



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

“Ingeniería de un sistema contra incendios para el proyecto “ITP Aero” de la empresa Global Industries Solutions S.A de C.V a través de un análisis de riesgo basado en las normas de la NFPA”

PARA OBTENER EL TITULO DE

Ingeniero Industrial

PRESENTA

Diana del Rocío Martínez Aguilera

DIRECTOR DE TESIS

Abelardo Cárdenas Juncal

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Raúl, Rocío y a mi hermana Michelle; esta tesis es un tributo a su amor, apoyo y sacrificio. Ustedes son mi guía, mi defensa y mi fuente de perseverancia. Cada página de este trabajo lleva consigo un pedazo de mi corazón, pero también un pedazo de ustedes, porque han estado a mi lado durante este viaje

A mi tía Luisa Angélica Martínez; dedico este logro a la mujer excepcional que eres, siempre has iluminado mi camino con tu amor, sabiduría y apoyo inquebrantable. Tú has sido mi guía y esta tesis es un tributo a tu impacto positivo en mi vida. Agradezco profundamente tu presencia constante y tus palabras alentadoras. Este logro también es tuyo.

A mi pareja Samuel; gracias por creer en mí, por animarme a seguir adelante cuando las cosas se volvían difíciles y por celebrar conmigo cada pequeño logro, espero que algún día todo esto valga la pena y puedas recoger los frutos conmigo. Eres mi motivación y mi refugio.

AGRADECIMIENTOS

En el camino de culminar esta etapa educativa y de investigación, me encuentro en deuda con varias personas y entidades que han sido pilares fundamentales en mi recorrido. Sus contribuciones, apoyo y aliento han sido invaluable y merecen mi más sincero agradecimiento.

Mi más profundo reconocimiento va dirigido hacia mi asesor, Abelardo Cárdenas Juncal, cuya guía experta, paciencia y dedicación fueron cruciales en el desarrollo de esta tesis. Sus valiosos consejos fueron la brújula que me orientó hacia la meta.

A la empresa Global Industries Solutions S.A de C.V, quiero expresar mi extenso agradecimiento por su apoyo constante y por brindarme la oportunidad de llevar a cabo esta investigación en su entorno. Además, a la Ing. Arq. Isis Vallin, quien no solo es mi jefa directa, sino también una fuente inagotable de apoyo y guía. Su respaldo y subvención fueron cruciales para que pudiera realizar mis residencias en la empresa y llevar a cabo esta investigación.

Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en este logro, y les agradezco desde el fondo de mi corazón. Que esta tesis sea un testimonio de nuestra colaboración y unión en la búsqueda del conocimiento y la superación personal

RESUMEN

Esta investigación se concentra en la revisión y modificación del sistema contra incendios del edificio principal de ITP Aero en la planta de Querétaro, reconociendo que, a pesar de haber cumplido con las normativas en el pasado, en la actualidad no se ajusta a los estándares requeridos. El estudio aborda diversas facetas, desde la identificación y evaluación de riesgo de incendio hasta la adaptación a las normativas internacionales, el cálculo basado en criterios de diseño, el análisis hidráulico del sistema existente utilizando el software PIPENET versión 1.11 de Sunrise Systems, y la formulación de recomendaciones para la propuesta de un sistema modificado. El objetivo principal es mejorar la eficacia del sistema, garantizando una respuesta eficiente ante posibles situaciones de incendio, y considerando de manera integral aspectos relacionados con la seguridad y la conformidad normativa.

ABSTRACT

This research focuses on the review and modification of the fire protection system in the main building of ITP Aero at the Queretaro plant, acknowledging that, despite having complied with regulations in the past, it currently does not meet the required standards. The study addresses various aspects, ranging from the identification and assessment of fire risks to compliance with international regulations, calculation based on design criteria, hydraulic analysis of the existing system using PIPENET software version 1.11 from Sunrise Systems, and the formulation of recommendations for the proposal of a modified system. The main objective is to enhance the effectiveness of the system, ensuring an efficient response to potential fire situations, and comprehensively considering aspects related to safety and regulatory compliance.

INDICE TEMATICO

1. INTRODUCCION.....	10
1.1 Antecedentes.....	11
1.2 Planteamiento del problema.....	13
1.3 Justificación	14
1.4 Hipótesis	14
1.5 Palabras clave.....	14
1.6 Objetivos.....	14
1.6.1 Objetivo general.....	14
1.6.2 Objetivos particulares.....	14
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Introducción a industria aeronáutica.....	15
2.1.1 Industria aeronáutica en México	15
2.1.2 Importancia del análisis de riesgos en la industria aeronáutica	17
2.2 Contexto normativo: NFPA.....	19
NFPA 1: Código de incendios.....	19
NFPA 3: Practica recomendada para la puesta en marcha de sistemas de protección contra incendio y seguridad vital	20
NFPA 11: Norma para espuma de baja, media y alta expansión	21
NFPA 12: Norma sobre sistemas de extinción de dióxido de carbono.....	22
NFPA 13: Norma para la instalación de sistemas de rociadores.....	23
NFPA 14: Norma para la instalación de sistemas de tubería de agua para la protección contra incendios.....	24
NFPA 20: Norma para la instalación de bombas estacionarias para PCI	25
NFPA 25: Norma para la instalación, prueba y mantenimiento de sistemas de rociadores contra incendios y otros sistemas de protección de agua.	26

NFPA 30: Código de líquidos inflamables y combustibles	27
NFPA 33: Norma para aplicaciones por aspersión utilizando materiales combustibles	28
NFPA 72: Código nacional de señalización y alarmas contra incendios	29
NFPA 75: Norma para la protección contra incendios de equipos de tecnología de la información	30
2.3 Introducción al software PIPENET	32
2.4 Definiciones	33
2.4.1 Sistema contra incendio	33
2.4.2 Riser	33
2.4.3 Clasificación por ocupación.....	33
2.4.4 Análisis de riesgo	34
2.4.5 Matriz de riesgo.....	34
2.4.6 Riesgo.....	34
2.4.7 Probabilidad	34
2.4.8 Severidad.....	35
3. ESTADO DEL ARTE	36
4. METODOLOGÍA.....	37
4.1 Análisis de riesgos	38
4.2 Clasificación por ocupación.....	41
4.3 Cálculos para el criterio de diseño.....	41
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	47
5.1 Análisis hidráulico del sistema actual.....	47
5.1.1 Riser 01	47
5.1.2 Riser 02	50
5.1.3 Riser 03	52

5.1.4 Riser 04	54
5.1.5 Riser 05	57
5.1.6 Riser 06.	60
5.2 Recomendaciones	63
5.3 Análisis hidráulico del sistema modificado.	66
5.3.1 Riser 01	66
5.3.2 Riser 02	68
5.3.3 Riser 03	70
5.3.4 Riser 04	72
5.3.5 Riser 06	74
6. CONCLUSIONES.....	76
ANEXO 1. PLANOS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EXISTENTE.....	77
ANEXO 2. PLANOS DEL SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS MODIFICADO.....	84
REFERENCIAS	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Curva de densidad/área para la evaluación o modificación de sistemas existentes.	41
Figura 4.2 Curva de densidad/área para la evaluación o modificación de sistemas existentes.	44
Figura 5.1 Área de cobertura R1	47
Figura 5.4 Grafica hidráulica Sistema del Riser 01 actual.	49
Figura 5.7 Resultados obtenidos del software PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems del sistema de tuberías actual del Riser 02.	51
Figura 5.8 Grafica hidráulica Sistema del Riser 02 actual.	51
Figura 5.9 Área de cobertura R3	52
Figura 5.10 Área remota analizada R3. Fuente: Software PIPENET.....	52
Figura 5.13 Área de cobertura R4	54
Figura 5.14 Área remota analizada R4. Fuente: Software PIPENET.....	55
Figura 5.15 Resultados obtenidos del software PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems del sistema de tuberías actual del Riser 04.	55
Figura 5.16 Grafica hidráulica Sistema del Riser 04 actual.	56
Figura 5.17 Área de cobertura R5	57
Figura 5.18 Área remota analizada R5. Fuente: Software PIPENET.....	57
Figura 5.19 Resultados obtenidos del software PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems del sistema de tuberías actual del Riser 05.	58
Figura 5.20 Grafica hidráulica Sistema del Riser 05 actual.	59
Figura 5.23 Resultados obtenidos del software PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems del sistema de tuberías actual del Riser 06.	61
Figura 5.24 Grafica hidráulica Sistema del Riser 06 actual.	62
Figura 5.25 Datos de diseño	66
Figura 5.26 Área remota analizada R1. Fuente: Software PIPENET.....	66
Figura 5.27 Análisis del sistema de tuberías modificado en Riser 01.	67
Figura 5.28 Grafica hidráulica Sistema del Riser 01 modificado.....	67
Figura 5.29 Área remota analizada R2. Fuente: Software PIPENET.....	68
Figura 5.30 Análisis del sistema de tuberías modificado en Riser 02.	68
Figura 5.31 Grafica hidráulica Sistema del Riser 02 modificado.....	69
Figura 5.32 Área remota analizada R3. Fuente: Software PIPENET.....	70

Figura 5.33 Análisis del sistema de tuberías modificado en Riser 03.....	70
Figura 5.34 Grafica hidráulica Sistema del Riser 03 modificado.....	71
Figura 5.35 Área remota analizada R4. Fuente: Software PIPENET.....	72
Figura 5.36 Análisis del sistema de tuberías modificado en Riser 04.....	72
Figura 5.37 Grafica hidráulica Sistema del Riser 04 modificado.....	73
Figura 5.38 Área remota analizada R6. Fuente: Software PIPENET.....	74
<i>Figura 5.39 Análisis del sistema de tuberías modificado en Riser 06.</i>	<i>74</i>
Figura 5.40 Grafica hidráulica Sistema del Riser 06 modificado.....	75

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Resumen estado del arte	36
Tabla 4.1 Pasos a seguir del método.....	37
Tabla 4.2 Análisis de riesgo R01	39
Tabla 4.3 Análisis de riesgo R02.....	39
Tabla 4.4 Análisis de riesgo R03	40
Tabla 4.5 Análisis de riesgo R04.....	40
Tabla 4.6 Análisis de riesgo R05.....	40
Tabla 4.7 Análisis de riesgo R06.....	40
Tabla 4.8 Clasificación por ocupación de cada Riser.....	41
Tabla 4.9 Criterio de diseño R01, R02, R03, R04, R06	42
Tabla 4.10 Criterio de diseño R05.....	44

1. INTRODUCCION

Cada día la industria aeronáutica presenta grandes avances tecnológicos en sus operaciones, ya que este representa uno de los sectores más precisos en cuestiones de seguridad y protección de activos. Considerando estos factores, la prevención y mitigación de incendios se erige como una consideración de máxima prioridad. Como señala ARTEC (2021), para garantizar la seguridad del personal involucrado en las operaciones alrededor de las aeronaves y sus instalaciones es esencial la implementación de todas las medias requeridas y apropiadas.

El proyecto "ITP Aero" de la empresa Global Industries Solutions S.A de C.V se presenta como una necesidad severa para la protección de las personas, activos y la continuidad de las operaciones, por lo consiguiente, es de suma importancia abordar esta necesidad de manera integral y con un enfoque que garantice la máxima efectividad y eficiencia.

En este contexto, la NFPA (National Fire Protection Association) ha desarrollado un conjunto de normas y códigos internacionalmente reconocidas que establecen las bases para procurar la seguridad de las personas, la propiedad y el medio ambiente de la capacidad devastadora de los incendios en una amplia gama de industrias, incluyendo la aeronáutica. (NFPA, 2009) Estas normas, basadas en investigaciones exhaustivas y mejores prácticas, ofrecen directrices sólidas para el diseño, implementación y mantenimiento de sistemas contra incendios altamente efectivos. Sin embargo, en el caso específico del proyecto "ITP Aero" de Global Industries Solutions S.A. de C.V, ha existido una notoria falta de un análisis que aplique de manera específica las normas de la NFPA. Esta laguna representa una oportunidad esencial para mejorar aún más la seguridad y la protección contra incendios en este proyecto líder en la industria aeronáutica.

Por tanto, esta tesis aborda esta necesidad crucial y lleva a cabo la ingeniería de un sistema contra incendios personalizado para el Proyecto "ITP Aero". Utilizando las normas de la NFPA como marco de referencia, realizando un análisis de riesgos exhaustivo que permite identificar posibles peligros, evaluar su impacto y proponer soluciones sólidas que garanticen un nivel óptimo de seguridad contra incendios en este proyecto de alto impacto en la industria aeronáutica.

1.1 Antecedentes

De acuerdo con Bugbee (1971) a finales del siglo XIX, la sociedad estaba siendo transformada por la innovación y la creación, conduciendo a la humanidad hacia nuevos horizontes. En un contexto de luchas obreras y una población reforzada por la llegada de inmigrantes, el término de la década de 1890 en América del Norte representó un periodo de transformación, crecimiento y posibilidades debido a el nuevo desarrollo de tecnologías. Gracias a estos avances, surgió la necesidad de establecer estándares y la creación de una organización como la NFPA para redactarlos. Entorno a lo anterior, surge en 1896 la National Fire Protection Association, por la propuesta de un conjunto de delegados pertenecientes a compañías de seguros, con la intención de estandarizar el emergente y creciente mercado de supresión de incendios que operan mediante rociadores automáticos (sprinklers). A pesar de que la connotación “Nacional” es parte de sus siglas, esto cambio en el año de 1903 ya que fue en esta época donde los primeros miembros foráneos se unieron a la asociación, entre ellos John Smith de Londres, George Smith de Australia y Nicolas Sergowsky de Rusia.

Hoy en día, su sede principal se encuentra ubicada en Quincy, Massachusetts, Estados Unidos, supervisando la creación y actualización constante de más de 300 códigos y pautas, las cuales son posibles gracias al esfuerzo de un colectivo conformado por más de 600 voluntarios. Estos voluntarios, representantes de diversas áreas como los servicios de bomberos, compañías de seguros, sectores comerciales, industrias, entidades gubernamentales y consumidores, colabora en el desarrollo y mantenimiento de estos documentos.

ITP Aero fue creada a finales de la década de los 80's, específicamente en el año 1989, con base en Zamudio, Bizcaia, España, iniciando operaciones con el apoyo de Rolls-Royce y SEINER para el desarrollo del motor EJ200. En 1992 firman su primer contrato con la empresa que los auxilió desde su creación, Rolls- Royce; gracias a este convenio se desarrollaron los motores Trent 700 y 800 para los aviones Airbus A330 y Boeing 777 (ITP Aero , 2023). En el año de 1998, dicha empresa inicio su expansión internacional tras la inauguración de la planta en México, ubicadas en Querétaro, acceso 4, colonia Benito Juárez; tiene una plantilla de más de 800 trabajadores que se desempeñan en los sectores de ingeniería, fabricación y prueba de motores. Desde entonces, ITP ero se encarga de la planificación y producción de componentes externos para las principales empresas fabricantes de motores aeronáuticos a nivel global, tales como Rolls-Royce, Pratt & Whitney, Honeywell y Airbus. Sus instalaciones de fabricación

distribuyen a países como España, México e India. Gracias a todo lo anterior, ITP Aero se encuentra en la novena posición a nivel mundial en la industria de motores y componentes aeronáuticos. (López, 2019)

Por otra parte, Global Industries Solutions S.A de C.V fue establecida en el año 2003 con un objetivo principal: abordar la creciente demanda de seguridad industrial en la región norte del Golfo de México (GIS, 2017). Durante un extenso periodo, la empresa se enfocó en la distribución de sistemas especializados en detección y supresión de incendios, desempeñando principalmente un rol representativo para compañías estadounidenses con experiencia en este campo. Con el paso de los años, evoluciono de manera significativa, consolidando una posición en el mercado. Actualmente, la sede se encuentra en el municipio de Corregidora en el estado de Querétaro, específicamente en la colonia Los Olvera, en la parcela 90 Z 14 P1/2 S/N int.10.

Gracias al talento y experiencia de los profesionales que se han unido a la empresa en las últimas dos décadas, Global Industries Solutions S.A de C.V ha experimentado un significativo proceso de evolución y crecimiento. Esta transformación ha posicionado a la compañía como uno de los actores destacados en el ámbito de sistemas contra incendio en toda la República Mexicana en la actualidad. La combinación de su compromiso, habilidad especializadas y dedicación ha sido fundamental para alcanzar y mantener este estatus, permitiendo así ofrecer soluciones de alta calidad que satisfacen las necesidades de nuestros clientes y fortalecen nuestra presencia en el mercado nacional. Este éxito es el resultado de una estratégica gestión del talento y un enfoque progresivo en la mejora constante, que nos impulsa a seguir innovando y superando expectativas en el ámbito de la seguridad contra incendios en nuestro país.

1.2 Planteamiento del problema

ITP Aero, empresa originaria de España, es líder mundial en la fabricación de motores aeronáuticos para la aviación comercial y de defensa; dicha empresa presenta un desafío crítico en su planta de la ciudad de Querétaro ya que el sistema contra incendios instalado en el edificio principal que en el pasado fue adecuado, ya no cumple con las actuales normas de la NFPA. Esto plantea una problemática de seguridad significativa que requiere una atención inmediata.

Darle prioridad a la resolución de este problema no solo es una cuestión de cumplimiento normativo, sino que, la seguridad es esencial en todo ámbito laboral tanto para sus empleados, las operaciones y la protección de activos de la empresa, la falta de un sistema contra incendios apropiado reduce significativamente la calidad de esta.

A partir de lo anterior surge la siguiente pregunta principal:

¿Cómo puede Global Industries Solutions S.A de C.V modificar el sistema contra incendios para que cumpla con las normas de la NFPA?

1.3 Justificación

La seguridad y protección del personal de ITP Aero son prioritarias. Un sistema contra incendios deficiente pone en riesgo la vida de los empleados, lo que hace imperativo abordar este problema para garantizar un entorno de trabajo seguro, además, la empresa cuenta con activos críticos en términos de tecnología y propiedad intelectual. La falta de protección contra incendios podría resultar en pérdidas económicas significativas. La elaboración de un análisis de riesgos tiene como propósito el cumplir con las normas de la NFPA ya que es esencial para demostrar el compromiso con la seguridad y calidad de sus operaciones.

La justificación para esta tesis radica en la necesidad apremiante de abordar estos desafíos de seguridad de manera integral y efectiva. Es fundamental realizar un análisis de riesgos que identifique y evalúe los posibles peligros que existen en las operaciones del edificio de ITP Aero.

1.4 Hipótesis

La renovación del sistema contra incendios en ITP Aero basándose en un análisis de riesgo permitirá la adecuación y mejora del sistema existente para cumplir con las normas establecidas por la NFPA.

1.5 Palabras clave

Incendio, sistema, riesgo, NFPA, seguridad.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Modificar el sistema contra incendios para el proyecto “ITP Aero” de la empresa Global Industries Solutions S.A. de C.V a través de un análisis de riesgos basado en las normas de la NFPA.

1.6.2 Objetivos particulares

- Identificar los riesgos potenciales de incendio presentes en el entorno del edificio.
- Realizar clasificación por ocupación según la normativa.
- Llevar a cabo los cálculos para el criterio de diseño.
- Analizar los resultados obtenidos del cálculo hidráulico en el sistema actual.
- Formular recomendaciones basadas en el análisis previo.
- Evaluar sistema modificado de acuerdo con las recomendaciones propuestas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción a industria aeronáutica

En la industria aeronáutica, tanto en el ámbito de los viajes como en la fabricación de aeronaves, cualquier imperfección, medición inexacta o pequeño error puede determinar el éxito o fracaso de una misión. es por esto por lo que las empresas dentro de la industria se adhieren a estándares de calidad y exactitud dimensional excepcionalmente rigurosos. (Martínez, 2021).

Siguiendo a Hualde & Carrillo (2014) durante las ultimas ecadas, la industria aeronautica ha presenciado a nivel global cambios drásticos derivados de avances tecnologicos, modificaciones en las organizaciones y crisis, como la ocasionada por los eventos del 2001 en Estados Unidos. Podemos afirmar que desde los años noventa hasta hoy en día se ha llevado a cabo un proceso significativo de reestructuración industrial y una profunda reorganización de la configuración empresarial en este ámbito.

La modernización industrial aeronáutica puede percibirse como tardía en comparación con sectores industriales como el automotriz o la electrónica. este retraso se atribuye a diversos factores que han influido en su evolución y crecimiento, tanto en términos políticos, geoestratégicos militares en ámbito público y privado (Casalet, 2013). También se origina de la complejidad intrínseca de los productos fabricados, los cuales integra componentes, productos y sistemas provenientes de otros sectores industriales, tales como la electrónica, mecánica, refrigeración, dispositivos ópticos, sistemas de software y otros sistemas, que raramente se integran con el nivel de complejidad que se observa en la industria.

2.1.1 Industria aeronáutica en México

La industria aeronáutica en México representa la segunda posición en Latinoamérica, siendo superada solo por Brasil, y en la actualidad, se encuentra aproximándose al top 10 a nivel mundial, con una participación en el mercado global que ya supera el 2.5%. En particular, esta industria se centra en la fabricación de aviones civiles.

En 2019, México aportó más de 3.5% de la actividad económica de la nación, acercándose a los 10.0000 millones de dólares en exportaciones en ese año. Hoy se cuenta con una presencia de más de 350 compañías en operaciones en México, las cuales emplean más de 60.000 personas, estableciéndose como el séptimo mayor exportador hacia los Estados Unidos. La perspectiva

para México es altamente alentadora, puesto que la productividad y la facturación de este sector han mostrado un crecimiento contante, promediando alrededor del 15 en los últimos años. Esto la consolida como la industria más robusta dentro del país. La especialización de este sector radica principalmente en la fabricación de diversas piezas y mecanismos, focalizándose especialmente en la construcción de aeronaves civiles. En la cadena global de valor de la industria aeronáutica, se identifican grandes fabricantes (OEMs) que producen y comercializan productos finales, como motores, aviones, satélites y helicópteros. A continuación, se encuentra el segmento Tier 1. Compuesto por fabricantes de productos y componentes que se integran directamente en la línea de ensamblaje final, como alas, trenes de aterrizaje, fuselajes, arneses y asientos, entre otros. Posteriormente, se sitúa el nivel Tier2, conformado por empresas proveedoras de piezas que se incorporan a un componente del Tier 1, como maquinados, conectores, cables, aislantes, materiales compuestos, laminados e interruptores. (IGAPE Mexico, 2021)

De acuerdo con la información proporcionada por el INEGI (2019), la industria aeronáutica se compone de un total de 206 categorías, destacando 8 de ellas como las más significativas al abarcar el 91.7% y 91.9% de las exportaciones e importaciones totales respectivamente durante el año.

En primer lugar, encontramos la categoría referente a “Productos utilizados para el ensamble o fabricación de aeronaves o componentes aéreos”, representando el 31.5% del total de exportaciones y el 34.3% del total de importaciones en el año 2019. La categoría relacionada con “Turborreactores o turbopropulsores” ocupa el segundo lugar puesto, constituyendo el 19.14% de las exportaciones y el 20.2% de las importaciones. En tercer lugar, en términos de relevancia, se encuentran “Otras partes para trinas de gas” representando el 11.7% de las exportaciones y el 14.9% de las importaciones.

2.1.2 Importancia del análisis de riesgos en la industria aeronáutica

Llevar a cabo el proceso de un análisis de riesgo desempeña un papel crítico en la gestión eficaz de la seguridad la toma de decisiones informadas en un entorno altamente especializado y complejo. Por lo anterior es importante resaltar los siguientes puntos clave que subrayan la importancia de dichos análisis.

