecuación de flujo por orificios

$$Q2 = K * \sqrt{P2}$$

$$Q2 = 5.6 * \sqrt{12.17}$$

$$\mathbf{Q2 = 19.535 \text{ gpm}}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf1) entre el punto A y el rociador 2 del lado más corto, la cual intersecta un accesorio de conexión como es la T, el caudal (QA-2) que pasa por la tubería entre el punto A y el rociador 2 es la suma de los caudales por los rociadores 1 y 2

$$Q_{A-2} = Q1 + Q2$$

$$Q_{A-2} = 19.5 \text{ gpm} + 19.53 \text{ gpm}$$

$$Q_{A-2} = 39.03 \text{ gpm}$$

$$Pf1 = 4.52 * \frac{39.03^{1.85}}{120^{1.85} * 2.0674^{4.87}}$$

$$Pf1 = 0.016 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 8.5 \text{ ft}$$

$$Pf1 = 0.14 \text{ psi}$$

Obtener la presión (PA) en el punto A, las pérdidas por fricción entre los rociadores 1 y 2 se suma a la presión en el punto A y rociador 1 para obtener la presión en el punto A

$$P_A = P_2 + P_{f1}$$

$$P_A = 12.17 \text{ psi} + 0.14 \text{ psi}$$

$$\mathbf{P_A = 12.31 \text{ psi}}$$

Calcular la pérdida por fricción (P_{f2}) entre el punto B y A, el caudal (Q_{B-A}) que pasa entre el punto B y A es el mismo que va del punto A al rociador 2 del lado más corto

$$Q_{B-A} = 39.03 \text{ gpm}$$

$$P_{f2} = 4.52 * \frac{39.03^{1.85}}{120^{1.85} * 2.067^{4.87}}$$

$$P_{f2} = 0.016 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 8.5 \text{ ft}$$

$$P_{f2} = 0.14 \text{ psi}$$

Obtener la presión (P_B) en el punto B, la pérdida por fricción entre los puntos B y A la presión en el punto A para obtener la presión requerida en el punto B

$$P_B = P_A + P_{f2}$$

$$P_B = 12.31 \text{ psi} + 0.14 \text{ psi}$$

$$P_B = 12.45 \text{ psi}$$

Factor K

$$K = Q_{A-2} / \sqrt{P_A}$$

$$K = 39.03 \text{ gpm} / \sqrt{12.31}$$

$$\mathbf{K = 11.12}$$

Calcular el caudal (QB-4) que sale hacia el ramal conectado en el punto B, mediante la ecuación de flujo por orificios, utilizando el factor k

$$QB-4 = K * \sqrt{PB}$$

$$QB-4 = 11.12 * \sqrt{12.45}$$

$$QB-4 = 39.28 \text{ gpm}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf3) entre los puntos C y B, el caudal (QC-B) que pasa entre los puntos C y B es la suma de los caudales que salen por las intersecciones A y B

$$QC-B = QA-2 + QB-4$$

$$QC-B = 39.03 \text{ gpm} + 39.28 \text{ gpm}$$

$$QC-B = 78.31 \text{ gpm}$$

$$Pf3 = 4.52 * \frac{78.31^{1.85}}{120^{1.85} * 2.067^{4.87}}$$

$$Pf3 = 0.05 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 8.5 \text{ ft}$$

$$Pf3 = 0.50 \text{ psi}$$

Obtener la presión (PC) en el punto C, la pérdida por fricción entre los puntos C y B se suma a la presión en el punto B para obtener la presión requerida en el punto C

$$PC = PB + Pf3$$

$$PC = 12.45 \text{ psi} + 0.50 \text{ psi}$$

$$PC = 12.95 \text{ psi}$$

Calcular el caudal (QC-6) que sale hacia el ramal conectado en el punto C, mediante la ecuación de flujo por los orificios, utilizando el nuevo factor K

$$QC-6 = k * \sqrt{PC}$$

$$QC-6 = 11.12 * \sqrt{12.95}$$

$$QC-6 = 40.01 \text{ gpm}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf4) entre los puntos D y C, el caudal (QD-C) que pasa entre los puntos D y C es la suma de los caudales que salen por las intersecciones A, B, y C

$$QD-C = QA-2 + QB-4 + QC-6$$

$$QD-C = 39.03 \text{ gpm} + 39.28 \text{ gpm} + 40.01 \text{ gpm}$$

$$QD-C = 118.32 \text{ gpm}$$

$$Pf4 = 4.52 * \frac{118.32^{1.85}}{120^{1.85} * 2.067^{4.87}}$$

$$Pf4 = 0.12 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 8.5 \text{ ft}$$

$$Pf4 = 1.09 \text{ psi}$$

Obtener la presión (PD) en el punto D, las pérdidas por fricción entre los puntos D y C se suma a la presión en el punto C para obtener la presión en el punto D

$$PD = PC + Pf4$$

$$PD = 12.95 \text{ psi} + 1.09 \text{ psi}$$

$$\mathbf{PD = 14.04 \text{ psi}}$$

Calcular el caudal (QD-8) que sale hacia el ramal en el punto D, mediante la ecuación de flujo por orificios, utilizando el nuevo factor K

$$QD-8 = k * \sqrt{PD}$$

$$QD-8 = 11.12 * \sqrt{14.04}$$

$$QD-8 = 41.66 \text{ gpm}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf5) entre los puntos E y D, el caudal (QD-C) que pasa entre los puntos E y D es la suma de los caudales que salen por las intersecciones A, B, C y D