Conforme a la SENEAM (2022) la seguridad operacional es un aspecto fundamental presente en todas las operaciones de áreas bajo control, su propósito es prevenir sucesos y percances. En igual medida la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) define la seguridad operacional como la condición en la cual los riesgos relacionados con las actividades de aviación que involucran la operación de aeronaves, o que respaldan directamente dicha operación, se disminuyen y mantienen a un nivel considerado aceptable. A través de la Jefatura de Seguridad Operacional, se encarga de desarrollar e implementar los procedimientos relacionados con la seguridad operacional, ya que dicho proceso requiere de una estrecha colaboración de todas las entidades involucradas en las actividades vinculadas a la aviación.

La reducción de accidentes y pérdidas humanas es de suma relevancia y abarca diversos aspectos fundamentales que contribuyen a mantener un entorno seguro y prevenir situaciones críticas. Los análisis de riesgos permiten una comprensión profunda y estructurada de los riesgos que podrían enfrentar las operaciones dentro del entorno aeronáutico, y en consecuencia ayuda a diseñar estrategias y medidas para mitigar estos riesgos de manera efectiva. Uno de los aspectos clave radica en la proactiva de riesgos, al anticiparse a las posibles amenazas y peligros que podrían surgir durante las operaciones aeronáuticas se pueden tomar medidas preventivas para minimizar su probabilidad de ocurrencia y por ende reducir la posibilidad de accidente y daños humanos. (ASANA, 2022) El análisis de riesgos también involucra la evaluación minuciosa de las consecuencias potenciales de dichos riesgos. Esto implica comprender cómo afectaría cada riesgo en particular a la seguridad de las personas, la integridad de las aeronaves y el correcto funcionamiento de los sistemas críticos. Al comprender las implicaciones en términos de vidas humanas y activos, se pueden priorizar los riesgos críticos para abordar primero aquellos que tienen el mayor impacto en la seguridad. Además, el análisis de riesgos permite la implementación de mejoras y controles necesarios para mitigar los riesgos identificados. Esto incluye la revisión y mejora continua de procedimientos operativos, la optimización de tecnologías y equipos, y la adopción de las mejores prácticas de la industria. A través de estas

medidas, se busca minimizar la probabilidad de accidentes y pérdidas humanas, garantizando operaciones aeronáuticas más seguras y eficientes. Asimismo, fomenta la capacitación y formación específica del personal. La preparación y conciencia del personal son esenciales para la prevención de accidentes, los empleados bien capacitados comprenden los riesgos y saben cómo abordar situaciones de manera adecuada, lo que disminuye la probabilidad de errores y, en última instancia, reduce los accidentes y las pérdidas humanas.

La protección de activos y recursos financieros emerge como un pilar dentro del análisis de riesgos, esto debido a que en un ámbito empresarial tan complejo y tecnológicamente avanzado, la administración y salvaguarda efectiva de dichos activos y recursos financieros se convierte en un componente vital para garantizar la sostenibilidad y triunfo a largo plazo de las operaciones de una organización. En primer lugar, se destaca la preservación de los activos físicos. Estos abarcan una amplia gama de elementos valiosos, tales como aeronaves, infraestructura aeroportuaria, equipos de alta tecnología y sistemas de navegación. Salvaguardar estos activos de riesgos potenciales como accidentes, desastres naturales, vandalismo o sabotajes es de crucial importancia para asegurar la continuidad operativa y evitar pérdidas financieras significativas. A su vez, no se puede subestimar la gestión de riesgos financieros. La industria aeronáutica opera en un entorno financiero altamente dinámico y volátil, caracterizado por fluctuaciones en los precios del combustible, tasas de interés y otros factores económicos. Un análisis exhaustivo de riesgos financieros permite identificar y mitigar los riesgos asociados a estas fluctuaciones, contribuyendo a mantener la estabilidad financiera y proteger los activos económicos de la empresa. En un escenario de crisis económicas, la resiliencia adquiere un valor significativo. Estas crisis pueden tener un impacto devastador en la industria aeronáutica. La protección efectiva de los recursos financieros posibilita que las organizaciones superen períodos económicos desafiantes, evitando la pérdida de activos y preservando la capacidad de invertir en investigación, desarrollo e innovación. Además, el cumplimiento normativo y legal se erige como una prioridad. La industria aeronáutica está sujeta a una amplia gama de regulaciones y normativas. El incumplimiento de estas normas puede dar lugar a multas y sanciones financieras significativas. Por lo tanto, garantizar que la empresa cumpla en todo momento con los requisitos regulatorios es esencial para minimizar riesgos legales y financieros.

2.2 Contexto normativo: NFPA

Las directrices establecidas por la National Fire Protection Association (NFPA) resultan importantes en la prevención de la seguridad contra incendios dentro del sector aeronáutico. Mediante un análisis y la anticipación de posibles riesgos incendiarios, así como la adecuada instauración de sistemas de protección, la ejecución rigurosa de procedimientos de contingencia y la adopción diligente de prácticas óptimas, estas normativas representan pilares fundamentales en la mitigación de riesgos y en la garantía de la seguridad en el contexto.

Es esencial que los profesionales y expertos en esta área se familiaricen ampliamente con estas normas y las apliquen con precisión en sus respectivos campos laborales. Esta aplicación minuciosa y precisa resulta fundamental para mantener estándares altamente elevados de seguridad en un contexto altamente crítico, como es el ámbito de la industria aeronáutica. Estos estándares normativos van más allá de una formalidad superficial; en realidad, constituyen una base sólida para la integridad y la continuidad operativa en un entorno caracterizado por su complejidad y los riesgos inherentes. La integración armónica entre el conocimiento normativo y su implementación práctica se traduce en la protección efectiva de vidas humanas, recursos esenciales y la garantía de una operatividad eficaz y resistente en este ámbito de suma importancia. En consecuencia, se hace un llamado a mantener altos niveles de precisión, a una actualización constante y a la adopción comprometida de estas normativas, considerándolas como elementos esenciales de la cultura de seguridad arraigada en la industria aeronáutica.

NFPA 1: Código de incendios

El propósito fundamental de esta norma es establecer los requisitos y medidas para la prevención, protección y respuesta efectiva de incendios, ya que busca garantizar la seguridad en diversas edificaciones. (NFPA , 2021)

Aspectos clave:

Este documento aborda una amplia gama de situaciones relacionadas con la seguridad contra incendios. Incluye disposiciones detalladas sobre sistemas de rociadores automáticos, extintores de incendios, salidas de emergencia, señalización, iluminación de emergencia, sistemas de detección de humo, equipos de protección personal y procedimientos para la gestión de riesgos. Dentro de ella también se aborda específicamente áreas críticas, como el almacenamiento de

materiales peligrosos, la gestión de residuos peligrosos y las instalaciones de energía, imponiendo requisitos específicos para minimizar los riesgos asociados con estas situaciones.

Aplicaciones y alcance:

La NFPA 1 se puede aplicar a una variedad de ocupaciones y tipo de construcciones. Desde oficinas y comercio hasta plantas industriales y complejos residenciales, además, su alcance se adentra en áreas específicas como la prevención de incendios en eventos públicos, la seguridad en estacionamientos y garajes y la protección contra incendios en instalaciones agrícolas.

Importancia y beneficios:

La importancia radica en la capacidad de establecer un estándar de seguridad uniforme que cuando se cumpla reduzca significativamente el riesgo de incendio y sus consecuencias adversas. Al seguir sus pautas de mejor a la preparación y la respuesta ante emergencia.

Sus beneficios incluyen la mitigación de pérdidas económicas, la promoción de entornos seguros y la contribución a la eficiencia de los servicios de emergencias al proporcionar directrices claras.

NFPA 3: Practica recomendada para la puesta en marcha de sistemas de protección contra incendio y seguridad vital

NFPA 3 tiene como objetivo proporcionar pautas para el proceso de puesta en marcha de sistemas de protección contra incendios y seguridad vital. Se concentra en asegurar que estos sistemas, desde su diseño hasta su mantenimiento, cumplan con los requisitos de rendimiento previstos (NFPA, 2018).

Aspectos clave:

Proporciona un enfoque estructurado para la puesta en marcha, abarcando todas las etapas del ciclo de vida del sistema. Destaca la importancia de la colaboración entre todas las partes involucradas, incluidas propietarios, diseñadores, contratistas y autoridades competentes, también asegura que los sistemas operen según lo previsto y cumplan con los requisitos de seguridad en caso de incendio y otras emergencias.

Aplicaciones y alcance:

Se aplica a la puesta en marcha de sistemas de protección contra incendios y seguridad vital en diversos entornos, incluidos edificios comerciales, industriales y residenciales. El alcance cubre desde la planificación inicial hasta el mantenimiento continuo.

Importancia y beneficios:

Contribuye a la fiabilidad y eficacia de los sistemas, reduciendo riesgos asociados con fallas en situaciones críticas, a su vez, garantiza que los sistemas estén preparados para brindar protección continua y eficiente a lo largo del tiempo. Fomenta la colaboración entre todas las partes interesadas, mejorando la eficiencia y eficacia del proceso de puesta en marcha, y por último ayuda a cumplir con los estándares y códigos de seguridad aplicables, asegurando la conformidad con las regulaciones.

NFPA 11: Norma para espuma de baja, media y alta expansión

La NFPA 11, Norma para Espuma de Baja, Media y Alta Expansión, es una guía vital desarrollada por la National Fire Protection Association que establece requisitos para el uso seguro y efectivo de sistemas de espuma para combatir incendios. Se originó ante la necesidad crítica de controlar y extinguir incendios en instalaciones donde se requería un agente extintor más efectivo, como la espuma, que es altamente eficaz en la supresión de fuegos que involucran líquidos inflamables y materiales peligrosos. (NFPA , 2021)

Objetivo:

El objetivo principal de la NFPA 11 es proporcionar criterios para el diseño, instalación, operación, pruebas y mantenimiento de sistemas de espuma para su uso en la protección contra incendios. Estos sistemas se utilizan para controlar y extinguir incendios que involucran líquidos inflamables o materiales combustibles en áreas industriales y de almacenamiento.

Aspectos clave:

La NFPA 11 establece directrices sobre la selección y diseño de sistemas de espuma de baja, media y alta expansión. También aborda la cantidad adecuada de espuma necesaria para la supresión eficaz del incendio, las características de los agentes espumantes y otros aspectos esenciales para garantizar la eficiencia del sistema.

Aplicaciones y alcance:

La norma NFPA 11 es aplicable a una variedad de entornos, incluyendo refinerías, terminales de almacenamiento de líquidos inflamables, plantas químicas, áreas de almacenamiento de líquidos inflamables, entre otros. Se enfoca en proteger instalaciones industriales donde los riesgos de incendio asociados con líquidos inflamables son significativos.

Importancia y Beneficios:

La importancia de la NFPA 11 está en su capacidad para establecer requisitos y pautas que aseguren el uso efectivo de sistemas de espuma en la extinción de incendios. Los beneficios incluyen la mitigación efectiva de incendios que involucran líquidos inflamables, reducción de daños a la propiedad, protección de vidas, y la preservación de la integridad de las instalaciones y el medio ambiente.

NFPA 12: Norma sobre sistemas de extinción de dióxido de carbono

La NFPA 12 (NFPA , 2022) es una norma fundamental desarrollada por la que trata sobre los sistemas de extinción de incendios utilizando dióxido de carbono (CO₂). Se estableció en un contexto en el que los sistemas de extinción de incendios son cruciales para controlar y suprimir incendios de manera efectiva y evitar pérdidas de vidas, daños a la propiedad y detener la interrupción de operaciones. En este marco, el uso de dióxido de carbono como agente extintor ha demostrado ser altamente eficaz y se ha convertido en una técnica valiosa para la protección contra incendios en diversas aplicaciones.

Objetivo:

El objetivo principal de la NFPA 12 es proporcionar directrices específicas y claras para el diseño, instalación, mantenimiento y prueba de sistemas de extinción de incendios con dióxido de carbono. Estos sistemas están diseñados para brindar una respuesta rápida y efectiva en caso de incendio, minimizando así los daños causados por el fuego y protegiendo vidas y propiedades.

Aspectos clave:

La NFPA 12 establece requisitos esenciales para la ubicación y disposición de los sistemas de extinción de CO₂, así como la cantidad adecuada de CO₂ necesaria para extinguir un incendio. También cubre la protección de los trabajadores y la coordinación con otras medidas de seguridad.

Aplicaciones y alcance

La NFPA 12 se aplica en una amplia variedad de entornos, incluyendo instalaciones industriales, salas de equipos eléctricos, generadores de energía, espacios confinados y otras áreas en las que el uso de dióxido de carbono es efectivo y seguro para la extinción de incendios.

Importancia y Beneficios:

La NFPA 12 es de suma importancia, ya que establece estándares que garantizan la eficacia y seguridad de los sistemas de extinción de CO₂. Al seguir estas normas, las organizaciones pueden confiar en que sus sistemas de extinción de incendios basados en CO₂ operarán de manera óptima en situaciones de emergencia, minimizando así el riesgo de lesiones, daños a la propiedad y deteniendo la propagación de incendios.

NFPA 13: Norma para la instalación de sistemas de rociadores

La NFPA 13 determina los requisitos mínimos para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de rociadores automáticos utilizados en la prevención y mitigación de incendios en diversos tipos de edificaciones. La NFPA 13, también conocida como "Standard for the Installation of Sprinkler Systems", es una norma vital dentro del marco de la seguridad contra incendios. (NFPA, 2019)

Objetivos:

El principal objetivo de la NFPA 13 es garantizar que los sistemas de rociadores automáticos estén diseñados e instalados de manera efectiva para proteger vidas, bienes y propiedades en caso de incendios. Busca establecer normas que ayuden a mitigar los riesgos de incendio y a contenerlos de manera eficaz, minimizando así los daños materiales y, lo que es aún más importante, preservando la integridad y seguridad de las personas.

Aspectos clave:

Diseño y Planificación: La NFPA 13 proporciona pautas detalladas sobre cómo diseñar sistemas de rociadores teniendo en cuenta varios factores, incluyendo la disposición de los rociadores, la clasificación de riesgos, las condiciones ambientales y las características del edificio.

- **Selección de Rociadores:** Establece los criterios para la elección adecuada de los rociadores según la clasificación de riesgos, el tipo de construcción y otros parámetros esenciales.

- **Instalación y Mantenimiento:** Define los procedimientos de instalación adecuados y los requisitos de mantenimiento que aseguran el funcionamiento óptimo de los sistemas de rociadores en todo momento.
- **Inspecciones y Pruebas:** Establece pautas para realizar inspecciones regulares y pruebas de los sistemas para garantizar que cumplan con los estándares de seguridad.

Aplicaciones y alcance

La NFPA 13 es aplicable a una amplia gama de edificaciones, incluyendo residenciales, comerciales, industriales e institucionales. Su alcance abarca la protección contra incendios en estructuras nuevas, así como la actualización y mejora de sistemas existentes para garantizar que estén en conformidad con las últimas normativas.

Importancia y Beneficios

La NFPA 13 desempeña un papel crucial en la protección contra incendios, ya que ayuda a garantizar que los sistemas de rociadores automáticos sean diseñados e instalados de acuerdo con estándares reconocidos, lo que se traduce en una mayor eficiencia y efectividad en la prevención y control de incendios.

NFPA 14: Norma para la instalación de sistemas de tubería de agua para la protección contra incendios.

La NFPA 14, establece los requisitos para el diseño e instalación de sistemas de tubería de agua destinados a la protección contra incendios. Esta norma se centra en garantizar la eficacia de los sistemas de abastecimiento de agua utilizados en la extinción de incendios. (NFPA, 2019)

Aspectos clave:

Como se mencionó, dicha norma establece pautas detalladas para el diseño de sistemas de tuberías que incluyen tuberías, válvulas, conexiones y otros componentes, define requisitos para la fuente de agua, ya sea pública o privada, asegurando un suministro adecuado para la extinción de incendios. Establece normas para la ubicación de hidrantes y rociadores, abordando aspectos como la distancia entre ellos y disposición. También define los criterios para la instalación y operación de bombas y tanques utilizados en sistemas de protección contra incendios.

Aplicaciones y alcance:

Se aplica a una variedad de ocupaciones y edificaciones, desde residenciales hasta comerciales e industriales, donde se requieren sistemas de tuberías de agua para la protección contra incendios.

Importancia y beneficios:

Garantiza que los sistemas de tuberías de agua sean eficaces en la extinción de incendios, protegiendo vidas y propiedades, además conlleva las pautas para el mantenimiento regular, para así asegurar la funcionalidad continua del sistema.

NFPA 20: Norma para la instalación de bombas estacionarias para PCI

La NFPA 20 (NFPA , 2022), Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra Incendios, que regula los requisitos para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de bombas estacionarias utilizados en sistemas de protección contra incendios. Se ha desarrollado en respuesta a la necesidad de garantizar la confiabilidad y eficacia de los sistemas de bombeo estacionarios utilizados en la protección contra incendios. Las bombas estacionarias son vitales para suministrar agua a presión en caso de incendio, asegurando una respuesta rápida y efectiva para extinguir el fuego y proteger vidas y propiedades.

Objetivo:

El objetivo principal de la NFPA 20 es establecer los requisitos y lineamientos necesarios para la correcta instalación, operación y mantenimiento de bombas estacionarias utilizadas en sistemas de protección contra incendios. Esto incluye aspectos relacionados con el diseño del sistema, la selección adecuada de bombas y accesorios, así como los procedimientos de prueba y mantenimiento.

Aspectos clave:

La NFPA 20 aborda aspectos clave, como el diseño y selección adecuada de bombas y motores, los requisitos de la sala de bombas, las condiciones de operación, las pruebas y mantenimiento periódico, y otros criterios esenciales para garantizar el funcionamiento eficaz de las bombas estacionarias.

Aplicaciones y alcance

Esta norma es aplicable a instalaciones que requieran sistemas de bombeo estacionarios para la protección contra incendios, como edificios comerciales, industriales, residenciales, hospitales y otras estructuras. Se aplica tanto a bombas eléctricas como a bombas accionadas por motores de combustión interna.

Importancia y Beneficios:

La importancia de la NFPA 20 radica en su capacidad para establecer estándares que garanticen la confiabilidad y eficacia de los sistemas de bombas estacionarias en la protección contra incendios. Cumplir con esta norma es crucial para asegurar una respuesta rápida y efectiva en caso de un incendio, minimizando así el riesgo de lesiones y daños a la propiedad. Los beneficios incluyen la protección efectiva contra incendios, el cumplimiento de normativas de seguridad, y la garantía de un funcionamiento adecuado y confiable de los sistemas de bombeo estacionarios.

NFPA 25: Norma para la instalación, prueba y mantenimiento de sistemas de rociadores contra incendios y otros sistemas de protección de agua.

Implementa los requisitos para la inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de rociadores y otros sistemas de protección de agua utilizados para la prevención y control de incendios. (NFPA, 2023)

Aspectos clave:

Define procedimientos detallados para la inspección visual y operativa de los componentes de los sistemas, incluidos los rociadores, las tuberías y válvulas. Establece los requisitos para las pruebas periódicas de diversos elementos, como las bombas, las válvulas de alarma y las alarmas de flujo para garantizar su correcto funcionamiento. Además, impone la documentación adecuada de las inspecciones, pruebas y mantenimiento realizadas, así como el mantenimiento de registros detallados.

Aplicaciones y alcance:

Se puede aplicar a una amplia gama de edificaciones que cuenten con un sistema de rociadores y otros sistemas de protección de agua, incluyendo edificios comerciales, industriales y residenciales.

Importancia y beneficios:

Contribuye a la detección temprana de problemas y a la prevención de fallas en los sistemas, mejorando la fiabilidad, asegurando la operatividad continua de estos mismos para brindar una respuesta eficaz en caso de emergencia. El mantenimiento preventivo contribuye a prolongar la vida útil de los componentes del sistema.

NFPA 30: Código de líquidos inflamables y combustibles

La NFPA 30 es un estándar vital conocido como el "Código de Líquidos Inflamables y Combustibles". Este código establece los requisitos para el almacenamiento, manejo y uso seguro de líquidos inflamables y combustibles, abordando aspectos críticos para garantizar la seguridad en entornos donde estos líquidos se encuentran presentes. Fue desarrollada considerando la necesidad de establecer pautas y regulaciones adecuadas para la manipulación segura de líquidos inflamables y combustibles en diversos entornos, incluyendo instalaciones industriales, comerciales y de almacenamiento. Estos líquidos representan un riesgo significativo de incendio y explosión, lo que hace esencial contar con normativas precisas que regulen su manejo seguro. (NFPA, 2024)

Objetivo:

El objetivo principal de la NFPA 30 es proporcionar directrices y requisitos para el almacenamiento, manipulación y uso seguro de líquidos inflamables y combustibles. Esto incluye aspectos como la clasificación de líquidos, el diseño adecuado de instalaciones de almacenamiento, la prevención de incendios y la protección contra incendios en caso de un evento no deseado.

Aspectos clave:

La NFPA 30 aborda varios aspectos clave, incluyendo la clasificación de líquidos inflamables, los requisitos para tanques y recipientes, sistemas de protección contra incendios, ventilación, manipulación y dispensación segura de líquidos inflamables, entre otros. También proporciona pautas para mitigar los riesgos asociados con estos líquidos.

Aplicaciones y alcance

Esta norma es aplicable a una amplia gama de industrias y entornos donde se almacenan, manejan o utilizan líquidos inflamables y combustibles, como estaciones de servicio, fábricas, laboratorios, almacenes y otros sitios industriales. Es relevante tanto para líquidos inflamables líquidos como para líquidos combustibles.

Importancia y Beneficios:

La NFPA 30 es de gran importancia ya que establece pautas y regulaciones esenciales para garantizar la seguridad en el manejo de líquidos inflamables y combustibles. Cumplir con esta norma asegura la prevención de incendios y explosiones, la protección de la vida humana y la propiedad, así como la conformidad con las regulaciones de seguridad. Los beneficios incluyen entornos más seguros, reducción de riesgos de incendios y cumplimiento de las normativas de seguridad aplicables. Además, promueve prácticas responsables en la manipulación de sustancias inflamables y combustibles.

NFPA 33: Norma para aplicaciones por aspersión utilizando materiales combustibles

La NFPA 33 es una norma relevante conocida como el "Código para Aplicaciones de Rociado que Utilizan Materiales Inflamables o Combustibles". Esta norma proporciona lineamientos para la aplicación segura de rociadores en entornos donde se utilizan materiales que son inflamables o combustibles. Procedió de la necesidad crítica de establecer regulaciones y pautas específicas para aplicar sistemas de rociado en entornos donde materiales inflamables o combustibles están presentes. Estos materiales representan un alto riesgo de incendio, y es vital contar con regulaciones que aborden su manipulación segura en aplicaciones con sistemas de rociado. (NFPA , 2021)

Objetivo:

El objetivo principal de la NFPA 33 es proporcionar directrices claras y requisitos para la aplicación segura de rociadores en entornos donde se utilizan materiales inflamables o combustibles. Esto incluye aspectos como el diseño adecuado del sistema de rociado, la prevención de incendios y la protección contra incendios en caso de un evento no deseado.

Aspectos clave:

La NFPA 33 aborda varios aspectos clave, incluyendo la clasificación de materiales inflamables y combustibles, el diseño adecuado de sistemas de rociado, la selección de materiales, la instalación y mantenimiento del sistema, así como pautas para la prevención y mitigación de incendios.

Aplicaciones y alcance

Esta norma es aplicable a una amplia gama de industrias y entornos donde se manejan, almacenan o utilizan materiales inflamables o combustibles. Incluye aplicaciones como recubrimientos, pinturas, barnices, resinas y otros materiales que tienen propiedades inflamables o combustibles.

Importancia y Beneficios:

La NFPA 33 es de gran importancia ya que establece pautas esenciales para garantizar la seguridad en la aplicación de sistemas de rociado en presencia de materiales inflamables o combustibles. Cumplir con esta norma asegura la prevención de incendios y protección de la vida humana y propiedad, así como el cumplimiento de las regulaciones de seguridad.