$$QD-C = QA-2 + QB-4 + QC-6 + QD-6$$

$$QD-C = 39.03 \text{ gpm} + 39.28 \text{ gpm} + 40.01 \text{ gpm} + 41.66 \text{ gpm}$$

$$QD-C = 159.98 \text{ gpm}$$

$$Pf5 = 4.52 * \frac{159.98^{1.85}}{120^{1.85} * 2.067^{4.87}}$$

$$Pf5 = 0.22 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 8.5 \text{ ft}$$

$$Pf5 = 1.90 \text{ psi}$$

Obtener la presión (PE) en el punto E, las pérdidas por fricción entre los puntos E y D se suma a la presión en el punto D para obtener la presión en el punto E

$$PE = PD + Pf5$$

$$PE = 14.04 \text{ psi} + 1.90 \text{ psi}$$

$$PE = 15.94 \text{ psi}$$

Calcular el caudal (QE-10) que sale hacia el ramal en el punto E, mediante la ecuación de flujo por orificios, utilizando el nuevo factor K

$$QE-10 = k * \sqrt{PE}$$

$$QE-10 = 11.12 * \sqrt{15.94}$$

$$QE-10 = 44.39 \text{ gpm}$$

Calcular la pérdida por fricción (Pf6) entre los puntos F y E, el caudal (QF-E) que pasa entre los puntos F y E es la suma de los caudales que salen por las intersecciones A, B, C, D y E

$$QF-E = QA-2 + QB-4 + QC-6 + QD-8 + QE-10$$

$$QF-E = 39.03 \text{ gpm} + 39.28 \text{ gpm} + 40.01 \text{ gpm} + 41.66 \text{ gpm} + 44.39 \text{ gpm}$$

$$QF-E = 204.36 \text{ gpm}$$

$$Pf6 = 4.52 * \frac{204.36^{1.85}}{120^{1.85} * 2.067^{4.87}}$$

$$Pf6 = 0.35 \frac{\text{psi}}{\text{ft}} * 8.5 \text{ ft}$$

$$Pf6 = 2.99 \text{ psi}$$

Obtener la presión (PF) en el punto F, las pérdidas por fricción entre los puntos F y E se suma a la presión en el punto E para obtener la presión en el punto F

$$PF = PE + Pf6$$

$$PF = 15.94 \text{ psi} + 2.99 \text{ psi}$$

$$\mathbf{PF = 18.93 \text{ psi}}$$

Una vez concluido los cálculos de pérdida por los accesorios en la tubería, la distancia entre rociador, la tubería correspondiente de los dos tramos nos dio la siguiente suma de caudales y presiones que son necesario para el sistema de protección contra incendios

Caudal

QT del tramo 1 = 454.08 gpm

QT del tramo 2 = 204.36 gpm

QT = 658.44 gpm

Presión

Pt del tramo 1 = 40.74 psi

Pt del tramo 2 = 18.93 psi

PT = 59.67 psi

Con el conocimiento del caudal y la presión podemos seleccionar la bomba pertinente para el abastecimiento del sistema de protección contra incendios

Pérdidas por elevación

Para la pérdida por altura “Pe” se calcula la altura en metros y se multiplica por el factor de 1.422 para obtener los PSI; Es decir que por cada metro la bomba deberá aporta 1.422 psi de presión

$$Pe = h * 1.422 \quad (12)$$

Pe= Pérdida por elevación

h = Altura

$$Pe = 5 * 1.422$$

$$Pe = 7.11 \text{ psi}$$

Para el sistema contra incendios tenemos una altura de elevación de 5 metros o 16.40 ft hasta llegar al punto de equilibrio por lo cual se debe tomar en cuenta que la bomba que se va a dimensionar debe tener mínimo 8 psi de presión para que pueda alcanzar a impulsar el caudal de agua

Equipo de bombeo

En base a la norma NFPA 20 las Bombas Contra Incendio están específicamente designadas y dedicadas exclusivamente a la protección contra el fuego, tienen la función de proveer la cantidad de agua necesaria a la presión requerida para protección contra el fuego de acuerdo a la clase del riesgo y al tamaño del edificio o instalación.

La bomba debe ser capaz de proporcionar hasta el 150% del caudal nominal, debe dar por lo menos el 76 % de la presión nominal al 150% de la capacidad. La bomba debe tener la curva con el incremento de presión hacia el cierre y no exceder el 140% del valor nominal de presión

Figura 15
Bomba de agua

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



Nota: Bomba horizontal con su flujo de agua. Elaborado: (Ignacio Gómez IHM, 2023)

En la **Figura 15** observamos la bomba que se va a utilizar, en este caso nos basamos en los galones por minutos que se son necesarios para abastecer todo el sistema, mediante los rociadores que están ubicados al interior de la fábrica y son los designados para la evacuación del agua

Figura 16

Cuadro técnico de la bomba de agua

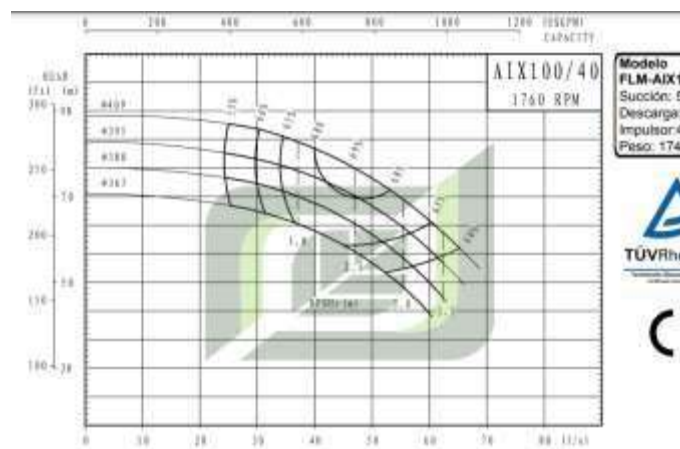
	SERIE 40	HTK 80/40	HTK 100/40
Velocidad (RPM)		1760	1760
Caudal (GPM)		530	800
Presión (PSI)		116	105
NPSHr (m)		2.7	2.5
Succión (pulg.)		4"	5"
Descarga (pulg.)		3"	4"
Motor Recomend. (HP)		80	100

Nota: Especificaciones de la bomba seleccionada. Elaborado: (Ignacio Gómez IHM, 2023)

Según el caudal de demanda 658.44 gpm, por tanto, la bomba hidráulica que se deberá instalar será la que comercialmente más se apegue a estos parámetros, por tanto, se requerirá una bomba de carcasa partida horizontal, 700 gpm, 85 psi y con una altura de 46 m de elevación, la cual está sobre dimensionada para que abastezca el funcionamiento del sistema sin ninguna novedad

Figura 17

Rango de eficiencia



Nota: Rango de operación de la bomba seleccionada en gpm. Elaborado: (Ignacio Gómez IHM, 2023)

En la **Figura 17** podemos observar el rango de eficiencia de la bomba que dimensionamos al terminar con los cálculos del caudal y la presión que debe tener la bomba al ponerse en funcionamiento, además se tomó en cuenta varios factores que ayudaron para la selección de la bomba

Volumen de la cisterna

En base a la norma NFPA 22 indica que debe ser con láminas soldadas, de concreto o de plástico que tenga una buena succión, que no baje de -3 psi de succión, todo eso influye en la cisterna ya que es el lugar donde se va almacenar el agua para todo el sistema de protección contra incendios y es muy indispensable tenerla con todas las normativas para asegurar un buen funcionamiento del sistema

Figura 18
Designación de chorros de agua

Ocupación	Mangueras Interiores		Total combinado de las Mangueras Interiores y Exteriores		Duración (minutos)
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Riesgo Ligero	0,50, ó 100	0, 180, 379	100	379	30
Riesgo Ordinario	0, 50, ó 100	0, 189, 379	250	946	60-90
Riesgo Extra	0, 50, ó 100	0, 189, 379	500	1893	90-120

Nota: Caudal y duración mínima según el riesgo. Elaborado: (Cálculo de La Reserva de Agua de Un Sistema Contra Incendio - Prosermar, 2020)

En la **Figura 18** podemos observar el nivel de riesgo que tiene la fábrica, así calcular y dimensionar la cisterna que requiere el sistema contra incendios

Tomamos la ecuación general para calcular cuántos metros cúbicos se debe tener en la cisterna en base a la ocupación que nos indica la norma NFPA 13

$$700 \frac{\text{Galones}}{\text{minuto}} \frac{0.00378 \text{m}^3}{1 \text{ galon}} \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \quad (13)$$

$$158.76 \frac{m^3}{h}$$

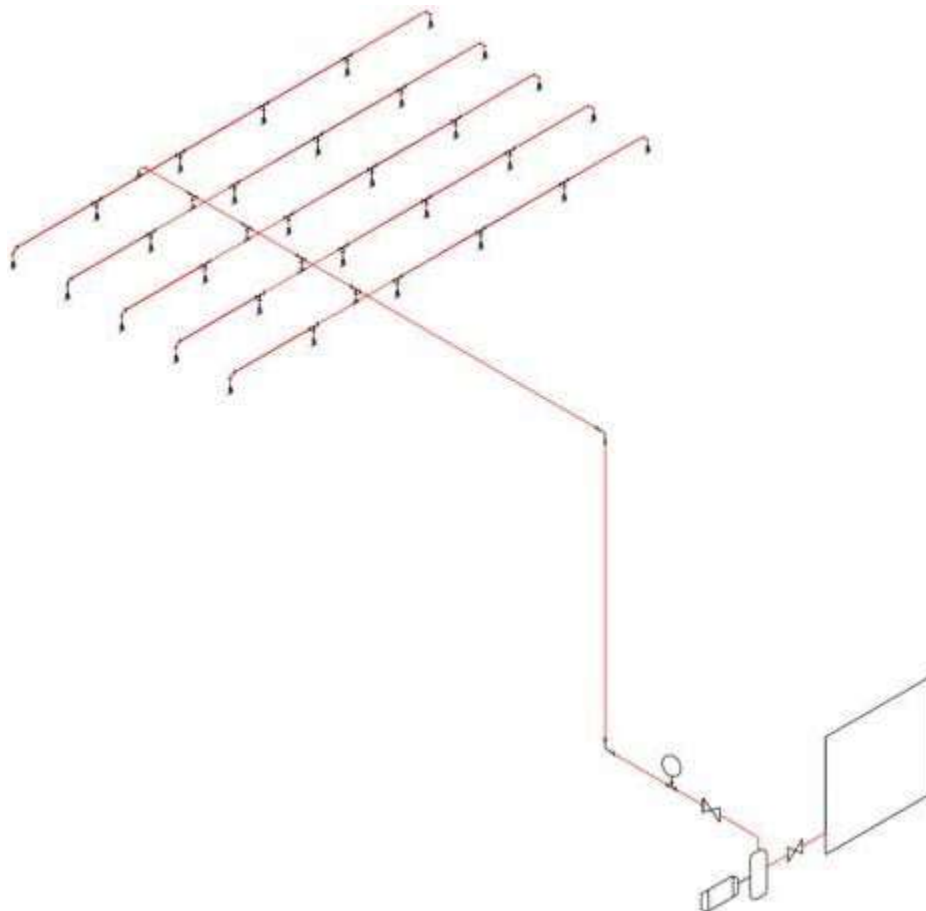
Una vez con el resultado obtenido se toma en cuenta que durante 30 minutos el rociador debe estar expulsando agua para mitigar el fuego, por lo cual al resultado se le multiplicara por 0.5 horas y así obtener el volumen exacto que requiere la cisterna