NFPA 72: Código nacional de señalización y alarmas contra incendios

La NFPA 72 es una norma titulada "Código Nacional de Señalización y Alarmas contra Incendios". Surge en respuesta a la necesidad de estandarizar y mejorar la eficacia de los sistemas de señalización y alarmas contra incendios. Históricamente, la señalización y alarmas contra incendios han sido críticas para la detección temprana y la respuesta rápida ante incendios, lo que subraya la importancia de contar con regulaciones actualizadas y específicas para estos sistemas. (NFPA , 2022)

Objetivo:

El objetivo principal es establecer requisitos y pautas para el diseño, instalación, prueba, inspección, mantenimiento y uso de sistemas de señalización y alarmas contra incendios. Busca garantizar la pronta detección de incendios, así como la transmisión efectiva de la señal de alarma a los ocupantes del edificio y a los cuerpos de bomberos locales.

Aspectos clave:

Aborda aspectos clave, incluyendo la clasificación de sistemas de señalización y alarmas, requisitos de diseño y rendimiento, ubicación y distribución de dispositivos, así como pruebas y mantenimiento para asegurar su adecuado funcionamiento.

Aplicaciones y alcance

Esta norma se aplica a una amplia gama de edificios e instalaciones, desde residencias hasta complejos industriales, donde se requieran sistemas de señalización y alarmas contra incendios. Su alcance abarca desde la planificación y diseño hasta la operación y mantenimiento de estos sistemas esenciales.

Importancia y Beneficios:

La NFPA 72 es de vital importancia, ya que garantiza que los sistemas de señalización y alarmas contra incendios funcionen eficazmente, permitiendo la detección temprana de incendios y una respuesta inmediata. Cumplir con esta norma ayuda a salvar vidas y minimiza los daños causados por incendios al proporcionar sistemas fiables y bien mantenidos.

NFPA 75: Norma para la protección contra incendios de equipos de tecnología de la información

La NFPA 75, titulada "Norma para la Protección contra Incendios de Equipos de Tecnología de la Información", es una norma esencial desarrollada debido al rápido avance tecnológico que ha llevado al aumento exponencial de equipos de tecnología de la información en diversas instalaciones y espacios. Estos equipos son vitales para el funcionamiento de muchas organizaciones, y su protección contra incendios es esencial para garantizar la continuidad de operaciones en caso de un evento de fuego. (National Fire Protection Association , 2020)

Objetivo:

El objetivo principal es establecer requisitos y pautas para la protección contra incendios de equipos de tecnología de la información. La norma busca minimizar el riesgo de incendios en estos equipos y proporcionar medidas efectivas para su protección, mitigación de daños y recuperación tras un incendio.

Aspectos clave:

La NFPA 75 aborda aspectos clave, incluyendo la ubicación adecuada de los equipos, los materiales de construcción permitidos en la sala que los aloja, la prevención de incendios y los métodos de supresión adecuados para mitigar los riesgos asociados a estos equipos críticos.

Aplicaciones y alcance

Esta norma es aplicable a salas y espacios que contienen equipos de tecnología de la información. Su alcance incluye desde la construcción y disposición de la sala hasta los sistemas de protección contra incendios que se deben implementar para garantizar la seguridad de los equipos.

Importancia y Beneficios:

Es de suma importancia porque protege activos críticos de tecnología de la información que son fundamentales para las operaciones diarias de organizaciones modernas. Garantiza la continuidad operativa al reducir el riesgo de incendios y proporciona directrices claras para la instalación y mantenimiento adecuados de sistemas de protección contra incendios.

2.3 Introducción al software PIPENET

De acuerdo con Belhattab y Boukheris (2022) el software PIPENET es el líder para el análisis rápido del flujo de líquidos en tuberías y redes de tuberías. Dicho software se compone de tres módulos diseñados para garantizar simulaciones eficientes del flujo de tuberías, independientemente de la complejidad de la red.

Cada uno de los tres módulos del software de PIPENET está diseñado profesionalmente para diferentes tipos de análisis de flujo de fluidos y una amplia gama de aplicaciones, incorporando la retroalimentación de los clientes. El resultado son tres módulos líderes mundiales de PIPENET.

Módulo de Spray/ Rociadores de PIPENET, especificado para el diseño de sistemas de protección contra incendios ya que cumple con normativas como la NFPA 13, NFPA 15 y NFPA 16. Este módulo es versátil, aplicándose en el diseño de sistemas como rociadores, diluvio, buble principal y solución de espuma.

Módulo transitorio de PIPENET, es una herramienta para modelar fenómenos transitorios y calcular fuerzas hidráulicas resultante. Este módulo se utiliza comúnmente en análisis de sobrepresiones, golpe de ariete en sistemas de agua de refrigeración, sistemas contra incendios y sistemas de carga y descarga de hidrocarburos.

Módulo estándar de PIPENET, es un software de cálculos hidráulicos en estado estacionario aplicables a flujos comprensibles e incomprensibles. Este módulo se emplea en diversas aplicaciones, como el diseño de sistemas de servicios de aire, agua y vapor, así como el diseño de sistemas de ventilación.

2.4 Definiciones

2.4.1 Sistema contra incendio

Se hace referencia al sistema contra incendios como el conjunto de acciones planificadas dentro del plan de seguridad de cualquier edificio, con el propósito de reducir al mínimo los impactos del fuego en caso de un incendio, enfocándose en la protección tanto de las personas presentes en el edificio como de la propiedad o estructura en sí. (S&P, 2019)

2.4.2 Riser

Conforme a la NFPA 13, un Riser se define como la tubería vertical encargada de suministrar agua a un sistema de rociadores. Este componente se ubica entre la fuente de agua y la tubería principal debido a su función de controlar el acceso del agua al sistema. Además, facilita la segmentación de sistemas como los de mangueras o rociadores.

El Riser, que tiene una orientación vertical, incorpora un manómetro, un dren y un dispositivo de alarma de flujo de agua. Asimismo, cuenta con dos dispositivos: una válvula check e interruptor de flujo y la válvula de control, siendo esta última la única permitida para el sistema de protección contra incendios. Después de la válvula del Riser, no debe haber otra que restrinja o interrumpa el flujo del sistema.

2.4.3 Clasificación por ocupación

Se establece con el propósito de categorizar instalaciones o áreas que comparten características de carga combustible similares. Estas clasificaciones pueden recibir distintas denominaciones, tales como:

- Riesgo leve (light Hazard): Contiene una cantidad limitada de combustible
- Riesgo ordinario I (Ordinary Hazard I): Incluye material combustible en bajas cantidades, con una calidad moderada
- Riesgo ordinario II (Ordinary Hazard II): Presenta cantidades de combustible que van de moderadas a altas.
- Riesgo extra I (Extra Hazard Group I): La cantidad y calidad del combustible son muy elevadas y existe presencia de materiales que favorecen la propagación del fuego.
- Riesgo extra II (Extra Hazard Group II): Incluye una cantidad moderada de sustancias inflamables o líquidos combustibles.

2.4.4 Análisis de riesgo

De acuerdo con Asanza (2013) el análisis de riesgos se define como la utilización sistemática de la información disponible para reconocer potenciales peligros y evaluar las posibles amenazas para los trabajadores. Esto implica la identificación proactiva de riesgos, con el objetivo principal de detectar los peligros presentes en una planta, proceso u ocupación. Este paso es crucial en el análisis de riesgos, ya que involucra el proceso para recopilar la información necesaria, permitiendo a la organización tomar medidas adecuadas sobre cuándo y qué tipo de acciones preventivas deben implementarse.

2.4.5 Matriz de riesgo

La matriz de riesgo es una herramienta de control y administración comúnmente empleada para reconocer las actividades más críticas de la empresa, así como el tipo y nivel de riesgo asociados a estas actividades, junto con los factores internos y externos que generan estos riesgos. De igual manera, una matriz de riesgos posibilita la evaluación de la eficiencia de una gestión adecuada y administración de la organización. (Asanza, 2013)

2.4.6 Riesgo

Se puede definir como la posibilidad o probabilidad de que un evento o circunstancia ocurra y tenga un impacto adverso en los objetivos, metas o proyectos de un individuo, entidad o empresa. En el ámbito de análisis de riesgos, se conceptualiza como la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado y el impacto que tendría en caso de materializarse. Identificar, evaluar y gestionar los riesgos de manera adecuada es esencial para tomar decisiones fundamentadas y aplicar medidas preventivas o de mitigación.

Protección: Se refiere a las estrategias, medidas y acciones diseñadas para prevenir, mitigar o responder a los riesgos identificados. Estas medidas están destinadas a salvaguardar los activos, recursos, personas y objetivos de una organización o proyecto de los posibles eventos adversos que pueden causar daños o interrupciones.

2.4.7 Probabilidad

Se refiere a la medida cuantitativa de la posibilidad de que ocurra un evento no deseado que pueda tener impacto negativo en los objetivos de la empresa u organización. Es esencial para evaluar y cuantificar la chance de que ocurra un riesgo en específico.

La probabilidad se expresa en una escala de 0 a 1, donde:

- 0 indica que el evento es altamente improbable o imposible de ocurrir.
- 1 indica que el evento es seguro que ocurra.

Remoto: Indica que la probabilidad de que ocurra el riesgo es muy baja. Es poco probable que ocurra, incluso en circunstancias excepcionales.

Ocasional posible: Sugiere que la probabilidad de que ocurra el riesgo es baja, pero existe una posibilidad ocasional de que pueda suceder, tal vez en situaciones inusuales o poco común

Moderado posible: Implica que hay una probabilidad moderada de que ocurra el riesgo. Es posible que ocurra en ciertas circunstancias y con cierta regularidad.

Frecuente muy probable: Indica que la probabilidad de que ocurra el riesgo es alta y es muy probable que suceda de manera repetida.

2.4.8 Severidad

Alude al grado o nivel de gravedad de las posibles consecuencias que podrían manifestarse en caso de que un riesgo se concretara. Constituye una evaluación, ya sea cuantitativa o cualitativa, de la magnitud del perjuicio, impacto o pérdida que un evento de riesgo podría ocasionar en personas, propiedades, operaciones, entorno ambiental u otros aspectos pertinentes.

Insignificante: Indica que las consecuencias del riesgo son mínimas y no tienen un impacto significativo en los objetivos de la organización

Marginal: Indica que el riesgo tiene un impacto moderado en los objetivos de la organización y podría requerir cierta atención acciones de mitigación.

Crítico: Indica que el riesgo tiene un impacto significativo en los objetivos de la organización y requiere acción inmediata y decisiva para su mitigación.

Catastrófico: Indica que el riesgo tiene un impacto extremadamente severo y puede llevar a consecuencias desastrosas para la organización.

3. ESTADO DEL ARTE

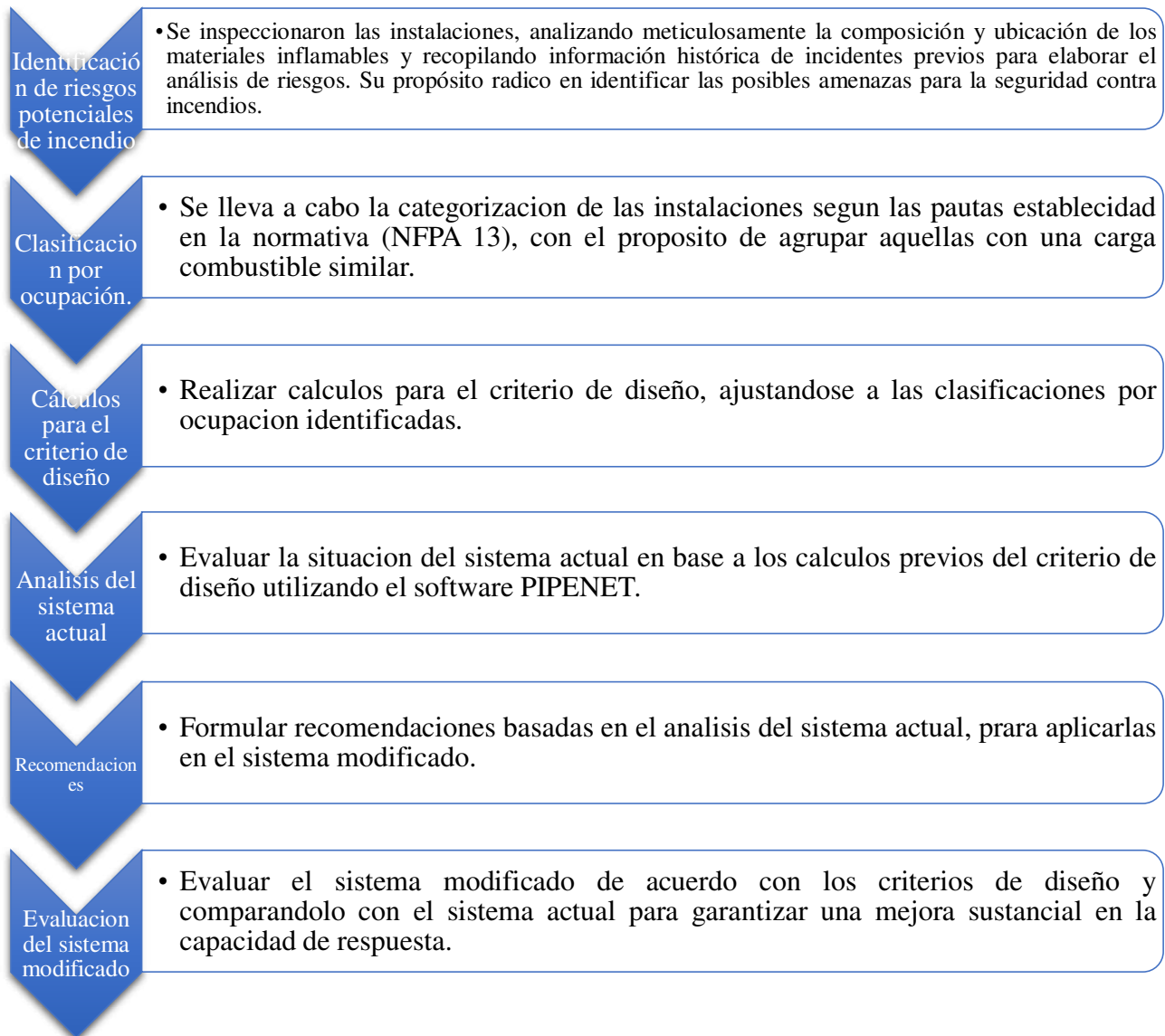
Tabla 3.1 Resumen estado del arte

Autor	Investigación	Resumen	Hallazgos relevantes
<p>Dana Carolina Agudelo Calderón (2011)</p>	<p><i>Análisis de Riesgo y optimización del sistema contra incendio de la Universidad Militar Nueva Granada, Sede calle 100</i></p>	<p>Evaluación a los riesgos de incendio, modificación a la red existente y subrayar la importancia de la Ingeniería de Protección Contra Incendios en entornos educativos.</p>	<p>El equipo de bombas en la red actual no satisface los estándares de la NFPA 20 y tampoco cumple con las necesidades hidráulicas de los gabinetes de mangueras remotos en la universidad.</p>
<p>Edwin Daniel Tapia Egas (2015)</p>	<p><i>Evaluación de las condiciones de seguridad contra incendios y propuesta del sistema de supresión y detección de incendios para empresa RTM Internacional</i></p>	<p>El estudio se enfocó en evaluar la seguridad contra incendios en la empresa RTM Internacional en el cumplimiento con las normativas legales OM470/2014 y la Ley de Defensa contra Incendios.</p>	<p>Se llevó a cabo un análisis para desarrollar e implementar un sistema de supresión y detección de incendios que estuviera en conformidad con la normatividad legal. Además, como medida de respaldo frente a este riesgo, se planificó establecer brigadas de respuesta contra incendios que estarían disponibles para intervenir en caso de que se produjera un incendio no deseado.</p>
<p>Ing. Ernesto Martínez Lozano & Newton Barreto León (2017)</p>	<p><i>Diseño de un Sistema Contra incendio para una empresa productora de Cereales.</i></p>	<p>El artículo presenta una serie de pasos que son adaptables según la experiencia del diseñador y las necesidades del cliente, siempre siguiendo la normativa de la NFPA como referencia principal.</p>	<p>Se pudo apreciar que el diseño de un sistema contra incendios requiere la aplicación de las normativas NFPA, las cuales son fundamentales para orientar el proceso de diseño, ya que los cálculos hidráulicos convencionales por si solos no son suficientes. Al diseñar, no es posible alanzar el resultado final en el primer intento, si no que se deben realizar múltiples iteraciones, aprovechando las normas como guía, para obtener el mejor resultado con una configuración definitiva.</p>
<p>Intriago Manzano Gustavo Enrique (2022)</p>	<p><i>Propuesta de un sistema contra incendio según norma NFPA para la empresa IMAGOR S.A</i></p>	<p>La investigación recomienda la creación de un Sistema Contra Incendio conforme a la norma NFPA. Se utilizó el método MESERI para evaluar el riesgo de incendio y la herramienta HIDCAL para calcular el tamaño bomba-motor. Se identificaron las causas del problema a través de un diagrama causa-efecto.</p>	<p>Tras el análisis y la evaluación de las condiciones de la empresa se reveló que esta se encuentra en una situación que entraña un alto riesgo de incendio. La empresa IMAGOR S.A no cuenta con un sistema contra incendio acorde a su riesgo, por lo tanto, en caso de que un incendio ocurra no podrán extinguirlo poniendo en riesgo la vida de los colaboradores y la materia prima.</p>

4. METODOLOGÍA

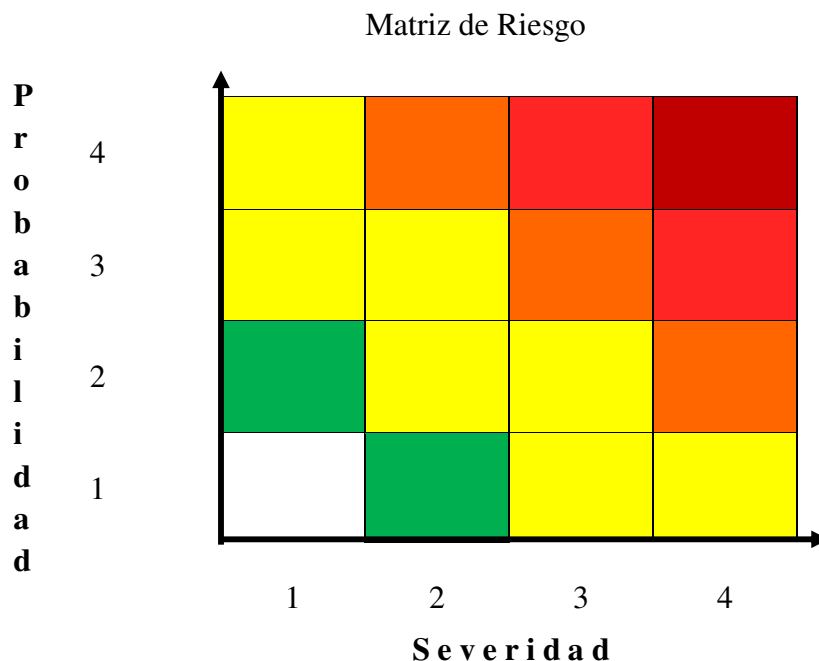
En este capítulo, se presenta la metodología que guiará la investigación hacia la identificación de riesgos potenciales, la proposición de recomendaciones y mejoras, así como la evaluación de la efectividad del sistema actual. A través de un enfoque integral, se busca fortalecer la capacidad del sistema contra incendios, asegurando la respuesta eficaz frente a posibles emergencias.

Tabla 4.1 Pasos a seguir del método



4.1 Análisis de riesgos

En esta sección como primer paso exploraremos las diversas amenazas que enfrenta ITP Aero y cómo estas amenazas pueden influir en la seguridad contra incendio, desde riesgo técnicos hasta condiciones ambientales y operacionales. Se examinan los aspectos que deben ser considerados en el diseño de un sistema de seguridad contra incendios efectivos.



Severidad	
4	Catastrófico
3	Crítico
2	Marginal
1	Insignificante

Probabilidad	
4	Frecuente muy probable
3	Moderado Posible
2	Ocasional Posible
1	Remoto

Tabla 4.2 Análisis de riesgo R01

Riser 01					
No.	Área	Riesgo	Probabilidad	Severidad	Valor
1	Área productiva.	Incendio	4	4	16
2	Área productiva de ONAS	Incendio	4	4	16
3	Cuarto de control subestación.	Incendio	3	4	12
4	Micropunteado	Incendio	3	4	12
5	Cabina de pinturas.	Incendio	3	3	9
6	Cuarto frio.	Incendio	3	3	9
7	Sala Querétaro.	Incendio	3	3	9

Tabla 4.3 Análisis de riesgo R02

Riser 02					
No.	Área	Riesgo	Probabilidad	Severidad	Valor
1	Área productiva	Incendio	4	4	16
2	Almacén PRT	Incendio	4	4	16
3	Almacén MP	Incendio	4	4	16
4	CMM	Incendio	3	4	12
5	FITTINGS	Incendio	3	3	9
6	Inspección final	Incendio	2	3	6

Tabla 4.4 Análisis de riesgo R03

Riser 03					
No.	Área	Riesgo	Probabilidad	Severidad	Valor
1	Rayos X	Incendio	4	4	16
2	Soldadura	Incendio	4	4	16
3	Mtto. de utillajes y plasma	Incendio	3	4	12

Tabla 4.5 Análisis de riesgo R04

Riser 04					
No.	Área	Riesgo	Probabilidad	Severidad	Valor
1	Almacén de M.R.O	Incendio	4	4	16
2	Almacén de Airbus	Incendio	4	4	16
3	Galvanoplastia	Incendio	3	4	12

Tabla 4.6 Análisis de riesgo R05

Riser 05					
No.	Área	Riesgo	Probabilidad	Severidad	Valor
1	Oficinas	Incendio	2	2	4
2	Servicio sanitario	Incendio	1	2	2

Tabla 4.7 Análisis de riesgo R06

Riser 06					
No.	Área	Riesgo	Probabilidad	Severidad	Valor
1	Área productiva	Incendio	4	4	16
2	CMM	Incendio	3	4	12
3	Oficinas	Incendio	2	2	4

4.2 Clasificación por ocupación

A continuación, se muestra la clasificación de las ocupaciones por Riser de acuerdo con la normatividad antes mencionada, la NFPA 13: Norma para la instalación de Sistemas de rociadores edición 2022.

Tabla 4.8 Clasificación por ocupación de cada Riser

Riser	Ocupación
01	Extra-Hazard Group 2
02	Extra-Hazard Group 2
03	Extra-Hazard Group 2
04	Extra-Hazard Group 2
05	Light Hazard
06	Extra-Hazard Group 2

4.3 Cálculos para el criterio de diseño.

Se presentan los cálculos hidráulicos para obtener una visión clara de cómo se están manejando las demandas hidráulicas y como pueden afectar la capacidad de respuesta del sistema frente a posibles escenarios de incendio.