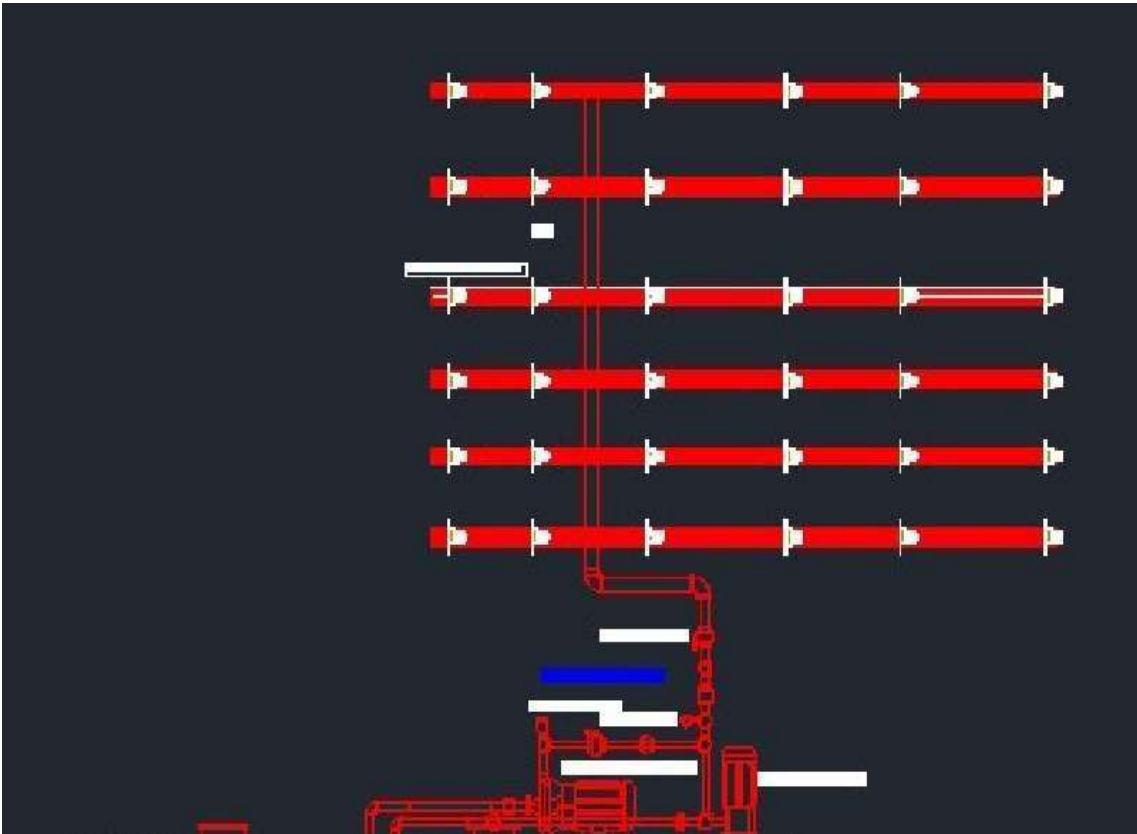
$$158.76 \frac{m^3}{h} * 0.5 \text{ horas} \tag{14}$$

Volumen Cisterna = **79.38 m³**

Diseño del sistema contra incendios

Figura 19
Diseño del SPCI





Nota: Diseño del sistema contra incendios con sus elementos

Elaborado: El investigador

En las **Figura 19** podemos observar los planos realizados del sistema de protección contra incendios, sus elementos, medidas, equipos y todo relacionado con el diseño, para una mayor visualización, ayuda en el momento de la instalación, tener como respaldo para justificar al cuerpo de bomberos que la fábrica cuenta con la seguridad necesaria en caso de generarse un incendio al interior de la misma, poder salvaguardar los bienes y vidas humanas que trabajan en el lugar

Resultados esperados

Una vez realizado el diseño del sistema contra incendios se va a valorar mediante el método Meseri que utilizamos al inicio para ver el riesgo que tiene la fábrica cortadora de papel por no tener un sistema contra incendios en sus áreas de trabajo

En base a la **Tabla 6** nos indica la puntuación del riesgo que se debe dar a las vulnerabilidades o deficiencias que tiene la fábrica cortadora de papel industrial. Por lo cual vamos a realizar nuevamente la matriz de evaluación completa ya con los cambios que sugerimos y la resistencia que tiene la edificación donde se va a realizar el sistema de protección contra incendios.

Una vez realizado nuevamente la matriz de análisis con todos los requerimientos del método Meseri (**Tabla 10**) nos dio como resultado una calificación de riesgo muy favorable lo cual nos indica que con ayuda de nuestro proyecto vamos a salvaguardar todos los elementos que se encuentran al interior de la fábrica y en especial las vidas humanas

En base a la implementación del sistema contra incendio damos garantía en caso que pueda iniciarse un incendio, ya que con el sistema de los rociadores cubrimos la totalidad del área de producción y logística de la fábrica, tomamos en cuenta todos los factores, procesos, vulnerabilidades que podemos encontrar en las instalaciones para mejorar su protección y funcionamiento.