En el edificio principal, que abarca los **Risers 01, 02, 03, 04 y 06**, se identificó un riesgo extra de grupo 2 (Extra hazard group 2), de acuerdo con la NFPA 13. En esta clasificación se requiere una densidad/área de 0.4 gpm/ft² /2500 ft² (Fig. 4.1)

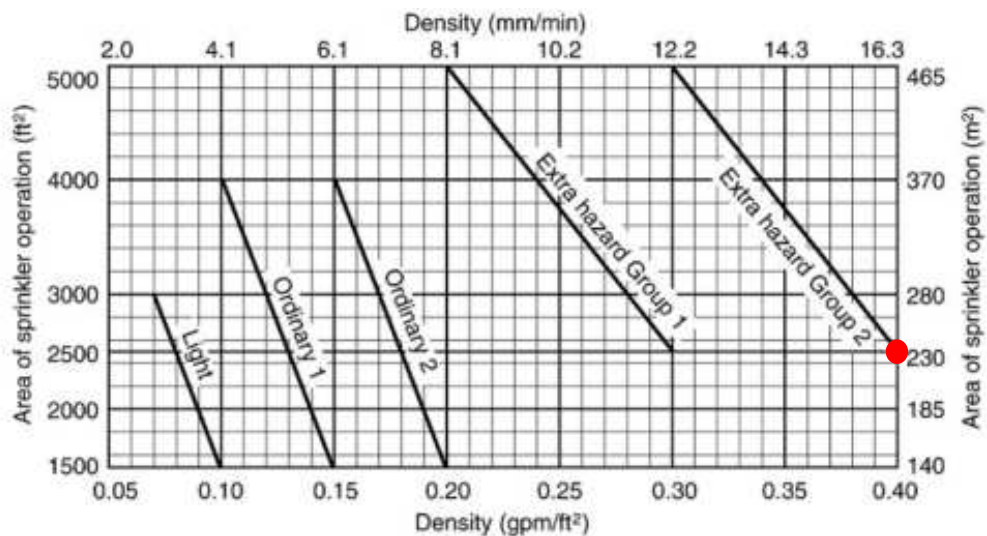


Figura 4.1 Curva de densidad/área para la evaluación o modificación de sistemas existentes. Fuente: NFPA 13: Norma para la instalación de sistemas de rociadores

Tabla 4.9 Criterio de diseño R01, R02, R03, R04, R06

Tipo de Sistema/ Estándar	Diseño de Sistema (gpm/ft2/ft2)	Orificio	Temperatura	Área de cobertura por rociador (ft2)	Mangueras (gpm)/ Duración (hrs)
Húmedo	Eh2 0.40/2500 NFPA 13 Ed. 19	K-11.2	160°F	100	500/120

Área cobertura para rociador:

Donde: $A = l \times l$

A= Área

l= Lado

$$A = 3.30 \text{ m} \times 2.50 \text{ m} = 8.25 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10.7639 \text{ ft}^2$$

$$A = 8.25 \text{ m}^2 \times 10.7639 \text{ ft}^2 = 88.80226 \text{ ft}^2$$

Total de rociadores a calcular:

$$\text{Total de rociadores a calcular} = \frac{\text{Área de diseño}}{\text{Área por rociador}}$$

$$\text{Total de rociadores a calcular} = \frac{2500 \text{ ft}^2}{88.80226 \text{ ft}^2} = 28.15 \sim 29 \text{ rociadores}$$

Numero de rociadores en línea ramal:

Donde:

Ad= Área de diseño

S= Distancia entre rociadores en la línea ramal

$$\text{Número de rociadores en línea ramal} = \frac{1.2\sqrt{Ad}}{S}$$

$$\text{Número de rociadores en línea ramal} = \frac{1.2\sqrt{2500 \text{ ft}^2}}{10.8268 \text{ ft}} = 5.54 \sim 6 \text{ rociadores.}$$

Presión requerida en rociador más demandante (remoto)

Donde:

P= Presión

Q= Gasto (40 gpm)

K= Factor de rociador (11.2)

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

$$P = \left(\frac{40 \text{ gpm}}{11.2}\right)^2 = 12.75 \text{ psi}$$

Nota: Formulas obtenidas de la NFPA 13: Norma para la instalación de Sistemas de rociadores edición 2022.

El rociador actual instalado es un SS STAR SPRINKLER SSU-2 UP-RIGHT FM con Factor K 8.0 de 0.50 pulgadas. Utilizando el software especializado PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems para el análisis rápido de flujo de fluidos de redes de tuberías y conductos, se empleó el Módulo de pulverización/rociador PIPENET, el cual fue desarrollado específicamente para el diseño de sistemas de protección contra incendios en conformidad con la NFPA esto con la finalidad de analizar si el sistema de tuberías existentes es viable y cumple con la densidad y gasto requerido.

Siguiendo el criterio de diseño se usó el rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas. Identificando el área remota desde la conexión del Riser, el rociador más demandante de 29 seleccionados abiertos debe descargar 40 gpm a una presión mínima de 12.75 psi.

Para el área de oficinas y servicios las cuales cubre el **Riser 05** se catalogan como un riesgo ligero (Light hazard) lo que requiere una densidad/área de 0.10 gpm/ft² / 1500 ft², (Fig. 4.2)

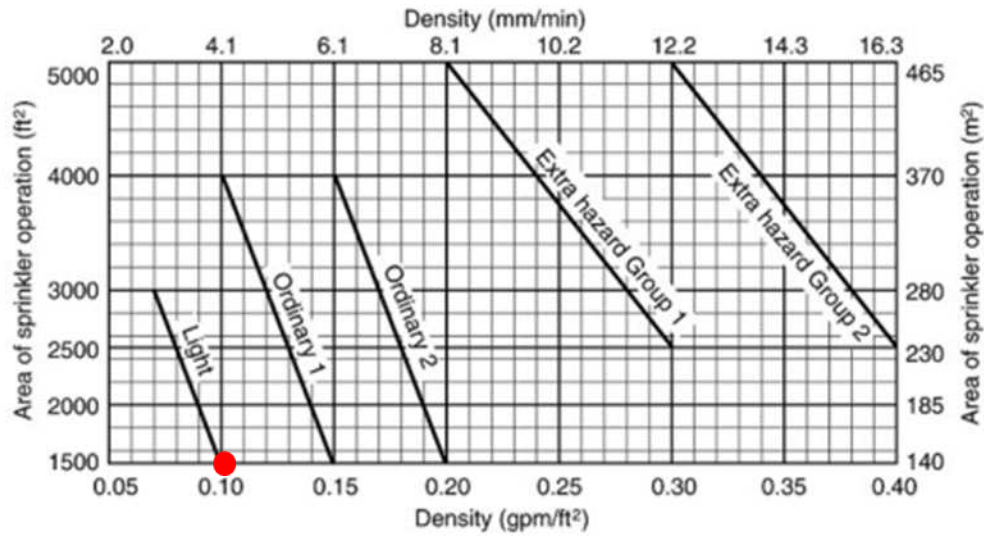


Figura 4.2 Curva de densidad/área para la evaluación o modificación de sistemas existentes. Fuente: NFPA 13: Norma para la instalación de sistemas de rociadores

Tabla 4.10 Criterio de diseño R05

Tipo de Sistema/ Estándar	Diseño de Sistema (gpm/ft²/ft²)	Orificio	Temperatura	Área de cobertura por rociador (ft²)	Mangueras (gpm)/ Duración (hrs)
Húmedo	LH 0.10/1500 NFPA 13 Ed. 19	K-5.6 (Pendent)	135°F	100	250/60

Área cobertura para rociador:

Donde:
A= Área
l= Lado

$$A = l \times l$$

$$A = 2.50 \text{ m} \times 3.70 \text{ m} = 9.25 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10.7639 \text{ ft}^2$$

$$A = 9.25 \text{ m}^2 \times 10.7639 \text{ ft}^2 = 99.5660 \text{ ft}^2$$

Total de rociadores a calcular:

$$\text{Total de rociadores a calcular} = \frac{\text{Área de diseño}}{\text{Área por rociador}}$$

$$\text{Total de rociadores a calcular} = \frac{1500\text{ft}^2}{99.5660\text{ft}^2} = 15.06 \sim 15 \text{ rociadores}$$

Numero de rociadores en línea ramal:

Donde:

Ad= Área de diseño

S= Distancia entre rociadores
en la línea ramal

$$\text{Número de rociadores en línea ramal} = \frac{1.2\sqrt{Ad}}{S}$$

$$\text{Número de rociadores en línea ramal} = \frac{1.2\sqrt{1500\text{ft}^2}}{10.8268\text{ft}} = 4.29 \sim 4 \text{ rociadores.}$$

Presión requerida en rociador más demandante (remoto)

Donde:

P= Presión(7psi)

Q= Gasto

K= Factor de rociador (5.6)

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

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

$$Q = 5.6\sqrt{7} = 14.82 \text{ gpm}$$

$$P = \left(\frac{14.82 \text{ gpm}}{5.6}\right)^2 = 7 \text{ psi}$$

En lo que respecta a los rociadores, hay diferentes tipos instalados actualmente en las diversas áreas que comprende el Riser. Utilizando el software especializado PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems para el análisis rápido de flujo de fluidos de redes de tuberías y conductos, se empleó el Módulo de pulverización/rociador PIPENET, el cual fue desarrollado específicamente para el diseño de sistemas de protección contra incendios en conformidad con la NFPA esto con la finalidad de analizar si el sistema de tuberías existentes es viable y cumple con la densidad y gasto requerido.

Siguiendo el criterio de diseño se usó el rociador PENDENT K 5.6 temperatura 135 °F de 0.75 pulgadas. Identificando el área remota desde la conexión del Riser, el rociador más demandante de 15 seleccionados abiertos debe descargar 14.82 gpm a una presión mínima de 7 psi.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Tras los cálculos hidráulicos se procede a estudiar y evaluar los resultados obtenidos con el software especializado PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems para comprender y detectar las áreas de mejora.

5.1 Análisis hidráulico del sistema actual

5.1.1 Riser 01

Actualmente comprende el área productiva, cuarto de control subestación de 13.2Kva, área productiva de ONAS, cabina de pintura, cuarto frío, sala Querétaro, área de micro punteado.

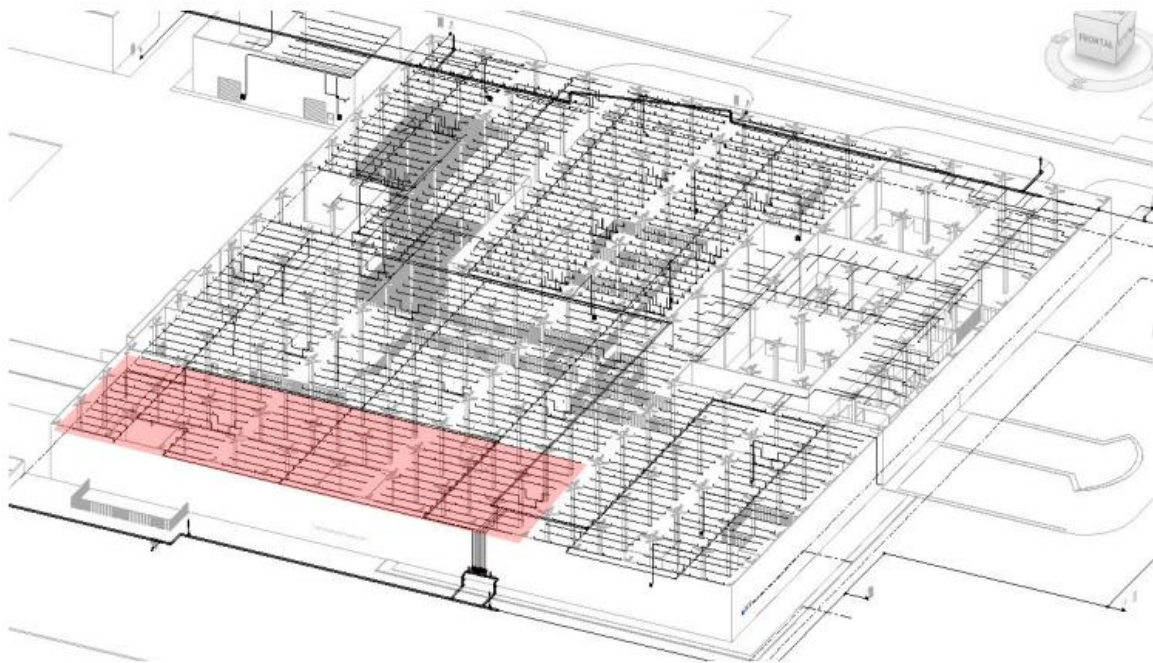


Figura 5.1 Área de cobertura R1

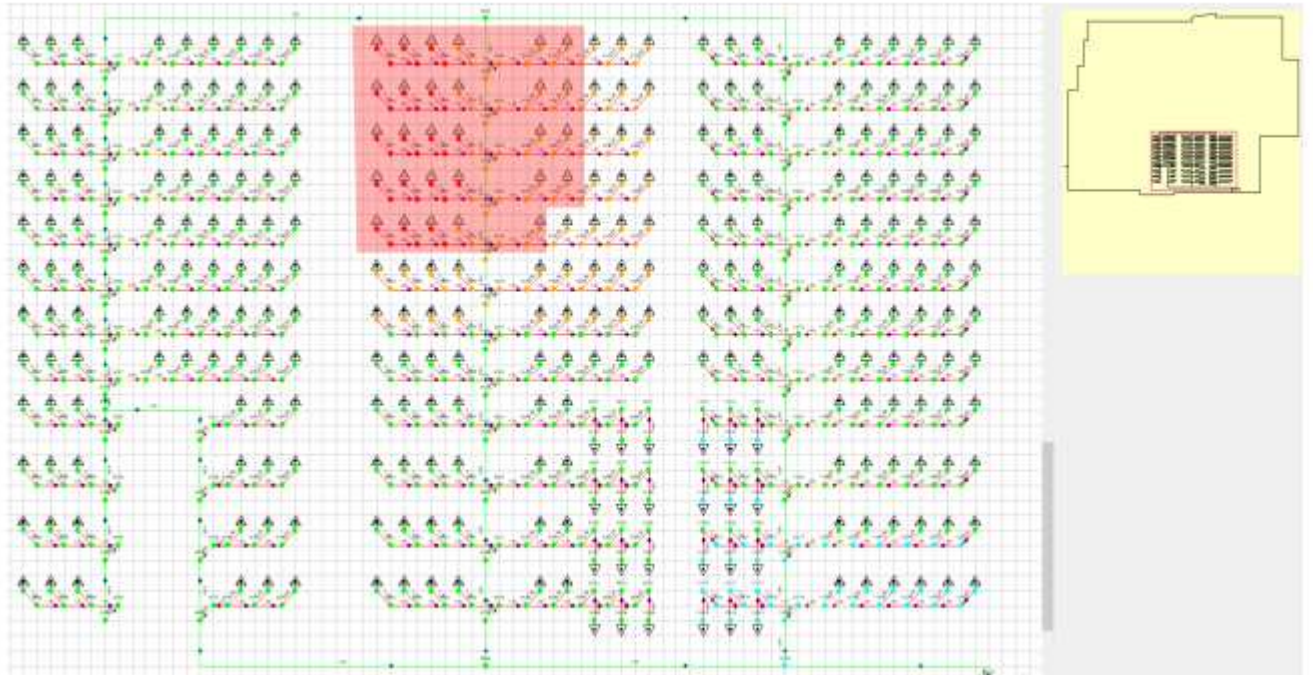


Figura 5.2 Área remota analizada. Fuente: Software PIPENET

Análisis del Sistema de Tuberías actual en Riser 01.	
Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.	
Riesgo Extra-Grupo 2	
Densidad mínima requerida	0.40 gmp/ft ²
Área remota máxima	2500 ft ²
Presión en la base de la bomba	212.22 psi
Presión en la base del riser	206.75 psi
Flujo rociadores	40 gpm
Flujo de mangueras	500 gpm
Flujo del sistema	1,831.30 gpm
Área máxima por rociador	80.80226 ft ²
No. de rociadores calculados	29
Total de rociadores instalados	312
Tiempo de operación	90 min.
Gasto total	209,821.50 gal

Figura 5.3 Resultados obtenidos del software PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems del sistema de tuberías actual del Riser 01.

Como se ha indicado previamente, el edificio se clasifica con un riesgo extra del grupo 2 (Extra hazard group 2), lo que implica una densidad mínima de 0.40 gpm/ft² en un área de 2500ft².

Al analizar la red de tubería del sistema contra incendios existente, se determina que, para cumplir con dicho criterio, se requiere 206.75 psi en la base del Riser 01 y 212.22 psi a la salida de la bomba del sistema contra incendios. Además, se observan 12.75 psi en el rociador más exigente de la zona remota analizada, que consta de 312 rociadores instalados, con un flujo individual de 40 gpm y un flujo total del sistema de 1,831.30 gpm durante 90 minutos de operación, generando un consumo total de 209,821.50 galones en el sistema.

De acuerdo a lo anterior, se deduce que el sistema actualmente instalado resulta ineficiente para satisfacer el requisito según el criterio de diseño. Observando los resultados, las presiones necesarias superan la presión de diseño de la bomba del sistema, que tiene un caudal de 2500 gpm a una presión 147 psi. En comparación, se requiere que la bomba genere 212.22 psi para cumplir con la demanda necesaria, de acuerdo a la clasificación de riesgo establecido.

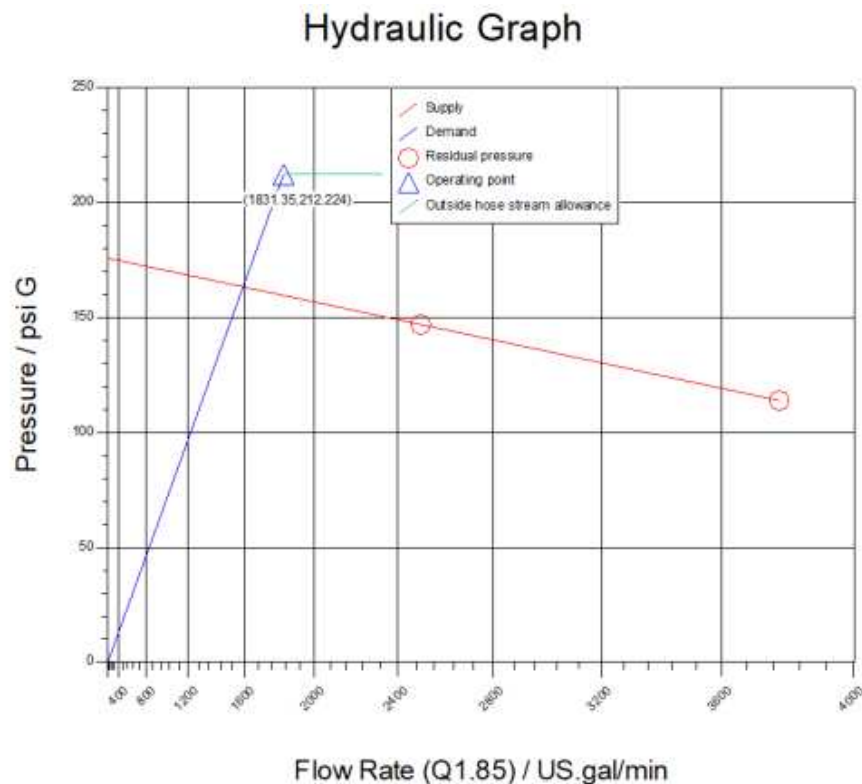


Figura 5.2 Grafica hidráulica Sistema del Riser 01 actual.

5.1.2 Riser 02

Actualmente comprende el área productiva, almacén PRT, almacén de Materia Prima, inspección final, cuarto de Maquina de medición por coordenadas (CMM), áreas correspondientes a FITTINGS.

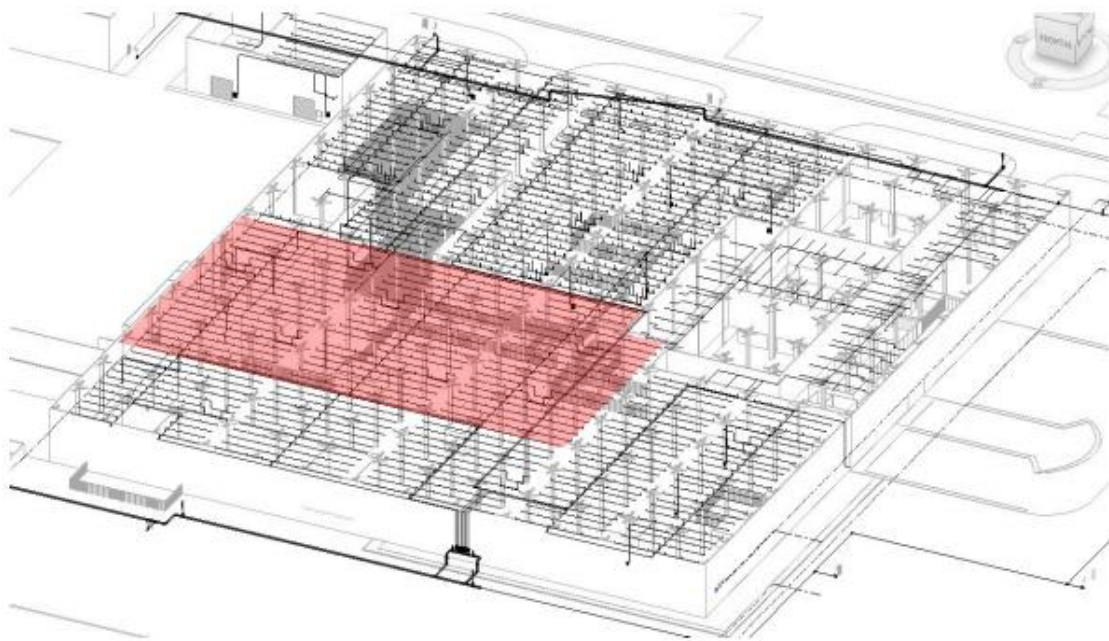


Figura 5.5 Área de cobertura R2



Figura 5.6 Área remota analizada R2. Fuente: Software PIPENET

Análisis del Sistema de Tuberías actual en Riser 02.	
Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.	
Riesgo Extra-Grupo 2	
Densidad mínima requerida	0.40 gmp/ft ²
Área remota máxima	2500 ft ²
Presión en la base de la bomba	943.10 psi
Presión en la base del riser	933.06 psi
Flujo rociadores	40 gpm
Flujo de mangueras	500 gpm
Flujo del sistema	2,676.50 gpm
Área máxima por rociador	80.80226 ft ²
No. de rociadores calculados	29
Total de rociadores instalados	521
Tiempo de operación	90 min.
Gasto total	285,888.60gal

Figura 5.3 Resultados obtenidos del software PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems del sistema de tuberías actual del Riser 02.

Al examinar la red de tuberías contra incendios existente, se señala que, para cumplir con este criterio, se requiere 933.06 psi en la base del Riser 02 y 943.10 psi a la salida de la bomba del sistema. También se observan 12.75 psi en el rociador más exigente del área remota analizada que consta de 521 rociadores instalados en total. Los rociadores cuentan con un flujo de 40 gpm y 2,676.50 gpm de flujo en el sistema durante 90 minutos de operación, esto resulta en un gasto total de 285,888.60 gal en total para el sistema.

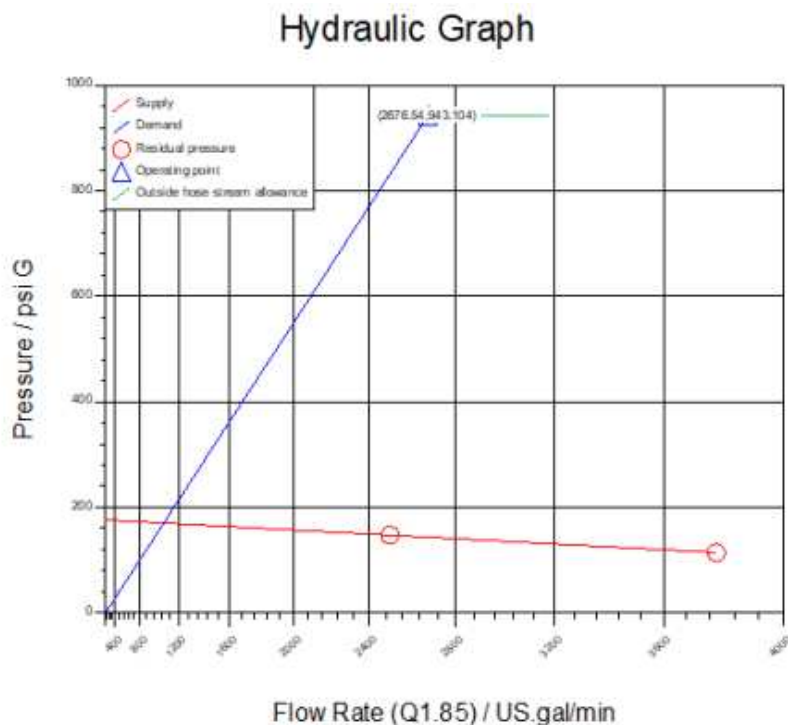


Figura 5.4 Grafica hidráulica Sistema del Riser 02 actual.

Tras el análisis previo se llega a la conclusión de que el sistema actualmente instalado es insuficiente para cumplir el criterio de diseño, ya que, se evidencia que las presiones necesarias superan la presión de diseño de la bomba del sistema. Esta última tiene un caudal de 2500 gpm a una presión de 147 psi, mientras que, en comparación, se requiere que la bomba genere 943.10 psi para satisfacer la demanda específica según el tipo de riesgo clasificado.

5.1.3 Riser 03

Actualmente comprende las áreas de rayos X, mantenimiento de utillajes y plasma y soldadura.



Figura 5.5 Área de cobertura R3



Figura 5.6 Área remota analizada R3. Fuente: Software PIPENET

Análisis del Sistema de Tuberías actual en Riser 03.	
Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.	
Riesgo Extra-Grupo 2	
Densidad mínima requerida	0.40 gmp/ft ²
Área remota máxima	2500 ft ²
Presión en la base de la bomba	665.65 psi
Presión en la base del riser	659.86 psi
Flujo rociadores	40 gpm
Flujo de mangueras	500 gpm
Flujo del sistema	1889 gpm
Área máxima por rociador	80.80226 ft ²
No. de rociadores calculados	29
Total de rociadores instalados	403
Tiempo de operación	90 min.
Gasto total	215,055 gal

Figura 5.11 Resultados obtenidos del software PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems del sistema de tuberías actual del Riser 03.

Al realizar el análisis de la red de tuberías contra incendios existente, se observa que para cumplir con este criterio se requieren 659.86 psi en la base del Riser 03 y una presión de 665.65 psi a la salida de la bomba del sistema contra incendios. Por otro lado, se registra una presión de 12.76 en el rociador más exigente del área remota analizada, la cual cuenta con 403 instalados. Se puede apreciar a su vez un flujo de 40 gpm en rociadores y 1,889 gpm de flujo total en el sistema durante 90 minutos de operación. Por último, se genera un consumo total de 215,055 gal en el sistema.

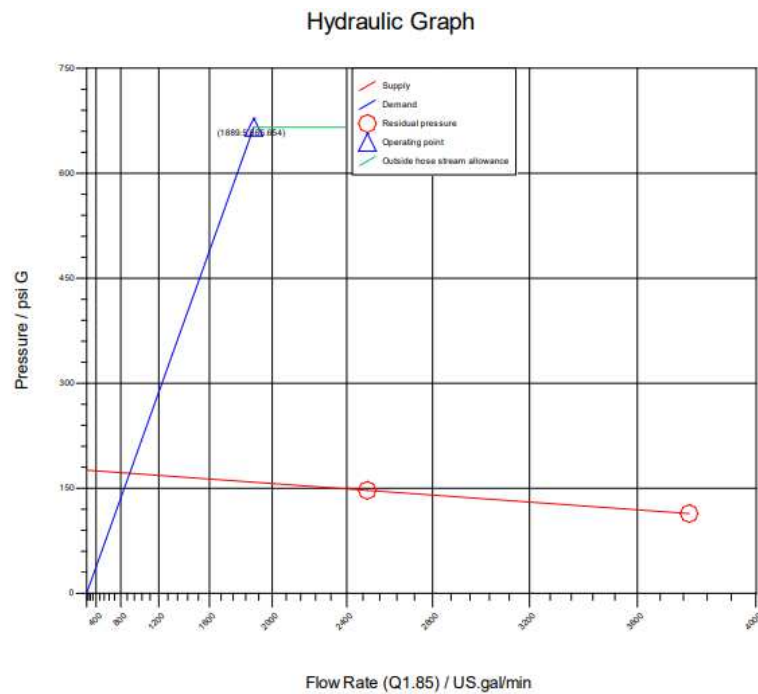


Figura 5.12 Grafica hidráulica Sistema del Riser 03 actual.

De acuerdo con los criterios previamente establecidos y los resultados obtenidos en el análisis hidráulico del sistema actual del Riser 03, las presiones necesarias exceden la presión de diseño de la bomba del sistema, que tiene un caudal de 2500 gpm a una presión de 147psi. Para satisfacer los requisitos del criterio mencionado, sería necesario que la bomba genere 665.65 psi para cumplir con la demanda de presión requerida en el rociador más exigente en relación con el tipo de riesgo establecido.

5.1.4 Riser 04

Actualmente comprende las áreas del antiguo almacén de M.R.O., almacén de Airbus y galvanoplastia.

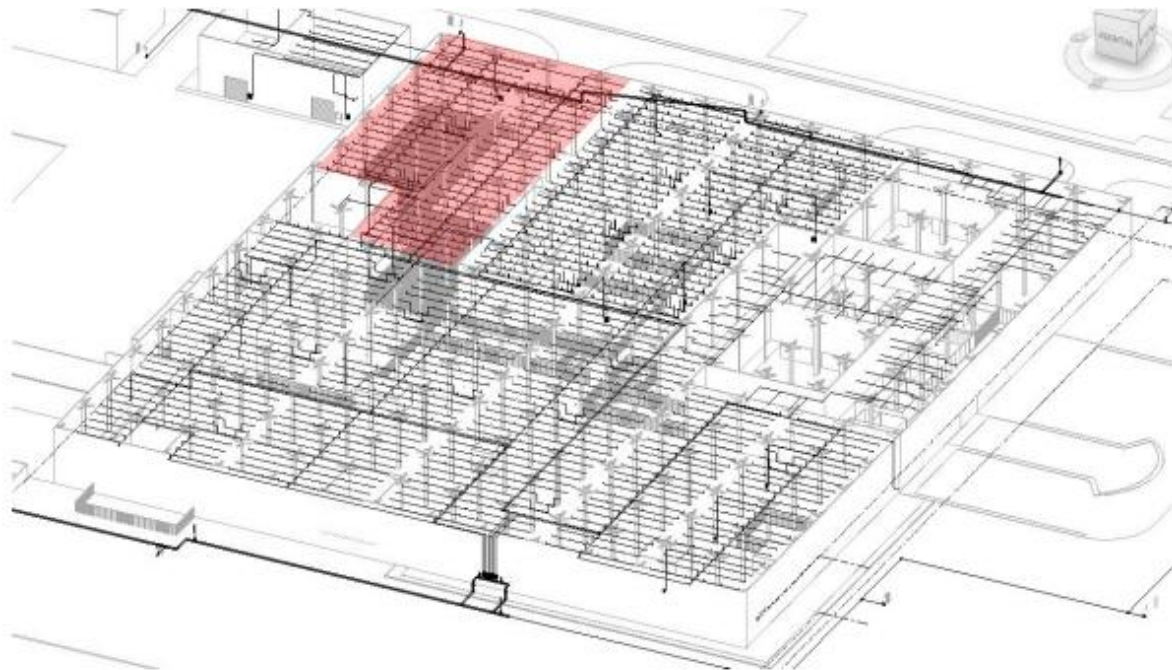


Figura 5.7 Área de cobertura R4

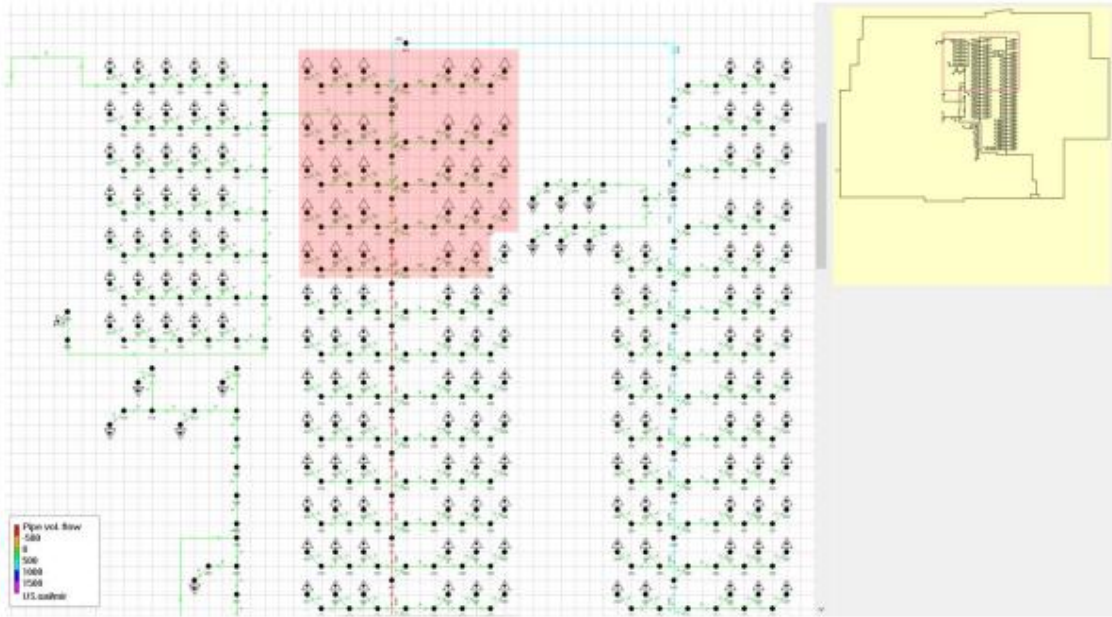


Figura 5.8 Área remota analizada R4. Fuente: Software PIPENET

Análisis del Sistema de Tuberías actual en Riser 04.	
Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.	
Riesgo Extra-Grupo 2	
Densidad mínima requerida	0.40 gmp/ft ²
Área remota máxima	2500 ft ²
Presión en la base de la bomba	427.57 psi
Presión en la base del riser	423.51 psi
Flujo rociadores	40 gpm
Flujo de mangueras	500 gpm
Flujo del sistema	1484 gpm
Área máxima por rociador	80.80226 ft ²
No. de rociadores calculados	29
Total de rociadores instalados	345
Tiempo de operación	90 min.
Gasto total	178,562.70 gal

Figura 5.9 Resultados obtenidos del software PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems del sistema de tuberías actual del Riser 04.

Basándonos en el análisis de la red de tuberías contra incendios existente, se ha determinado que, para cumplir con el criterio establecido, se requieren 423.51 psi en la base del Riser 04 y una presión de 427.57 psi a la salida de bomba del sistema. Además, se identificó que el rociador más exigente del área remota analizada, de un total de 345 instalados, requiere una presión de 12.75 psi. Con un flujo de rociadores de 40 gpm y un flujo total de 1,484 gpm en el sistema durante 90 minutos de operación, se estima un consumo total de 178,562.70 gal en el sistema.

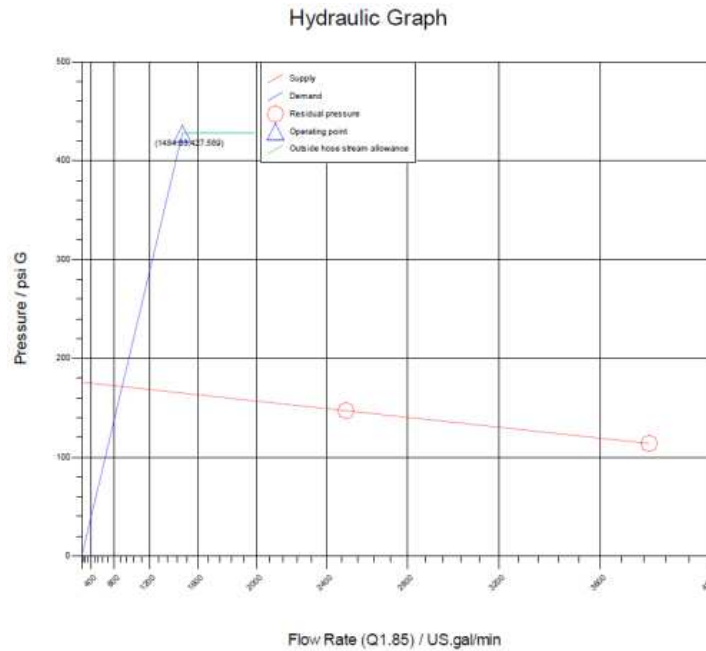


Figura 5.10 Grafica hidráulica Sistema del Riser 04 actual.

En consecuencia, al análisis previo se concluye que el sistema actualmente implementado no satisface los nuevos requisitos establecidos por el criterio de diseño. Las presiones necesarias para cumplir con los estándares exceden la capacidad de diseño de la bomba del sistema, la cual tiene un caudal de 2500 gpm a una presión de 147 psi. En contraste, se estima que la bomba debería generar 427.57 psi para cumplir con la demanda exigida según la categorización del riesgo.

5.1.5 Riser 05

Actualmente comprende el área de oficinas y servicios sanitarios en el edificio principal.



Figura 5.11 Área de cobertura R5

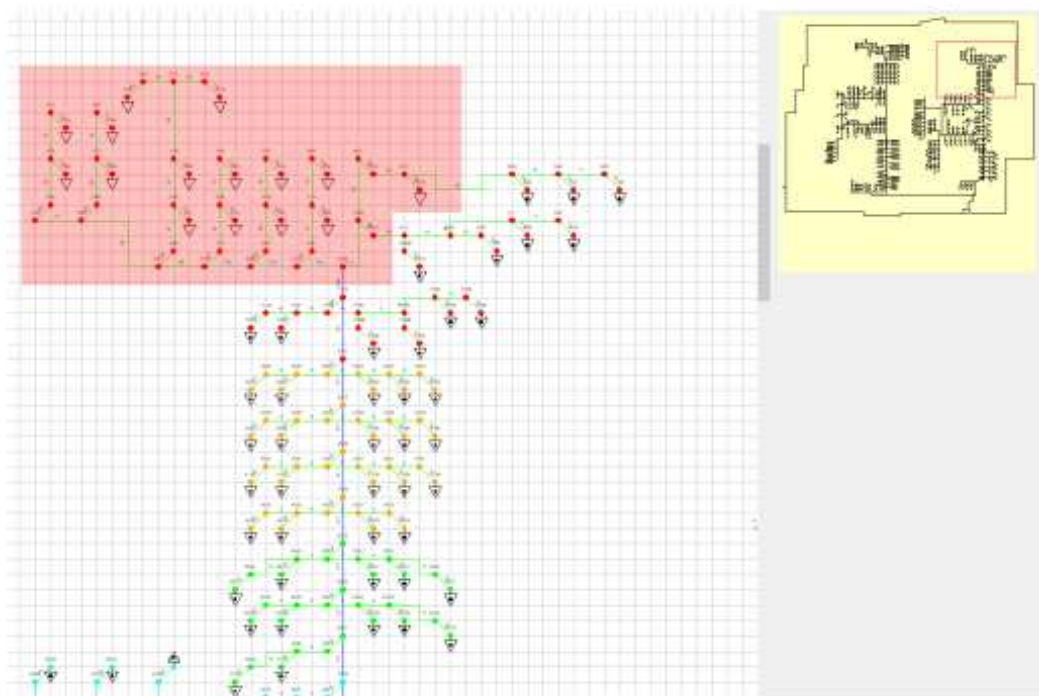


Figura 5.12 Área remota analizada R5. Fuente: Software PIPENET

Análisis del Sistema de Tuberías actual en Riser 05.	
Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.	
Riesgo Extra-Grupo 2	
Densidad mínima requerida	0.10 gmp/ft ²
Área remota máxima	1500 ft ²
Presión en la base de la bomba	75.75 psi
Presión en la base del riser	74.60 psi
Flujo rociadores	10 gpm
Flujo de mangueras	250 gpm
Flujo del sistema	203 gpm
Área máxima por rociador	100 ft ²
No. de rociadores calculados	15
Total de rociadores instalados	513
Tiempo de operación	60 min.
Gasto total	27,180.84 gal.

Figura 5.13 Resultados obtenidos del software PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems del sistema de tuberías actual del Riser 05

Como se mencionó en el apartado 4.2, se ha determinado que las áreas comprendida por el Riser 05 del edificio principal son clasificadas como riesgo ligero, lo que implica una densidad mínima de 0.10 gmp/ft² en un área de 1500 ft². Al evaluar la red de tuberías contra incendios existente se establece que para cumplir con este criterio se requieren 74.60 psi en la base del Riser 05 y 75.75 psi a la salida de la bomba del sistema contra incendios. Se identifica una presión de 7psi en el rociador más demandante del área remota analizada, donde se encuentran instalados 513 rociadores. Los rociadores cuentan con un flujo de 10 gpm y un flujo total en el sistema de 203 gpm durante 60 minutos de operación, se registra un gasto total de 27,180.84 gal en el sistema.

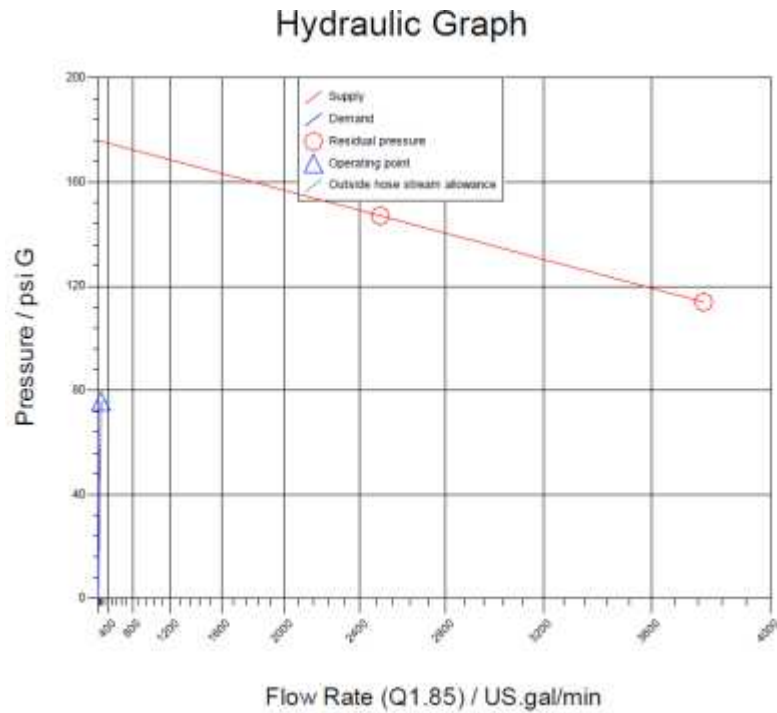


Figura 5.14 Grafica hidráulica Sistema del Riser 05 actual.

Tras el análisis de los resultados se puede observar que el sistema actualmente instalado es eficiente para cumplir con el nuevo requerimiento de diseño de protección específica para las áreas de oficinas y servicios del edificio principal. De acuerdo con el criterio establecido y los resultados obtenidos del sistema del Riser 05, las presiones requeridas se encuentran dentro de los parámetros de diseño de la bomba contra incendios existente, que tiene un caudal de 2500 gpm a una presión de 147 psi. Para satisfacer la demanda del área remota analizada, es necesario que la bomba genere 76.15 psi, cumpliendo así con los estándares del tipo de riesgo catalogado.

5.1.6 Riser 06.

Actualmente comprende el área productiva de fabricación, oficinas en área productiva de carcasas y áreas de CMM.

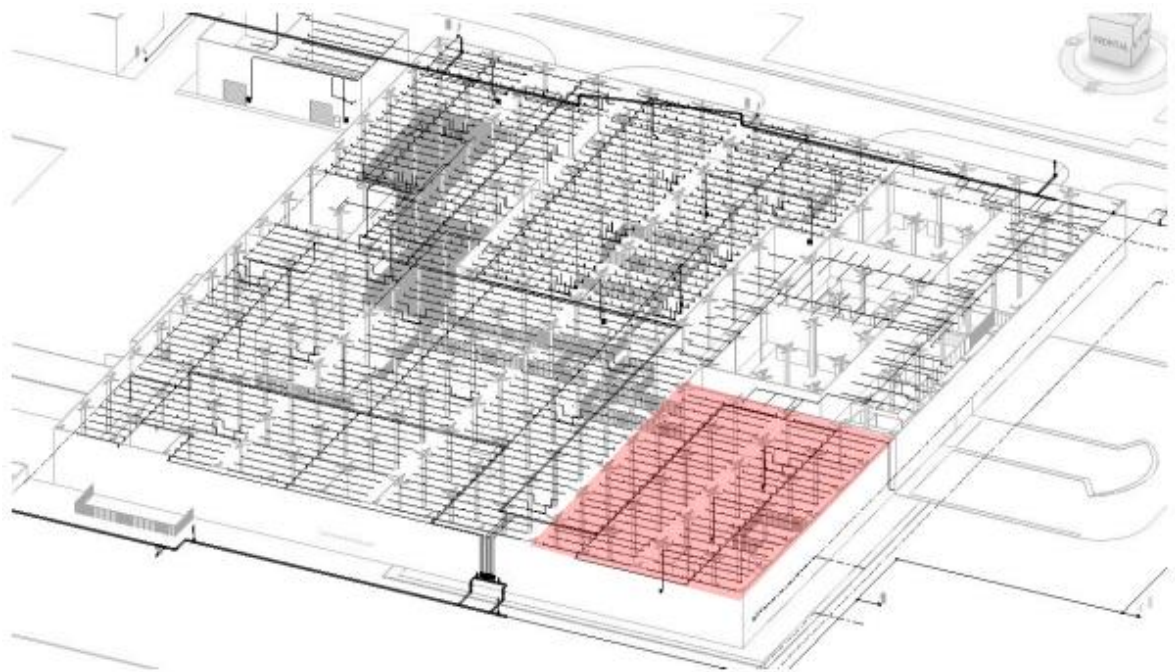


Figura 5.21 Área de cobertura R6

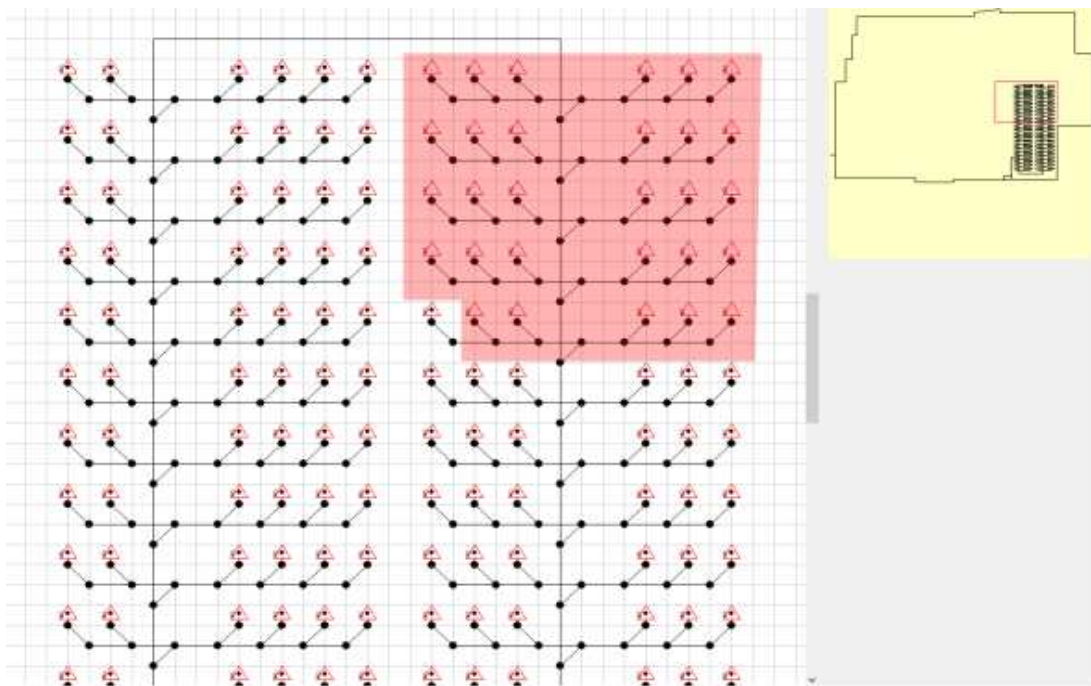


Figura 5.22 Área remota analizada R6. Fuente: Software PIPENET

Análisis del Sistema de Tuberías actual en Riser 06.	
Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.	
Riesgo Extra-Grupo 2	
Densidad mínima requerida	0.40 gmp/ft ²
Área remota máxima	2500 ft ²
Presión en la base de la bomba	277.22 psi
Presión en la base del riser	272.84 psi
Flujo rociadores	40 gpm
Flujo de mangueras	500 gpm
Flujo del sistema	1,563.40 gpm
Área máxima por rociador	80.80226 ft ²
No. de rociadores calculados	29
Total de rociadores instalados	288
Tiempo de operación	90 min.
Gasto total	185,709.60 gal

Figura 5.15 Resultados obtenidos del software PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems del sistema de tuberías actual del Riser 06

Con base en el análisis hidráulico de la red de tubería contra incendios existente en el edificio, se concluye que para cumplir con el criterio de densidad mínima de 0.40 gpm/ft² en un área de 2500 ft², se requieren 272.84 psi de presión en la base del Riser 06 y una presión de 277.22 psi a la salida de la bomba del sistema contra incendios. Además, se identificó que el rociador más demandante del área remota analizada, que consta de 288 instalados, requiere una presión de 12.75 psi. Para lograr cubrir la demanda total del sistema, que tiene un flujo de rociadores de 40 gpm y 1563.40 gpm de flujo durante 90 minutos de operación, se estima un gasto total de 185,709.60 gal en el sistema.