Tabla 10

Matriz de evaluación del método Meseri

Nombre de la Fábrica		Ipmatoah. S.A.S	Fecha:	3/3/2023	ÁREA:	350 m ²
Persona que realiza la evaluación:		Jefferson Caiza				
Concepto		Coefficiente	Puntos	Concepto	Coefficiente	Puntos
	Construcción			Destructibilidad		
N de pisos	Altura			Por calor		
1 o 2	menor de 6m	3	3	Baja	10	10
3,4 o 5	entre 6 y 15 m	2		Media	5	
6,7,8 o 9	entre 15 y 28 m	1		Alta	0	
10 o más	mas de 28 m	0		Por humo		
Superficie mayor sector de incendio				Baja	10	10
De 0 a 500 m ²		5	5	Media	5	
De 501 a 1500 m ²		4		Alta	0	
De 1501 a 2500 m ²		3		Por corrosión		
De 2501 a 3500 m ²		2		Baja	10	10
De 3501 a 4500 m ²		1		Media	5	
Más de 4500 m ²		0		Alta	0	
Resistencia al fuego				Por agua		
Resistencia al fuego (Hormigón)		10	10	Baja	10	5
No combustible (Metálica)		5		Media	5	
Combustible (Madera)		0		Alta	0	
Falsos techos				Propagabilidad		
Sin falsos techos		5	5	Vertical		
Con falsos techos incombustibles		3		Baja	5	5
Con falsos techos combustibles		0		Media	3	
Factores de situación				Alta	0	

Distancia de los bomberos

Menor de 5 km	5 min	10	2
Entre 5 y 10 km	5 y 10 min	8	
Entre 10 y 15 km	10 y 15 min	6	
Entre 15 y 25 km	15 y 25 min	2	
Más de 25 km	25 min	0	

Accesibilidad de edificios

Bueno		5	5
Media		3	
Mala		1	
Muy mala		0	

PROCESOS

Peligro de activación

Bajo		10	10
Medio		5	
Alto		0	

Caja térmica

Bajo		10	10
Medio		5	
Alto		0	

Combustibilidad

Bajo		10	10
Medio		5	
Alto		0	

Orden y Limpieza

Alto		10	5
Medio		5	
Bajo		0	

Almacenamiento en altura

Horizontal

Baja	5	5
Media	3	
Alta	0	

SUBTOTAL (X)

113

Factores de protección

Vigilancia humana

Instalaciones y equipos

SIN

CON

	Sin vh	Con vh	Sin vh	Con vh	Puntos
Detención Automática	0	2	3	4	0
Rociadores	5	6	7	8	7
Extintores portátiles		1		2	1
Bocas de incendios		2		4	2
Hidrantes exteriores		2		4	4
Organización					Puntos
Equipos de 1 intervención		2		2	2
Equipos de 2 intervención		4		4	4
Plan de autoprotección		2		4	4

SUBTOTAL (Y)

24

Valor de riesgo

$$P = \frac{5}{129} (X) + \frac{5}{26} (Y)$$

P=

8,995229577

Menor de 2 m	3	3
Entre 2 y 4 m	2	
Más de 6 m	0	
Factor de concentración		
Factor de concentración s/m		
Menor de 500	3	0
Entre 500 y 1500	2	
Más de 1500	0	

VALOR DE RIESGO	CALIFICACIÓN DE RIESGO
INFERIOR A 3	Muy malo
ENTRE 3 Y 5	Malo
ENTRE 5 Y 8	Bueno
SUPERIOR A 8	Muy bueno

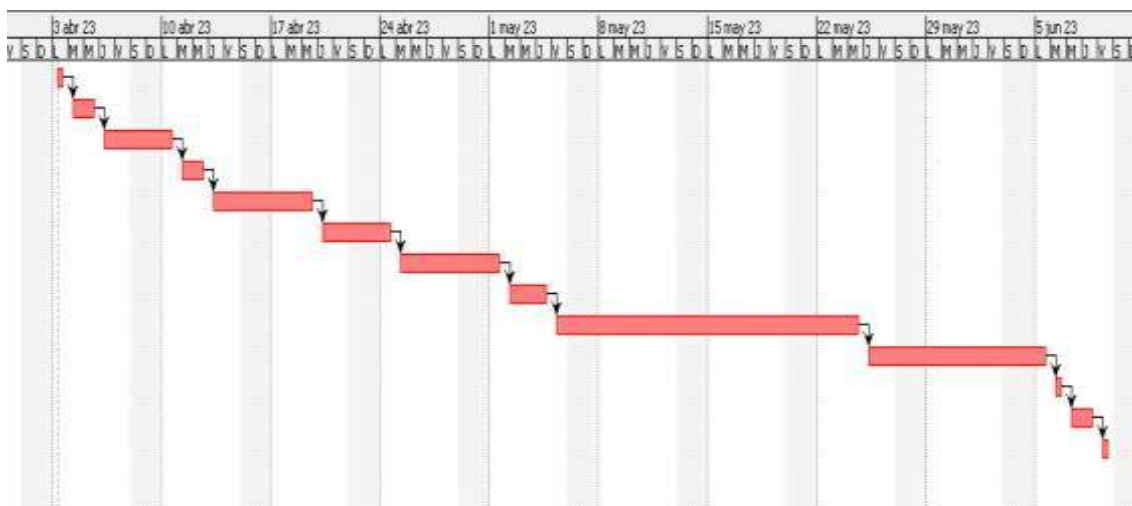
Nota: Analizamos el valor de riesgo que tiene la fábrica. Elaborado: El investigador