Hydraulic Graph

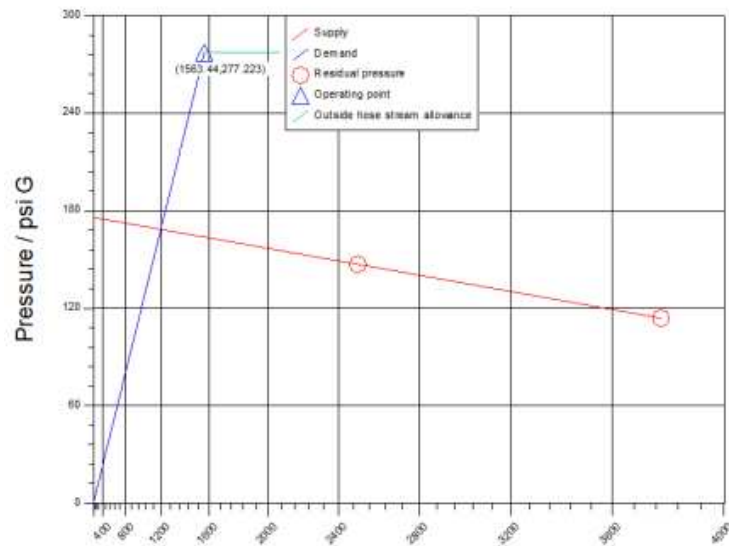


Figura 5.16 Grafica hidráulica Sistema del Riser 06 actual.

Se llega a la conclusión de que el sistema instalado actualmente es deficiente para cumplir con el requerimiento de criterio de diseño, ya que de acuerdo con este y los resultados obtenidos en el análisis del sistema actual del Riser 06 las presiones requeridas sobrepasan la presión de diseño de la bomba del sistema ya que esta tiene un caudal de 2500 gpm a una presión de 147 psi, en comparación, es necesario que la bomba genere 277.22 psi para cumplir con la demanda requerida en base al tipo de riesgo catalogado.

5.2 Recomendaciones

Para determinar el sistema de protección contra incendios, se comprueba por medio de cálculo hidráulico la red de tuberías, accesorios y equipos que componen las partes principales del sistema, utilizando el software PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems para obtener el análisis proveniente de las siguientes recomendaciones resultantes de diversas intervenciones previamente planteadas:

Riser 1.

1. Sustituir los rociadores existentes por un Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.
2. Cambiar las reducciones campana que conectan los rociadores existentes de 0.5 pulgadas por 0.75 pulgadas.
2. Cambiar la tubería de cabezal existente de 4 pulgadas por tubería ranurada ASTM A795 AC CED 10 de 6 pulgadas, incluyendo las uniones necesarias.
3. Adecuar las velas existentes de la sala Querétaro para colocar rociadores UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.
4. Colocar una red de tuberías ASTM A795 AC CED 10 de 2 pulgadas y 1.25 pulgadas,
5. respectivamente, así como colocar manguera de conexión para los rociadores.
6. 8. Adecuar el acceso a los hidrantes de mangueras.
7. 9. Colocación de Soportería antisísmica y colgante necesaria, en base a la NFPA 13 Estándar para la instalación de sistemas de rociadores.

Riser 2.

1. Sustituir los rociadores existentes por un Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.
2. Cambiar las reducciones campana que conectan los rociadores existentes de 0.5 pulgadas por 0.75 pulgadas.
3. Conectar los ramales, en sus extremos, con tubería ranurada ASTM A795 AC CED 10 de 2.00 pulgadas agregando las uniones necesarias
4. Cambiar la tubería de cabezal existente de 4 pulgadas por tubería ranurada ASTM A795 AC CED 10 de 6 pulgadas, incluyendo las uniones necesarias.

5. Cambiar la última sección de tubería existente de 1” pulgada por tubería ASTM A795 AC STD 10 de 1.25 pulgadas, incluyendo las uniones necesarias.
6. Conectar los ramales existentes entre sí con tubería ASTM A795 AC STD 10 de 1.25 pulgadas, incluyendo las uniones necesarias.
7. Adecuar el acceso a los hidrantes de mangueras.
8. Colocación de Soportería antisísmica y colgante necesaria, en base a la NFPA 13 Estándar para la instalación de sistemas de rociadores.

Riser 3.

1. Sustituir los rociadores existentes por un Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.
2. Cambiar las reducciones campana que conectan los rociadores existentes de 0.5 pulgadas por 0.75 pulgadas.
3. Cambiar la tubería existente de 1” por tubería ASTM A795 AC CED STD de 1.25 pulgadas agregando las uniones necesarias para conectar con la tubería de 2.00 pulgadas a los extremos.
4. Conectar los ramales, en sus extremos y sólo los más lejanos al Riser entre sí, con tubería ranurada ASTM A795 AC CED 10 de 2.00 pulgadas agregando las uniones necesarias
5. Unir con tuberías ASTM A795 AC CED STD de 1.25 pulgadas los ramales existentes entre cabezales de Riser.
6. Cambiar la tubería de cabezal existente de 4 pulgadas por tubería ranurada ASTM A795 AC CED 10 de 6 pulgadas, incluyendo las uniones necesarias.
7. Adecuar el acceso a los hidrantes de mangueras.
8. Colocación de Soportería antisísmica y colgante necesaria, en base a la NFPA 13 Estándar para la instalación de sistemas de rociadores.

Riser 04.

1. Sustituir los rociadores existentes por un Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.
2. Cambiar las reducciones campana que conectan los rociadores existentes de 0.5 pulgadas por 0.75 pulgadas.

3. Conectar los ramales, en sus extremos, con tubería ranurada ASTM A795 AC CED 10 de 1.50 pulgadas agregando las uniones necesarias
4. Cambiar la tubería de cabezal existente de 4 pulgadas por tubería ranurada ASTM A795 AC CED 10 de 6 pulgadas, incluyendo las uniones necesarias.
5. Adecuar el acceso a los hidrantes de mangueras.
6. Colocación de Soportería antisísmica y colgante necesaria, en base a la NFPA 13 Estándar para la instalación de sistemas de rociadores.

Riser 06.

1. Sustituir los rociadores existentes por un Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.
2. Cambiar las reducciones campana que conectan los rociadores existentes de 0.5 pulgadas por 0.75 pulgadas.
3. Cambiar la tubería de cabezal existente de 4 pulgadas por tubería ranurada ASTM A795 AC CED 10 de 6 pulgadas, incluyendo las uniones necesarias.
4. Adicionar tubería ranurada ASTM A795 AC CED 10 de 6 pulgadas de manera de lograr una segunda conexión de llegad del Riser a la conexión de los ramales.
5. Cambiar la tubería existente de 1 pulgada por tubería ASTM A795 AC CED STD de 1.25 pulgadas, incluyendo las uniones necesarias.
6. Adecuar el acceso a los hidrantes de mangueras.
7. Colocación de Soportería antisísmica y colgante necesaria, en base a la NFPA 13 Estándar para la instalación de sistemas de rociadores.

5.3 Análisis hidráulico del sistema modificado.

En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos en base a los cálculos del criterio de diseño para los Riser 01, 02, 03, 04 y 06.

Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.	
Riesgo Extra-Grupo 2	
Flujo rociadores	40 gpm
Presión requerida en rociador más demandante	12.75 psi
Número de rociadores a calcular	29
Número de rociadores en línea ramal	6

Figura 5.17 Datos de diseño

Tomando la información antes mencionada, a continuación, se muestran los resultados del análisis hidráulico de los 5 Risers en base con las respectivas recomendaciones y con ayuda del software PIPENET versión 1.11 Sunrise Systems

5.3.1 Riser 01

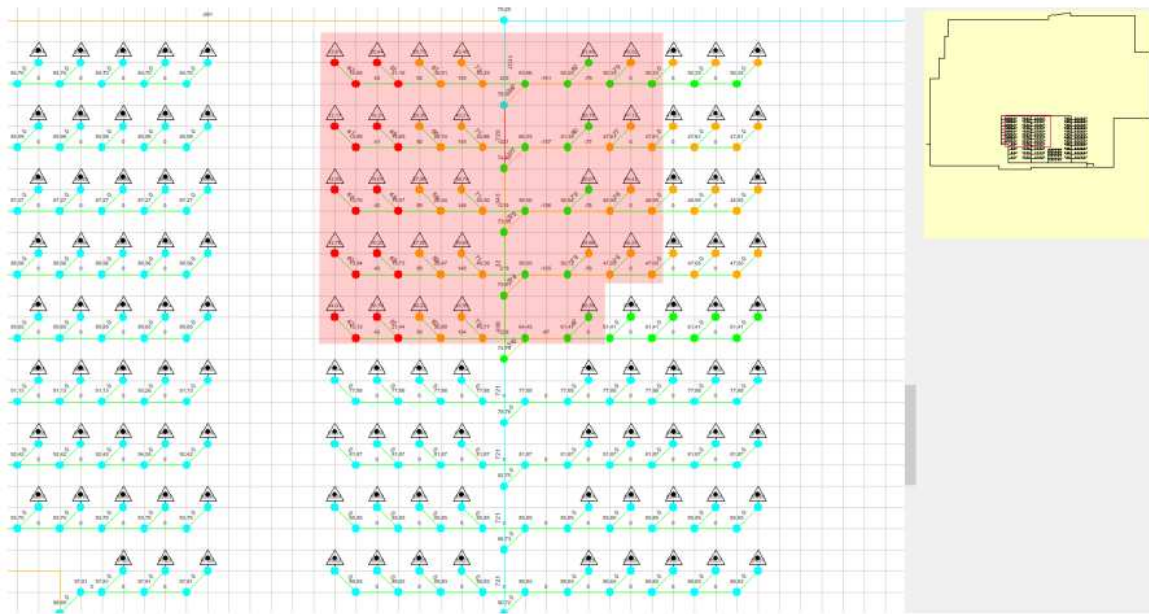


Figura 5.18 Área remota analizada R1. Fuente: Software PIPENET

Análisis del Sistema de Tuberías nuevo en Riser 01.	
Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.	
Riesgo Extra-Grupo 2	
Densidad mínima requerida	0.40 gmp/ft ²
Área remota máxima	2500 ft ²
Presión en la base de la bomba	136.97 psi
Presión en la base del riser	131.52 psi
Flujo rociadores	40 gpm
Flujo de mangueras	500 gpm
Flujo del sistema	1,827.80 gpm
Área máxima por rociador	80.80226 ft ²
No. de rociadores calculados	29
Total de rociadores instalados	300
Tiempo de operación	90 min.
Gasto total	209, 505.60 gal

Figura 5.19 Análisis del sistema de tuberías modificado en Riser 01.

Al realizar el análisis de red de tuberías del sistema contra incendios modificado, se determina que, para cumplir con los criterios de diseño establecidos, se requiere 131.52 psi en la base del Riser 01 y una presión de 136.97 psi en la salida de la bomba del sistema contra incendios. Esto garantiza una presión de 12.75 psi en el rociador más exigente dentro del área remota analizada, que incluye 300 unidades instaladas. Los rociadores presentan un caudal de 40 gpm, lo que resulta en un flujo total de 1,827.80 gpm en el sistema durante un periodo operativo de 90 minutos. Este escenario operativo implica un consumo total de agua de 209,505.60 galones en el sistema.

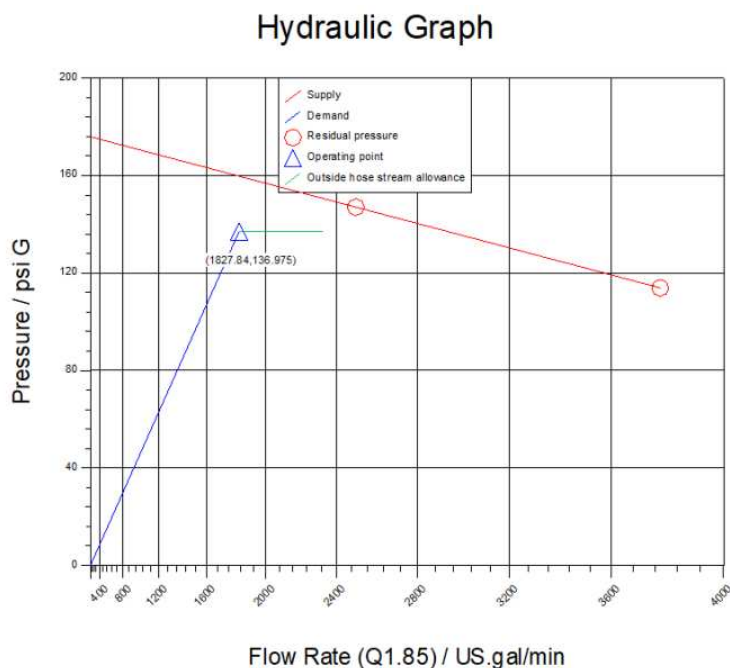


Figura 5.20 Grafica hidráulica Sistema del Riser 01 modificado.

5.3.2 Riser 02

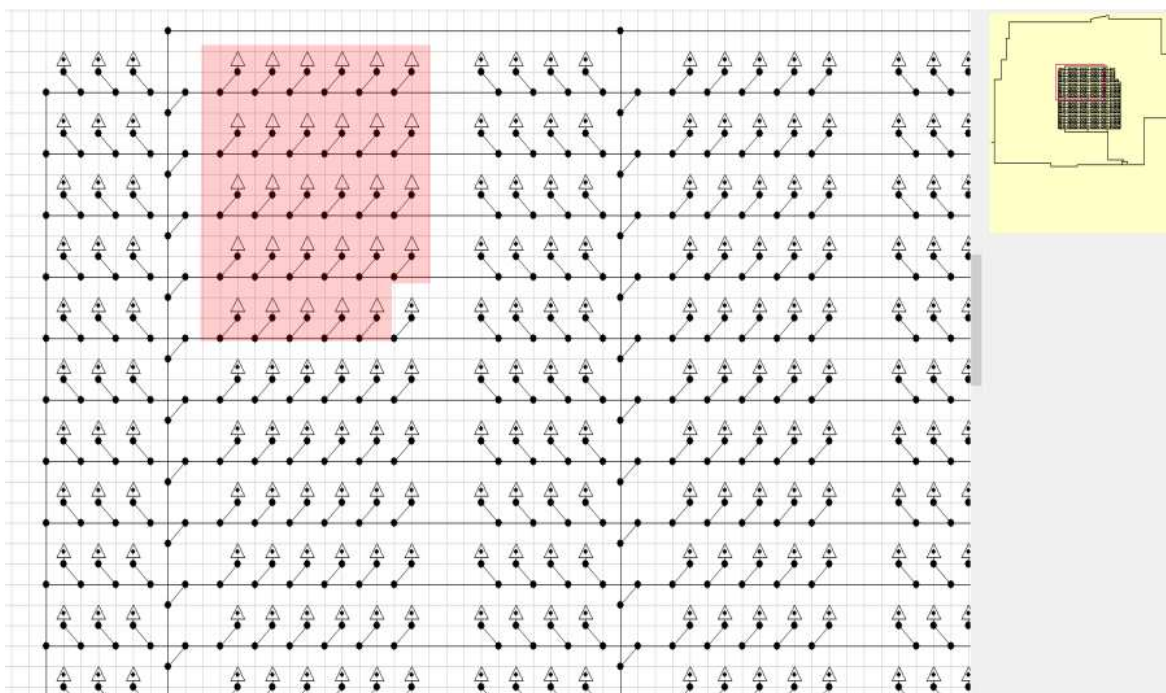


Figura 5.21 Área remota analizada R2. Fuente: Software PIPENET

Análisis del Sistema de Tuberías nuevo en Riser 02.	
Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.	
Riesgo Extra-Grupo 2	
Densidad mínima requerida	0.40 gmp/ft ²
Área remota máxima	2500 ft ²
Presión en la base de la bomba	106.77 psi
Presión en la base del riser	103.02 psi
Flujo rociadores	40 gpm
Flujo de mangueras	500 gpm
Flujo del sistema	1,395.50 gpm
Área máxima por rociador	80.80226 ft ²
No. de rociadores calculados	29
Total de rociadores instalados	527
Tiempo de operación	90 min.
Gasto total	170,596.80 gal

Figura 5.22 Análisis del sistema de tuberías modificado en Riser 02.

Al llevar a cabo el análisis de la red de tuberías del sistema contra incendios modificado, se destaca que, para cumplir con los criterios de diseño preestablecidos, se requieren 103.02 psi en la base del Riser 02 y 106.77 psi en la salida de la bomba del sistema contra incendios. Esto garantiza una presión de 12.75 psi en el rociador más exigente dentro del área remota analizada, compuesta por 527 instalados. Los rociadores presentan un caudal de 40 gpm, resultando en un flujo total de 1,395.50 gpm en el sistema durante un periodo operativo de 90 minutos, lo que se traduce en un consumo total de 179,596.80 gal en el sistema.

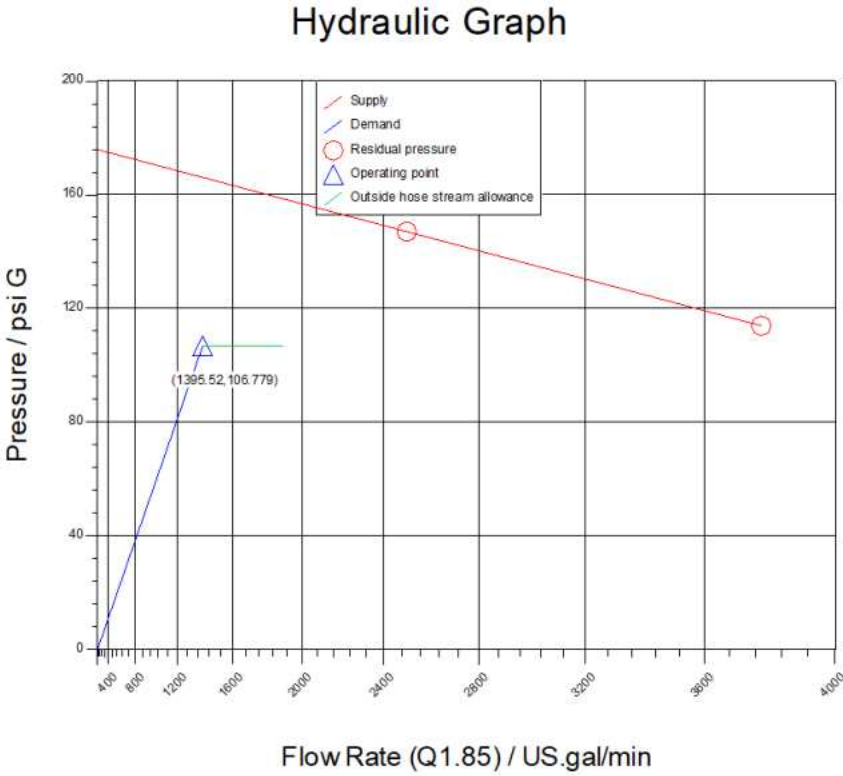


Figura 5.23 Grafica hidráulica Sistema del Riser 02 modificado.

5.3.3 Riser 03



Figura 5.24 Área remota analizada R3. Fuente: Software PIPENET

Análisis del Sistema de Tuberías nuevo en Riser 03.	
Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.	
Riesgo Extra-Grupo 2	
Densidad mínima requerida	0.40 gmp/ft ²
Área remota máxima	2500 ft ²
Presión en la base de la bomba	129.50 psi
Presión en la base del riser	126.10 psi
Flujo rociadores	40 gpm
Flujo de mangueras	500 gpm
Flujo del sistema	1,290.50 gpm
Área máxima por rociador	80.80226 ft ²
No. de rociadores calculados	29
Total de rociadores instalados	403
Tiempo de operación	90 min.
Gasto total	161,142.30 gal

Figura 5.25 Análisis del sistema de tuberías modificado en Riser 03.

Al realizar el análisis de la red de tuberías contra incendios con las respectivas modificaciones, se determina que, para cumplir con el criterio de diseño establecido, se requieren 126.10 psi en la salida de la bomba del Riser 03 y una presión de 129.50 psi en la salida de la bomba del sistema contra incendios. Esto asegura una presión de 12.75 psi en el rociador más exigente dentro del área remota analizada, la cual abarca 403 rociadores instalados. Dichos rociadores presentan un caudal de 40 gpm, generando un flujo total de 1,290.50 gpm en el sistema durante 90 minutos de operación, resultando en un consumo total de 161.142.30 galones en el sistema.

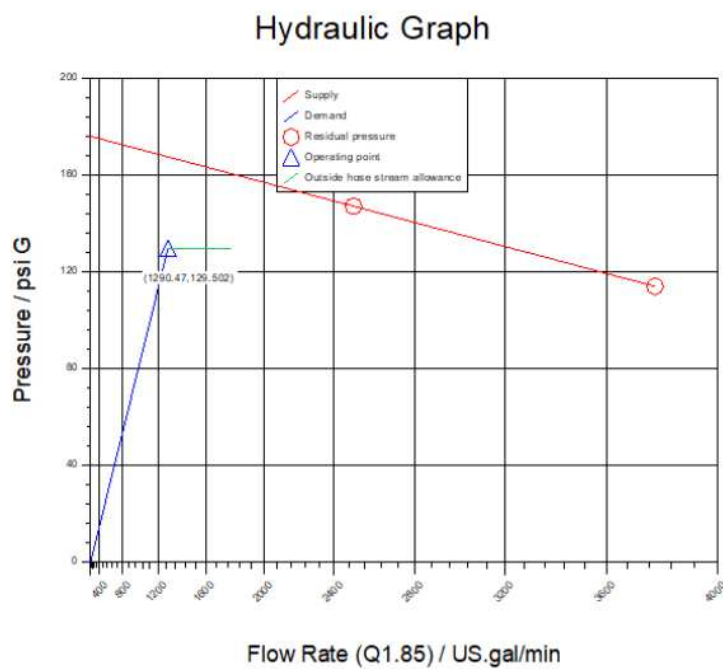


Figura 5.26 Grafica hidráulica Sistema del Riser 03 modificado.

5.3.4 Riser 04

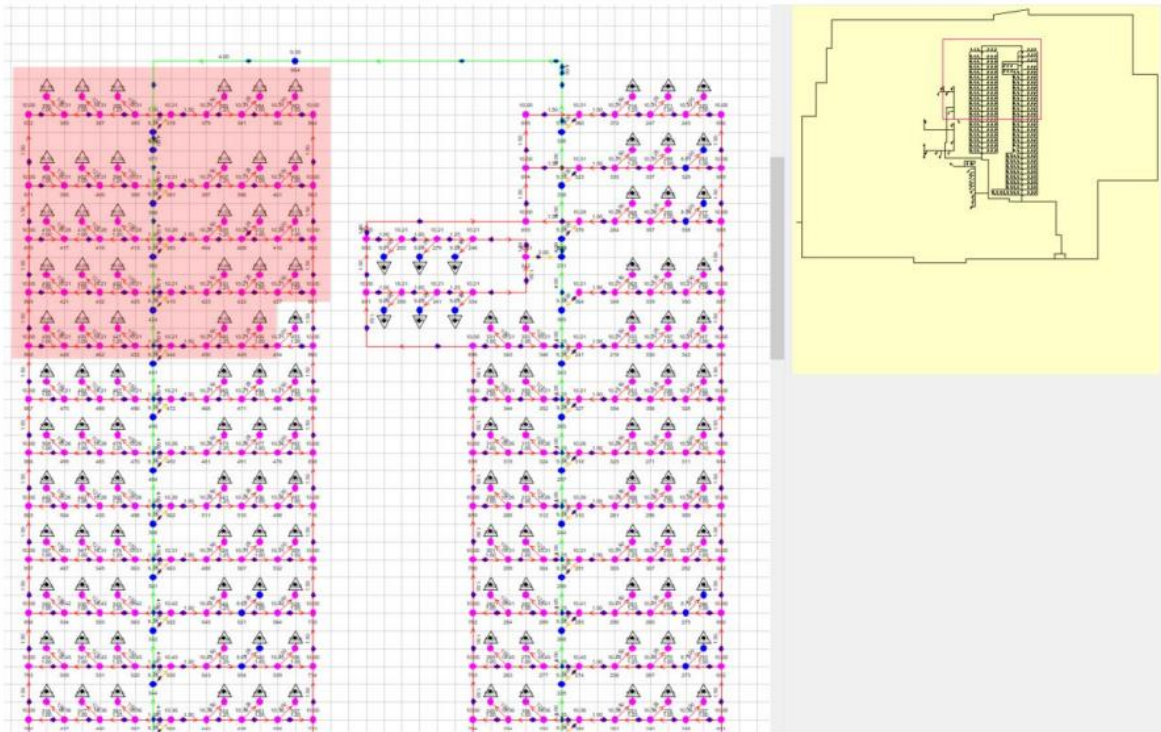


Figura 5.27 Área remota analizada R4. Fuente: Software PIPENET

Análisis del Sistema de Tuberías nuevo en Riser 04.	
Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.	
Riesgo Extra-Grupo 2	
Densidad mínima requerida	0.40 gmp/ft ²
Área remota máxima	2500 ft ²
Presión en la base de la bomba	137.84 psi
Presión en la base del riser	134.30 psi
Flujo rociadores	40 gpm
Flujo de mangueras	500 gpm
Flujo del sistema	1370 gpm
Área máxima por rociador	80.80226 ft ²
No. de rociadores calculados	29
Total de rociadores instalados	307
Tiempo de operación	90 min.
Gasto total	168,264.90 gal

Figura 5.28 Análisis del sistema de tuberías modificado en Riser 04.

En la tabla se puede apreciar que tras las modificaciones sugeridas se necesitan 134.30 psi en la base del Riser 04 y una presión de 137.84 psi en la salida de la bomba contra incendios. Esto garantiza una presión de 12.76 psi en el rociador más exigente dentro de la zona remota analizada, que abarca 307 instalados. Los rociadores presentan un caudal de 40 gpm, generando un flujo total de 1,370 gpm en el sistema durante 90 minutos de operación, lo que conlleva un consumo total de 168,264.90 galones en el sistema.

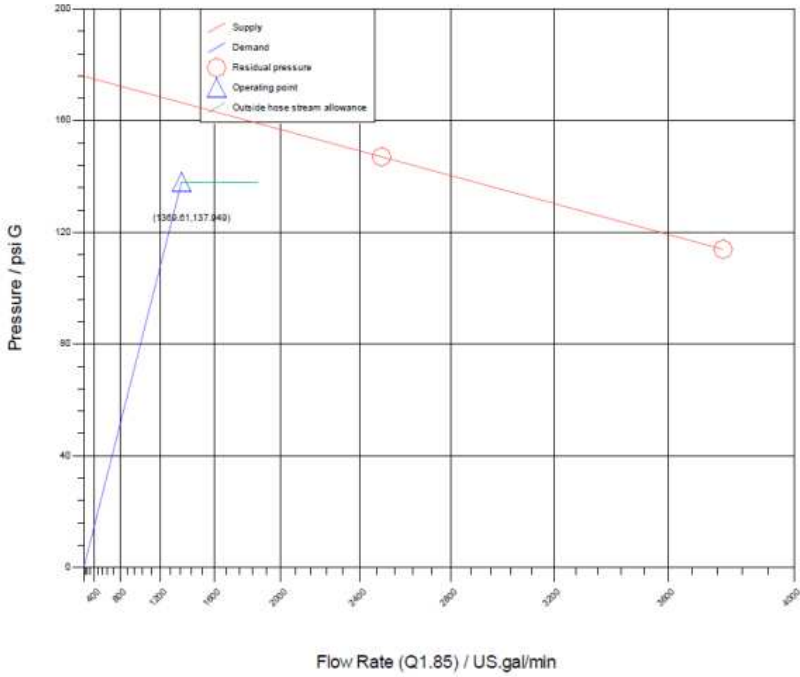


Figura 5.29 Grafica hidráulica Sistema del Riser 04 modificado.

5.3.5 Riser 06

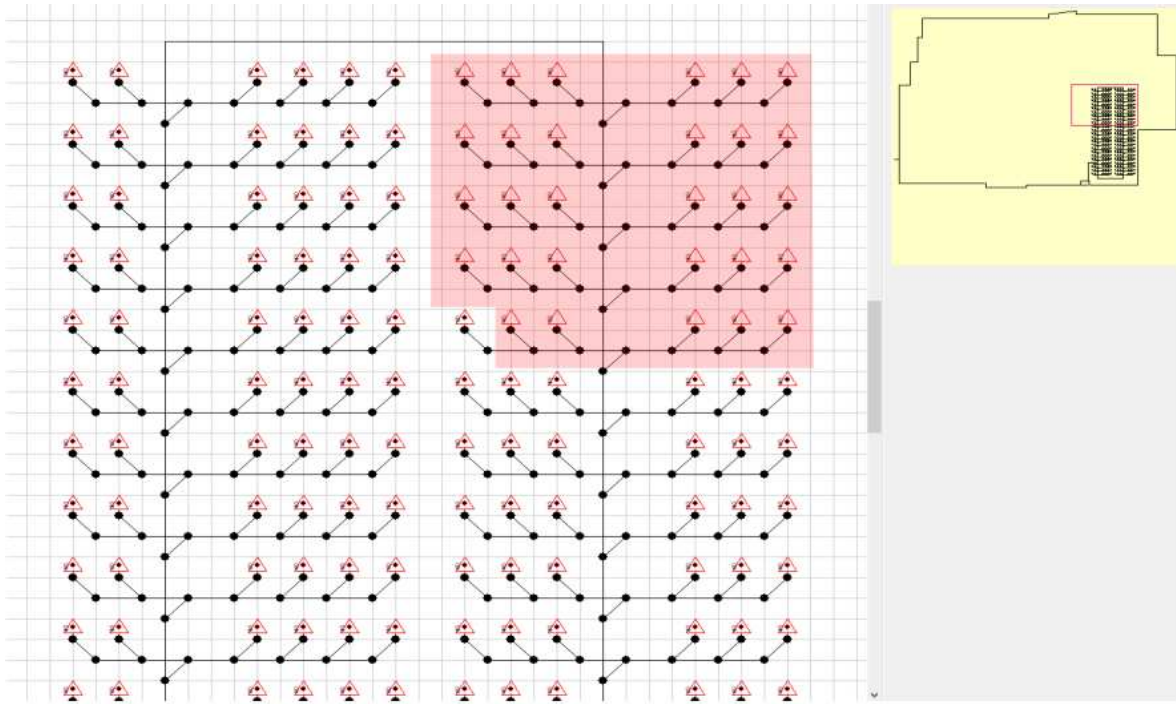


Figura 5.30 Área remota analizada R6. Fuente: Software PIPENET

Análisis del Sistema de Tuberías nuevo en Riser 06.	
Rociador UP-RIGHT K 11.2 temperatura 175 °F de 0.75 pulgadas.	
Riesgo Extra-Grupo 2	
Densidad mínima requerida	0.40 gmp/ft ²
Área remota máxima	2500 ft ²
Presión en la base de la bomba	120.03 psi
Presión en la base del riser	116.10 psi
Flujo rociadores	40 gpm
Flujo de mangueras	500 gpm
Flujo del sistema	1,447.80 gpm
Área máxima por rociador	80.80226 ft ²
No. de rociadores calculados	29
Total de rociadores instalados	288
Tiempo de operación	90 min.
Gasto total	175,300.20 gal

Figura 5.31 Análisis del sistema de tuberías modificado en Riser 06.

Realizando el análisis de la red de tubería contra incendios modificado se señala que, para cumplir con el criterio diseñado, son necesarios 116.10 psi de presión en la base del Riser 06 y una presión de 120.03 psi a la salida de la bomba del sistema contra incendios, teniendo una presión de 12.75 psi en el rociador más demandante del área remota analizada de 288 instalados, con un flujo de rociadores de 40 gpm y 1,447.80 gpm de flujo en el sistema durante 90 min de operación lo que genera un gasto total de 175,300.20 gal en el sistema.

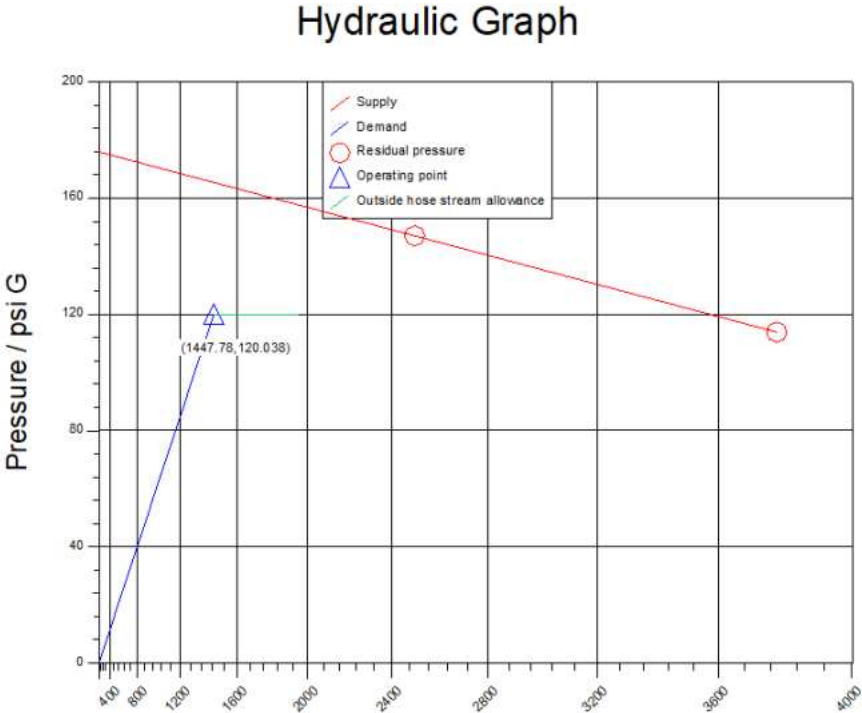


Figura 5.32 Grafica hidráulica Sistema del Riser 06 modificado.

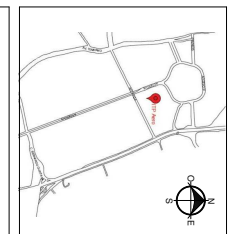
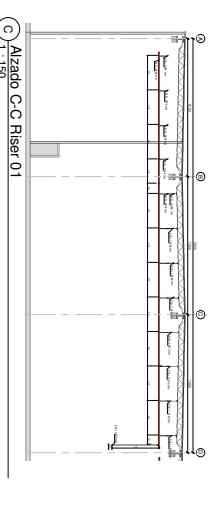
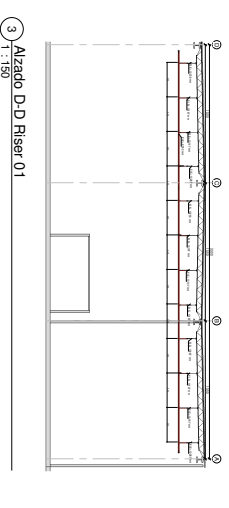
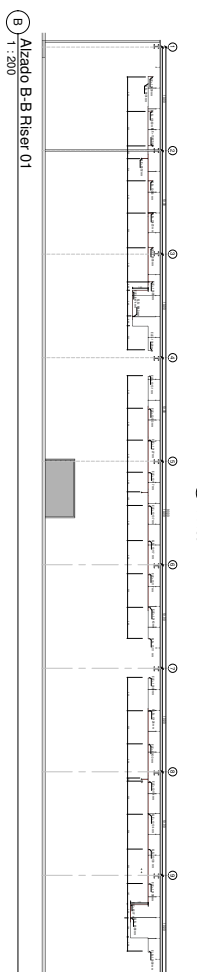
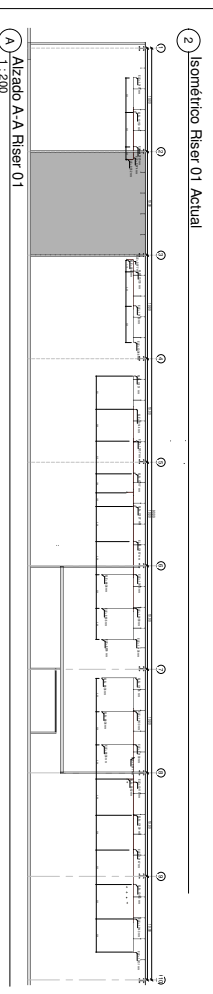
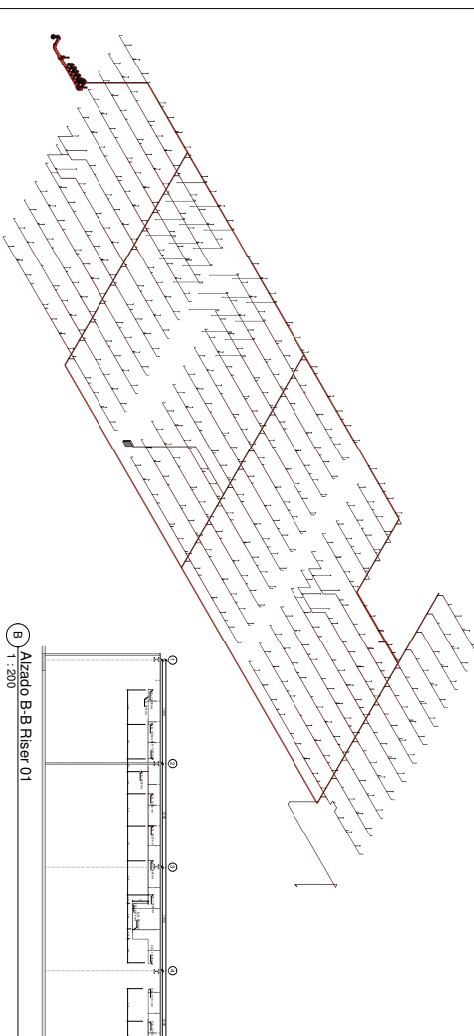
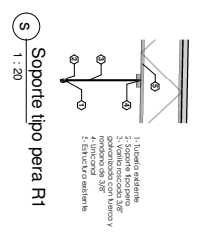
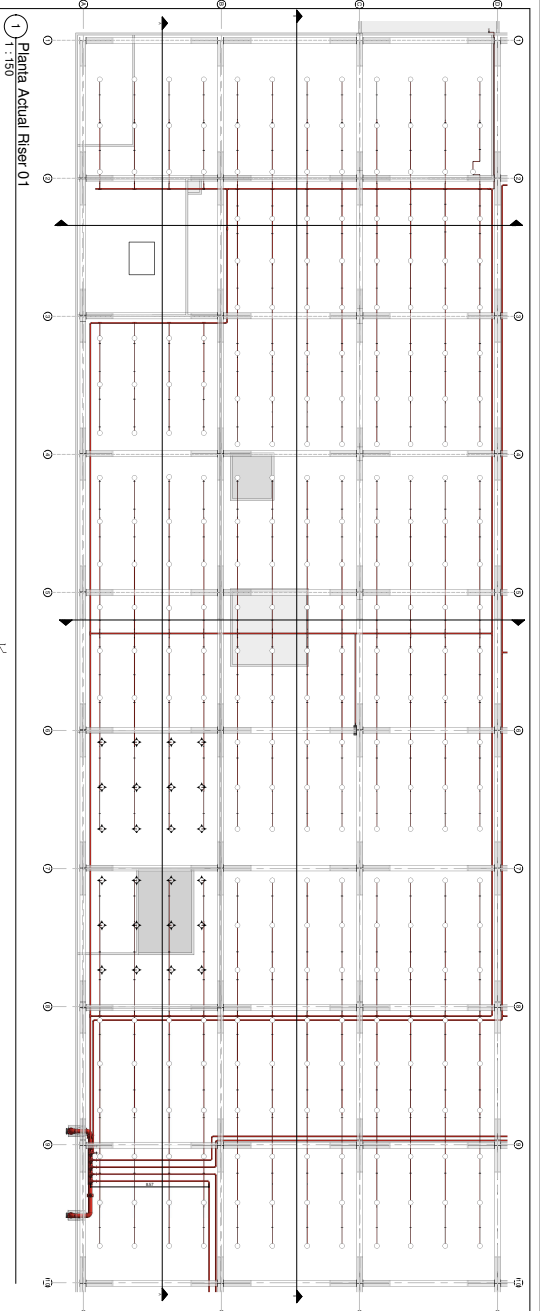
6. CONCLUSIONES

Se concluye que la implementación de las recomendaciones propuestas ha arrojado resultados favorables en la evaluación del sistema contra incendios que abarca los Risers 01, 02, 03, 04 y 06 del edificio principal. Al considerar el criterio de diseño centrado en alcanzar una densidad/área de 0.4 gpm/ft^2 para una superficie de 2500 ft^2 , se ha demostrado que las presiones requeridas se mantienen dentro de la curva de diseño de la bomba del sistema (Véase fig. 5.28, 5.31, 5.34, 5.37, 5.40)

En cada situación, los caudales de 2500 gpm a una presión 147 psi han demostrado ser adecuados, satisfaciendo las demandas específicas de los rociadores y la tubería vertical. Este análisis confirma que las modificaciones implementadas han fortalecido la capacidad de las bombas para cumplir con la demanda de presión necesaria en cada sistema, asegurando así una respuesta eficiente ante una situación de incendio.

Estos resultados respaldan la efectividad de las recomendaciones y sugieren que las mejoras introducidas han optimizado significativamente la eficacia general de los sistemas contra incendios en los Risers evaluados. El enfoque y los cálculos proporcionan una base sólida para la seguridad y la mitigación de riesgos en el edificio principal de ITP Aero en la planta de Querétaro.