Cronograma de actividades

Figura 20

Cronograma de actividades

ID	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Predecesores
1	1.Presentación del proyecto	1 day	03/04/23 8:00	03/04/23 17:00	
2	2.Reunión de aprobación	2 days	04/04/23 8:00	05/04/23 17:00	1
3	3.Aprobación del proyecto.	3 days	06/04/23 8:00	10/04/23 17:00	2
4	4.Estudio de campo donde se va realizar el montaje	2 days	11/04/23 8:00	12/04/23 17:00	3
5	5.Compra de materiales	5 days	13/04/23 8:00	19/04/23 17:00	4
6	6.Contratación del personal	3 days	20/04/23 8:00	24/04/23 17:00	5
7	7.Instalación de la cisterna	5 days	25/04/23 8:00	01/05/23 17:00	6
8	8.Instalación de la bomba de agua	3 days	02/05/23 8:00	04/05/23 17:00	7
9	9.Instalación de la tubería	14 days	05/05/23 8:00	24/05/23 17:00	8
10	10.Instalación de rociadores	8 days	25/05/23 8:00	05/06/23 17:00	9
11	11.Limpieza del área	1 day	06/06/23 8:00	06/06/23 17:00	10
12	12.Pruebas de funcionamiento	2 days	07/06/23 8:00	08/06/23 17:00	11
13	13.Curso de información del SPCI	1 day	09/06/23 8:00	09/06/23 17:00	12



Nota: El tiempo que puede durar en la instalación del sistema contra incendios

Elaborado: El investigador

En la **Figura 20** se puede observar el tiempo que va durar realizar la implementación del sistema contra incendios en la fábrica cortadora de papel; Aproximadamente se va demorar dos meses con 10 días la instalación del sistema contra incendios, con los cursos informativos y pruebas de funcionamiento

Análisis de costos

Tabla 11

Costo de mano de obra

RUBROEMPLEADO	INGENIERO	TECNICO 1	TECNICO 2	AYU. TECNICO	TOTAL
SALARIO MÍNIMO VITAL (2023)	450,0	450,0	450,0	450,0	
SUELDO	650,0	500,0	500,0	450,0	1650,0
IESS PATRONAL (11,35%)	73,8	56,8	56,8	51,1	187,3
13	54,2	41,7	41,7	37,5	137,5
14	37,5	37,5	37,5	37,5	112,5
FR	54,2	41,7	41,7	37,5	137,5
VACACIONES	27,1	20,8	20,8	18,8	68,8
DESAHUCIO	13,5	10,4	10,4	9,4	34,4
TRANSPORTE					0,0
TOTAL MENSUAL	910,2	708,8	708,8	641,7	2969,6

Nota: Costo de mano de obra por hacer el proyecto. Elaborado: El investigador

En la **Tabla 11** de valores se encuentra el precio total de la mano de obra donde interviene el ingeniero que diseño el proyecto, 2 técnicos y un ayudante para la instalación del proyecto que tendrá dos meses para la entrega del sistema contra incendios

Una vez con el diseño del sistema el ingeniero pondrá en marcha el proyecto, con ayuda de los técnicos se procederá a instalar la cisterna, después se procederá a instalar la bomba a la salida de agua de la cisterna con una tubería de 4" y a la salida de la bomba con una tubería de 2 ½ ", una vez instalada la bomba se procederá a instalar la tubería que va cubrir las áreas a proteger empezando por la salida de la bomba de igual forma con una tubería de 2" para todo el tramo con sus respectivos rociadores a la distancia correspondiente que se calculó con anterioridad

Una vez se termina de instalar el SPCI se procederá a realizar una prueba de funcionamiento de todo el sistema para detectar cualquier fuga de agua o anomalía del sistema, de igual forma el funcionamiento de la bomba, para garantizar que el diseño que se realizó funcione correctamente y así la fábrica pueda trabajar con la seguridad en caso de generarse un incendio al interior de la misma

Tabla 12
Costo de los materiales

DETALLES	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
ACUMULACIÓN DE AGUA	Tanque De Agua Plastigama Tipo Cisterna	1	2120	2120
SISTEMA DE BOMBEO PRINCIPAL	Bomba de agua	1	1900	1900
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA	Tubería 4 "	1	117,05	117,05
	válvula de mariposa 4"	1	88,56	88,56
	válvula de mariposa 2"	1	56,23	56,23
	Tubería 2"	30	60	1800
	Codos ranurado 90 grados - 2"	4	3,62	14,48
	"T" ranurado de 2 "	5	4,88	24,4
	Unión ranurado 2"	15	2,83	42,45
	Unión ranurado 4"	2	4,23	8,46
	Colgante tipo pera 2"	75	0,78	58,5
	Detector de flujo 4"	1	150,23	150,23
	Rociadores	30	9,5	285
TOTAL				6665,36

Nota: Proforma de los elementos que se necesita para la instalación del SPCI.

Elaborado: El investigador

En la **Tabla 12** se puede apreciar un valor estimado de los materiales que son necesarios para un SPCI, pero en caso de elevarse algún precio por cosas externas se sugiere tener un valor extra para solventar cualquier tipo de cambio en el valor de algún material

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La fábrica cortadora de papel higiénico industrial al iniciar el estudio del nivel de riesgo no contaba con ningún tipo de seguridad en caso de generarse un incendio que pueda afectar a los bienes de la fábrica y a la parte humana que se encuentran en la fabricación del bobinado del papel, por ende, mediante la normativa vigente se aplicó algunos elementos de protección contra incendios, que le sirve a la fábrica para tener el permiso de funcionamiento de los bomberos para seguir con su producción habitual

Mediante el método Meseri el cual nos indica el nivel de riesgo que tiene la fábrica, el resultado que se calculó al inicio tenía un porcentaje alto de probabilidad que en caso de un incendio se perdería la mayor de las cosas al interior de la fábrica por tener un riesgo alto de incendio, por lo cual el diseño que se realizó fue la implementación de un sistema contra incendios el cual cuenta con varios elementos, equipos y materiales especiales para la propagación de un incendio, utilizamos fórmulas de pérdidas por fricción, caudal, normas nacionales e internacionales que exigen para un buen funcionamiento del sistema de mitigación de fuego

Los resultados obtenidos del cálculo de volumen de la cisterna fueron de ayuda para dimensionar un depósito de 80m^3 , caudal y presión que se debe suministrar a la bomba está sujeto a un incremento del 76 % de capacidad, ya que los sistemas normados de la bomba contra incendios están contruidos de manera que trabajen al 150% de su

capacidad nominal. Se determina la importancia de realizar el diseño de los elementos de sistema contra incendios ya que en base a los cálculos se aclaró cuantos rociadores debe tener para cubrir todas las áreas de producción de la fábrica, mediante la normativa NFPA 13, se da la distancia de cada rociador e incluso la separación que debe tener cuando está apegada a la pared

El costo del proyecto puede ser elevado, pero no se compra a la pérdida del material de producción y mucho menos a la vida de un trabajador por eso la empresa desea brindar mayor seguridad a los suyos para trabajar con mayor tranquilidad

Por último, se elaborará planos del sistema de protección contra incendios que se utilizará para la instalación del sistema, con sus respectivas medidas, accesorios e indicaciones para el funcionamiento correcto

Recomendaciones

Por ser una fábrica que inicia en la industria papelera seguirá en crecimiento por lo cual el diseño inicial que se le realizó puede ser mejorado, aumentar su infraestructura, su volumen de producción, incremento de personal colaborativo y pensar en la importación de su producto a largo plazo, evitar multas o sanciones por no tener el SPCI adecuado y para garantizar seguridad a sus trabajadores

En caso de los equipos o elementos se puede empezar por la cisterna que puede tener un sensor que permita el paso de agua automático para el llenado y así en varios elementos que puedan mejorar el diseño del SPCI. Se puede recomendar la automatización del sistema contra incendios si la fábrica lo desea ya que el mejoramiento y la tecnología avanza a pasos agigantados y así tener mayor seguridad para la protección de sus bienes

Se puede instalar el sistema móvil del sistema contra incendios que podría ser los extintores en cada área dependiendo el riesgo que ocurra en la misma

Se recomienda capacitaciones constantes a los colaboradores de la fábrica, darles conocimientos de procesos de producción, seguridad y manejo de los equipos que se utiliza al momento de la fabricación del producto terminado, calidad y buen tiempo de manejo, para tomar conciencia en todas las áreas y no comentan grandes errores por el desconocimiento

BIBLIOGRAFÍA

▷ *BOMBAS AGUA PRESION* → *Guayaquil, Quito Ecuador*. (2019). Dinattek (El Amigo Del Productor). https://dinatek.ec/producto/bombas-presion/?gclid=CjwKCAiAh9qdBhAOEiwAvxIok92Marq6_fOPpD8LCaFq874IIEJXc7VEb9zuJofRmTCiqR_jvXKqyqRoC324QAvD_BwE

Argüello, F. (2020, September 14). *NFPA 10 2018: Norma para extintores portátiles de incendios - Infoteknico*. Infoteknico. <https://www.infoteknico.com/nfpa-10-2018-extintores-portatiles/>

O'Connor, B. (2021, June 10). *Guía de colocación de extintores*. Nfpajla.org; NFPA - JLA. <https://www.nfpajla.org/blog/1891-guia-de-colocacion-de-extintores>

REGLAMENTO DE PREVENCION, MITIGACION Y PROTECCION CONTRA INCENDIOS. (n.d.). <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-11/REGLAMENTO%20DE%20PREVENCION%2C%20MITIGACION%20Y%20PROTECCI%C3%93N%20CONTRA%20INCENDIOS.pdf>

WorkUnion. (2022, July 5). *Equipos Contra Incendios en el Ecuador - normativa de bomberos - WorkUnion*. WorkUnion. https://workunion.com.ec/equipos-contra-incendios-en-el-ecuador-normativa-de-bomberos/?gclid=CjwKCAiAzKqdBhAnEiwAePEjkqQUfLRtUBSXRQVd0-Y8qyvirVHB0TpLpnZDtTN2pgf-eeMqRxcXoBoC7F4QAvD_BwE

De, C. (n.d.). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN*. Retrieved March 27, 2023, from <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/2151/1/MOSGUIDT%20RAMOS%20FABIAN%20ANDRES.pdf>

De, C., Henry, A., Yane, E., Tutor, C., José, I., & Almeida, G. (2018). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN*. <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1013/1/PROPUESTA%20YANE%20CARRI%c3%93N%20HENRY%20EFR%c3%89N.pdf>

Morell, A. (2021). *NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores*. Academia.edu. https://www.academia.edu/40263299/NFPA_13_Norma_para_la_Instalaci%C3%B3n_de_Sistemas_de_Rociadores?auto=download&email_work_card=download-paper

Bomba De Agua Centrifuga Horizontal, 5 Pulgadas, 1000 Gpm, 4500 Gpm, 500 M3/h, 400 Kw, Para Riego - Buy 5 Inch Horizontal Centrifugal Pump, Centrifugal Pump 400 Kw, Centrifugal Pump 500 M3/h Product on Alibaba.com. (2020). Alibaba.com. <https://spanish.alibaba.com/p-detail/5-60794686611.html?spm=a2700.7724857.0.0.7aad49d1A85Mla&s=p>

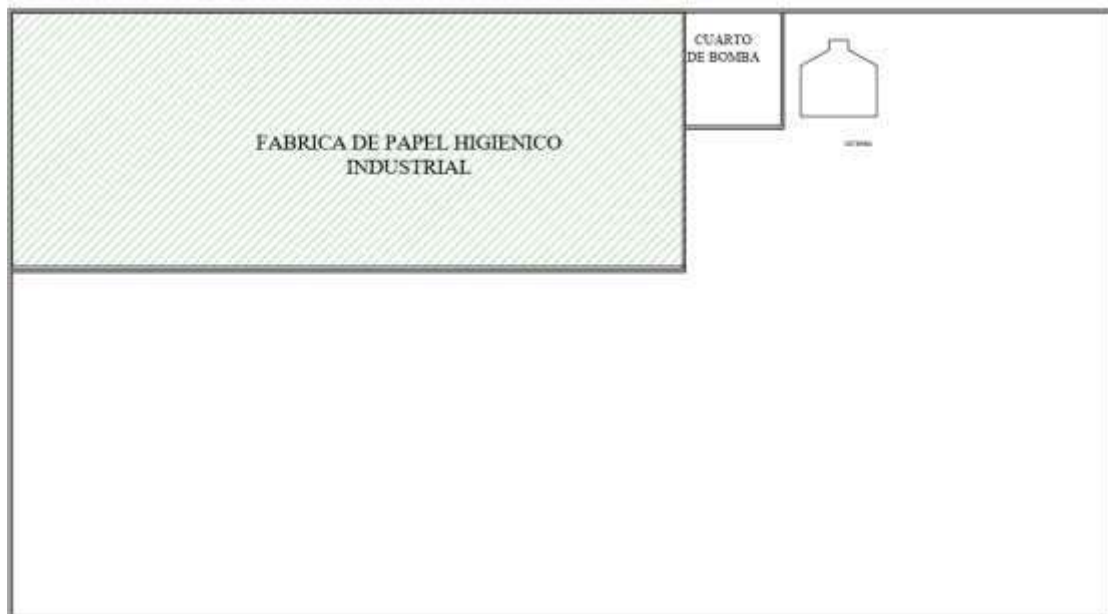
Manual de Ingeniería para Bombas Industriales y de Irrigación. (n.d.). <https://franklinagua.com/media/59558/Manual-Ingenieria.pdf>

Densidad de Carga de Fuego. (2023). Ingemecanica.com.

https://ingemecanica.com/tutoriales/carga_de_fuego.html

ANEXOS

Tamaños Mínimos de Tuberías (nominal)							
Clasificación de Bomba (gpm)	Succión (pulg)	Descarga (pulg)	Válvula de Alivio (pulg)	Descarga de la válvula de alivio (pulg)	Dispositivo de medición (pulg)	Cantidad y tamaño de válvula de manguera (pulg)	Suministro de cabezal de mangera (pulg)
25	1	1	3/4	1	1 1/4	1 - 1 1/2	1
50	1 1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2	1 - 1 1/2	1 1/2
100	2	2	1 1/2	2	2 1/2	1 - 2 1/2	2 1/2
150	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	3	1 - 2 1/2	2 1/2
200	3	3	2	2 1/2	3	1 - 2 1/2	2 1/2
250	3 1/2	3	2	2 1/2	3 1/2	1 - 2 1/2	3
300	4	4	2 1/2	3 1/2	3 1/2	1 - 2 1/2	3
400	4	4	3	5	4	2 - 2 1/2	4
450	5	5	3	5	4	2 - 2 1/2	4
500	5	5	3	5	5	2 - 2 1/2	4
750	6	6	4	6	5	3 - 2 1/2	6
1000	8	6	4	8	6	4 - 2 1/2	6
1250	8	8	6	8	6	6 - 2 1/2	8
1500	8	8	6	8	8	6 - 2 1/2	8
2000	10	10	6	10	8	6 - 2 1/2	8
2500	10	10	6	10	8	8 - 2 1/2	10
3000	12	12	8	12	8	12 - 2 1/2	10
3500	12	12	8	12	10	12 - 2 1/2	12
4000	14	12	8	14	10	16 - 2 1/2	12
4500	16	14	8	14	10	16 - 2 1/2	12
5000	16	14	8	14	10	20 - 2 1/2	12



Tipo de Sistema	Norma NFPA y capítulo aplicable
Rociadores Automáticos	NFPA 13, CAP 28
Sistemas de Montantes (stand Pipe)	NFPA 14, CAP 11
Sistemas de Aspersión de Agua	NFPA 15, CAP 10
Rociadores de Agua-Espuma	NFPA 16, CAP 8
Bombas contra incendio	NFPA 20, CAP 14
Tanques de agua para Sistemas Contra Incendio	NFPA 22, CAP 17
Redes privadas contra incendio	NFPA 24, CAP 14

DONDE COINCIDEN LA N.O.M.-002-S.T.P.S. Y
LOS ESTÁNDARES DE N.F.P.A.

- N.O.M. 002 S.T.P.S.
- - Estudio de riesgo
- - Salidas de emerg.
- - Extintores
- - Equipo de Bombeo
- - Mangueras C.I.
- - Mantenimiento
- - Sist. Alertamiento
- - Sist. Eléctrico
- N.F.P.A.
- - N.F.P.A.-13
- - N.F.P.A.-101
- - N.F.P.A.-10
- - N.F.P.A.-20
- - N.F.P.A.-14
- - N.F.P.A.-25
- - N.F.P.A.-72
- - N.F.P.A.-70