**ANEXO 1. PLANOS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN
CONTRA INCENDIOS EXISTENTE**

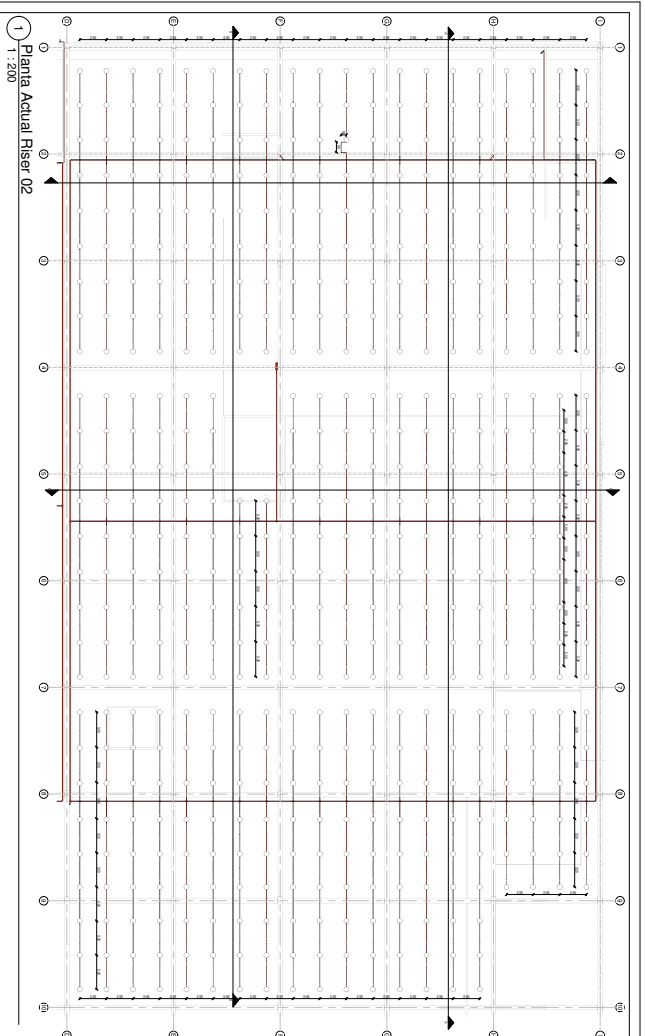


Nombre del Proyecto:	Proyecto de Instalación de un Sistema de Protección contra Incendios existente
Ubicación:	Edificio de Sistema de Riser 01
Fecha:	
Estado:	

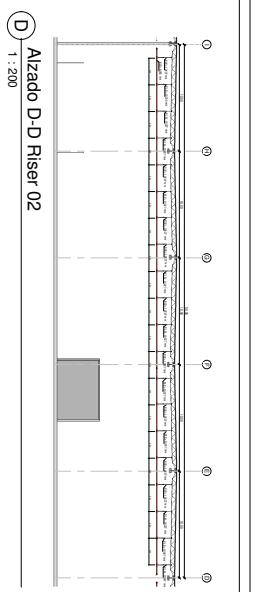
INDUSTRIA DE TURBO
ITP Aero
 PROYECTO DE INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EXISTENTE
 C/El Estrecho, 100 - 46100 Sagunto (Valencia) - España
 Tel: +34 96 291 2000

GTS
 Cobbold Industrial Solutions
 Calle de la Industria, 10 - 46100 Sagunto (Valencia) - España
 Tel: +34 96 291 2000

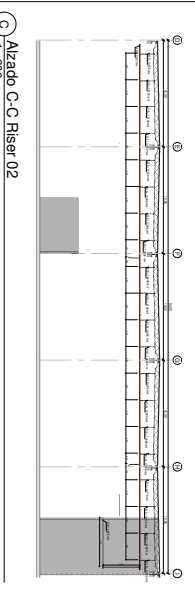
Proyecto:	Sistema de protección contra incendios existente		
Dirección:	Acción 4, 2do Planta Industrial para Adzer		
Tipo:	Sistema Contra Incendio Horizontal Actual		
Referencia:	Referencia al Riser 1 en Edificio Principal		
Fecha:	13 Oct 2023	Estado:	Cotiz
Dibujante:	BZMVA	Revisado:	KSF
Cliente:	Ind. Aero	Aprobado:	KSF
Código:	PC-ACI-801	Revisión:	A



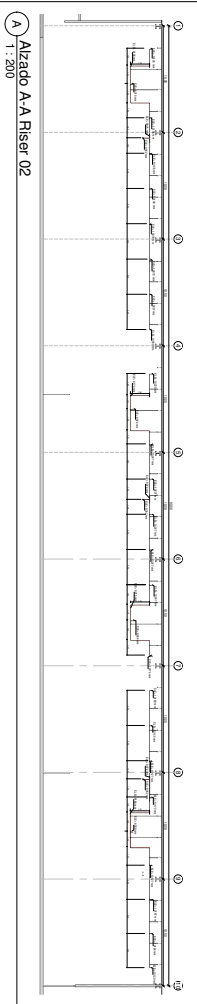
1 Planta Actual Riser 02
1 : 200



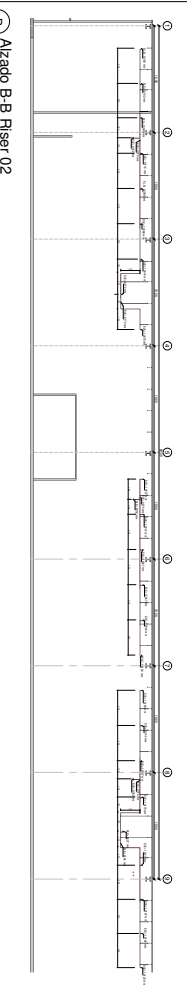
D Alzado D-D Riser 02
1 : 200



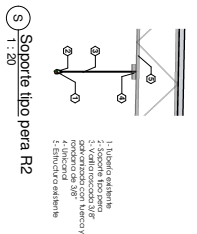
C Alzado C-C Riser 02
1 : 200



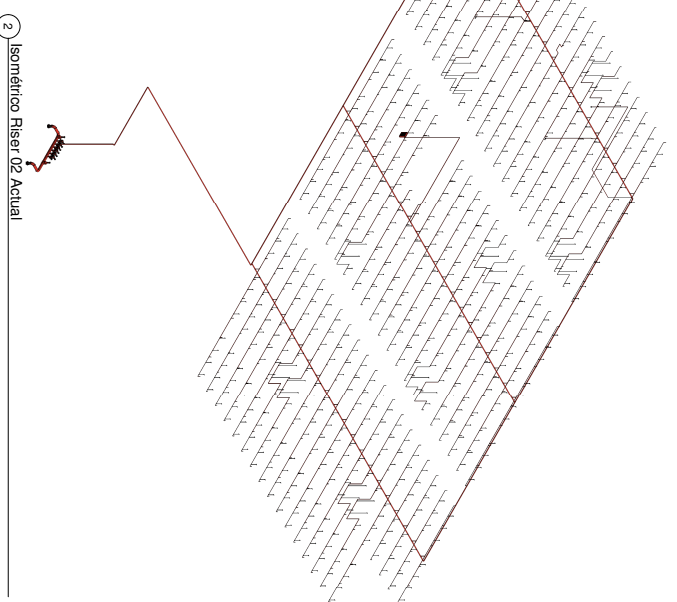
A Alzado A-A Riser 02
1 : 200



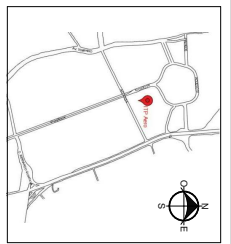
B Alzado B-B Riser 02
1 : 200



S Soporte tipo pera R2
1 : 20



2 Isométrico Riser 02 Actual



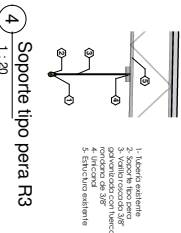
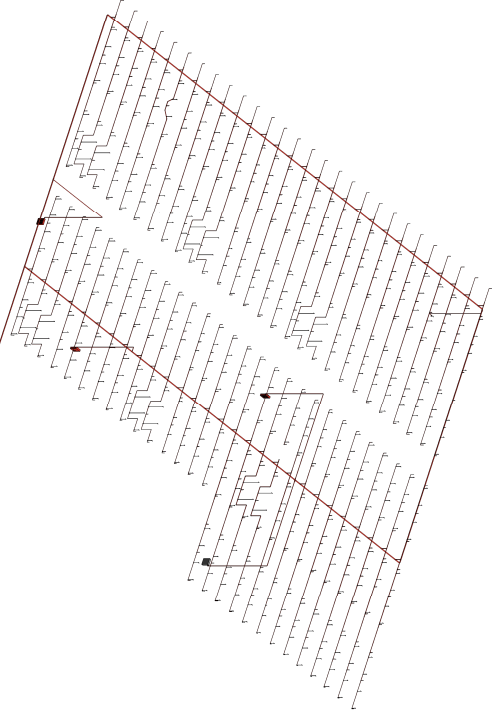
NOTA: Este documento es propiedad de GIS y no debe ser utilizado sin el consentimiento escrito de GIS. Toda reproducción o uso no autorizado de este documento será sancionado.

Estado:	Simulación
Fecha:	2024-08-20
Proyecto:	Proyecto de Infraestructura de Transporte

ITP Ingeniería y Tecnología
 Ingeniería y Tecnología
 Av. 10 de Agosto 1000
 C.A. I.T.P. S.R.L.
 www.itp.com.ve

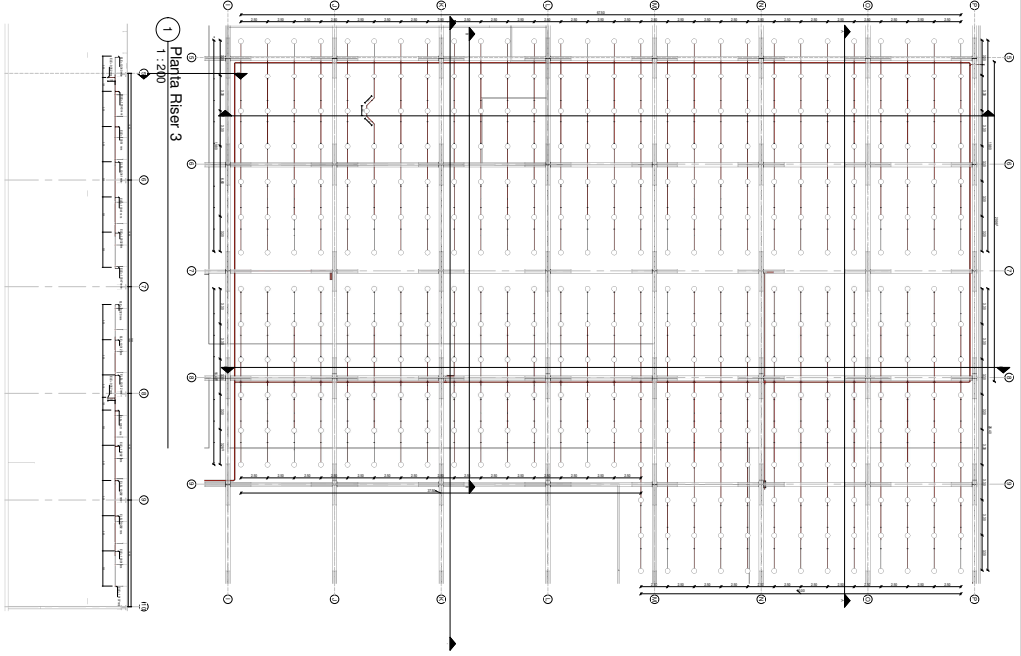
GIS Geospatial Information Systems
 Geospatial Information Systems
 Av. 10 de Agosto 1000
 C.A. GIS S.R.L.
 www.gis.com.ve

Proyecto:	Sistema de protección contra incendios existente
Dirección:	440 Avenida Industrial Barrio Jockey
Acción:	Sanitización de Cuantiles, O&M
Tipo:	Sistema Contra Incendios Humedo Actual
Referencia:	Permitencia de Riser 2 en Edificio Preispal
Fecha:	06-Ago-2023
Diseño:	RF
Revisión:	RF
Cliente:	PC-AC-802
No. Plano:	02
Revisión:	1

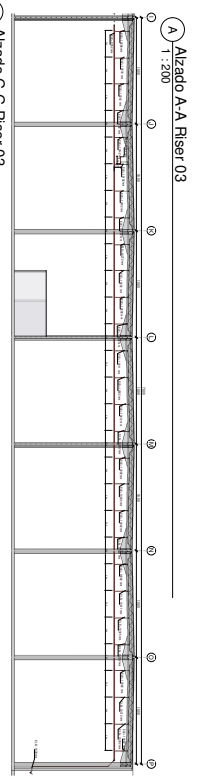


4 Soporte tipo para R3
1:20

- 1- Estructura existente
- 2- Soporte tipo soporte
- 3- Viga de apoyo para el riser 3
- 4- Estructura existente
- 5- Estructura existente

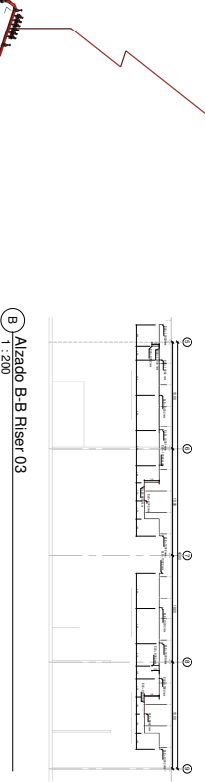


1 Planta Riser 3
1:200



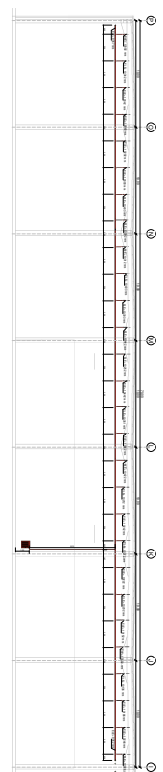
A Alzado AA Riser 03
1:200

3 Alzado C-C Riser 03
1:200

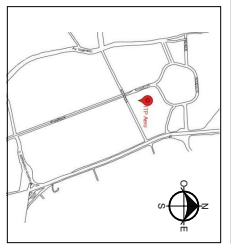


B Alzado B-B Riser 03
1:200

2 Isométrico Riser 03 Actual
1:200



D Alzado D-D Riser 03
1:200



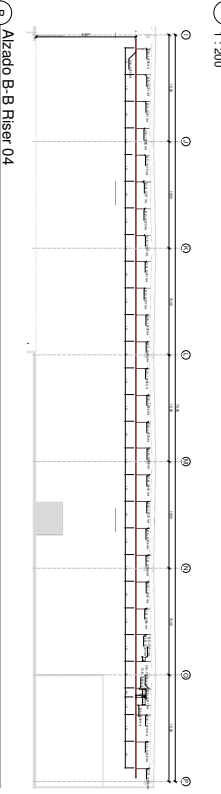
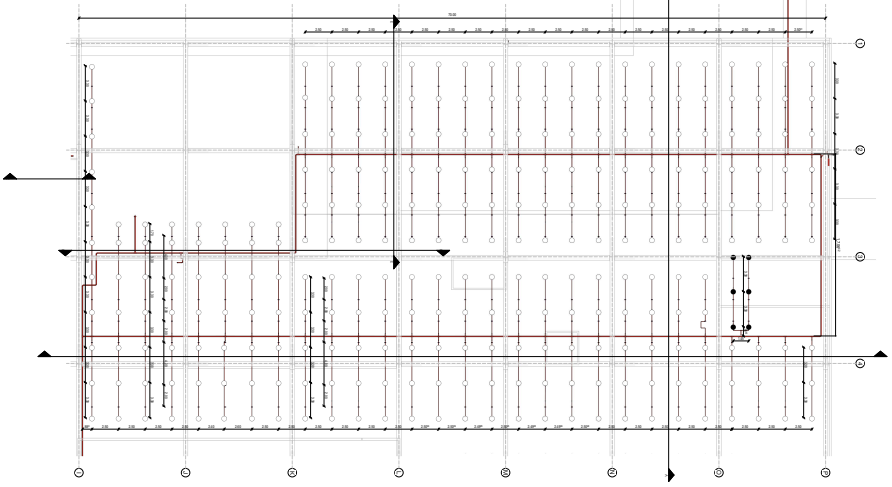
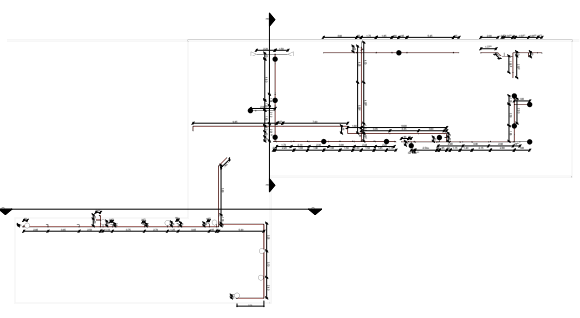
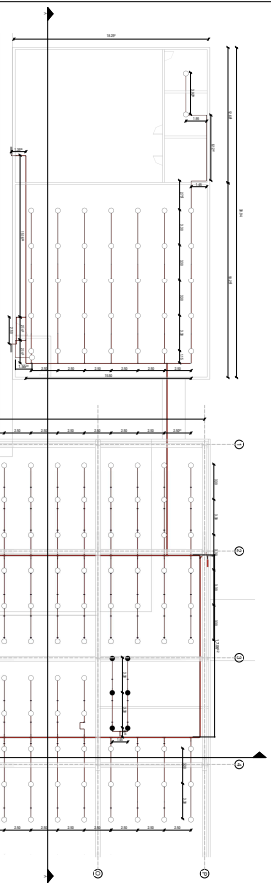
1. El presente documento es un archivo de trabajo y no debe ser utilizado para fines de construcción. 2. El presente documento es un archivo de trabajo y no debe ser utilizado para fines de construcción.

Fecha de Emisión:	2024-10-20
Estado:	Simulación

ITP Ingeniería Técnica Profesional
 INGENIEROS TÉCNICOS DE PROFESIONES AFINES
 C/ ALVARO DE CUBAS, 10
 41013 SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES (Cádiz) - ESPAÑA
 www.itp.es

GIS Geospatial Information Systems
 Geospatial Information Systems
 C/ ALVARO DE CUBAS, 10
 41013 SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES (Cádiz) - ESPAÑA
 www.gis.es

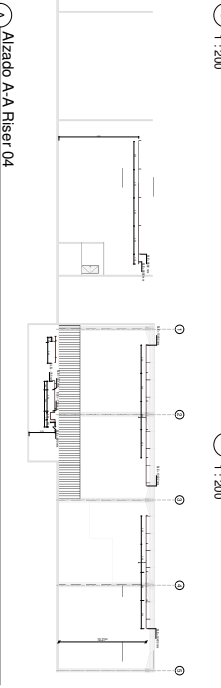
Proyecto:	Sistema de protección contra incendios existente		
Dirección:	Acción: A-40 Barona Industrial, Barona, Jerez		
Tipo:	Sistema Contra Incendios Humedo Actual		
Referencia:	Permanente al Riser 3 en Edificio Principal		
Fecha:	27/09/2023	Escala:	Como en planta
Dibujante:	RF	Revisor:	RF
Cliente:	RO3	No. Plano:	03
Revisión:		Revisión:	1



B Azado B-B Riser 04
1:200

D Plana Riser 4
1:250

3 Plana Sotano
1:250



A Azado A-A Riser 04
1:200

C Azado C-C Riser 04
1:200

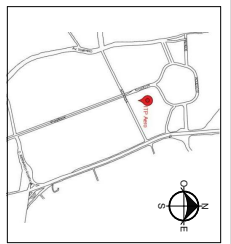
E Azado D-D Riser 04
1:200

1 Isométrico Riser 04 Actual
1:200



2 Soporte tipo pera R4
1:20

1. Blandido actualizado
2. Soporte tipo pera
3. Soporte tipo pera
4. Soporte tipo pera
5. Estructura existente



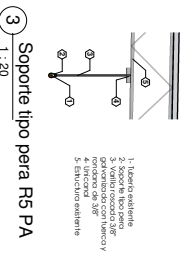
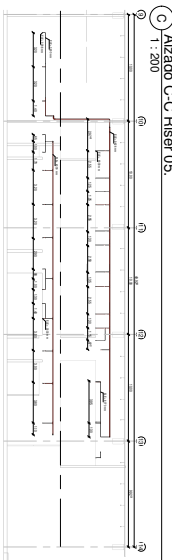
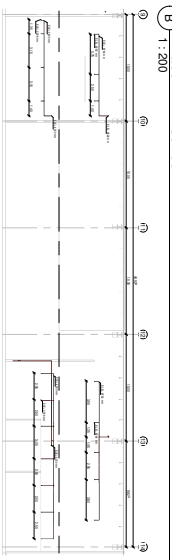
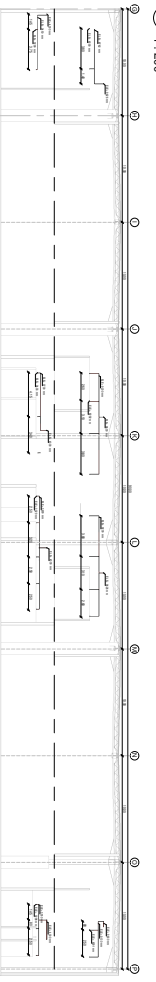
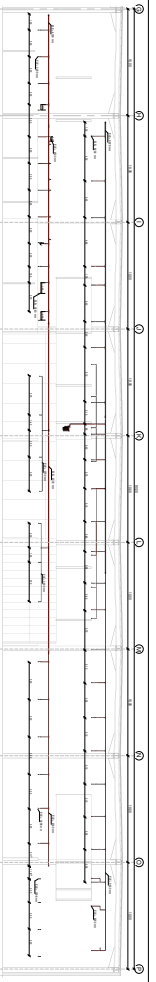
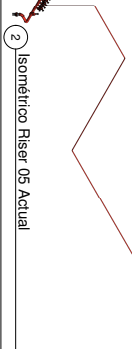
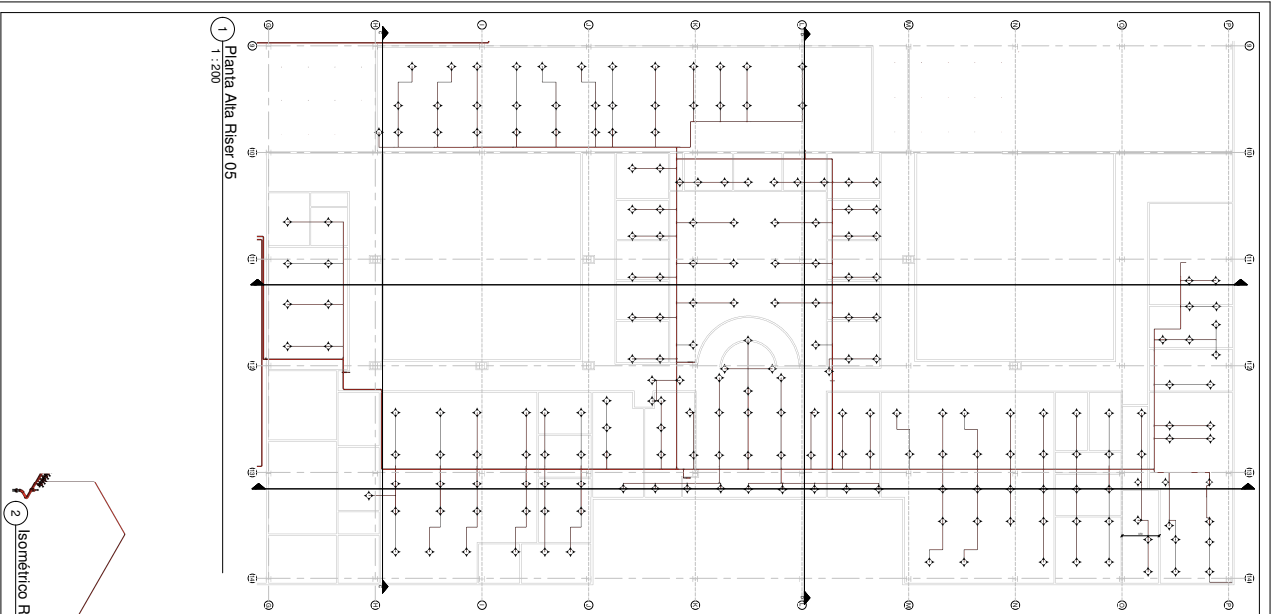
Ubicación del proyecto en el plano de la ciudad de Bogotá, Colombia. Se muestra la ubicación del proyecto en el plano de la ciudad de Bogotá, Colombia. Se muestra la ubicación del proyecto en el plano de la ciudad de Bogotá, Colombia.

Fecha de Emisión:	2024	1:200
Estado:	Simulación	

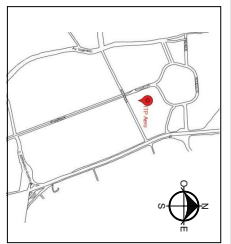
GIS
Geospatial Information Systems

ITP
Instituto Tecnológico de Pereira

Proyecto:	Sistema de protección contra incendios existente
Dirección:	Acceso 4 del Parque Industrial Paripá, J. de A.
Tipo:	Sistema Contra Incendios Humedo Actual
Referencia:	Permanente de Riser 4 en Edificio Preispical
Fecha:	22. Sep. 2023
Diseño:	RSF
Revisión:	RSF
Cliente:	PC-ACI-04
No. Proyecto:	04
Revisión:	1



- 1. Soporte existente
- 2. Viga existente
- 3. Viga existente (R5 PA)
- 4. Soporte existente
- 5. Soporte existente



Ubicación del proyecto en el plano de la ciudad de Bogotá, Colombia. El plano de la ciudad se encuentra en el anexo 1 del presente documento.

Fecha de Emisión:	2024-11-20
Estado:	Simulación

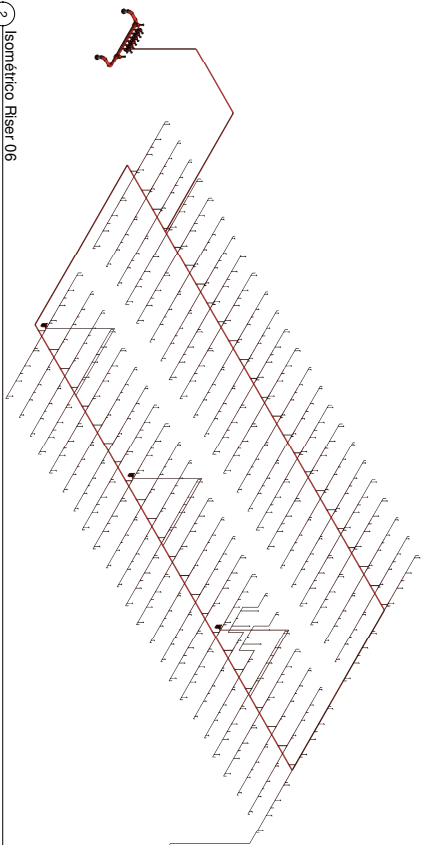


GIS
Geospatial Information Systems

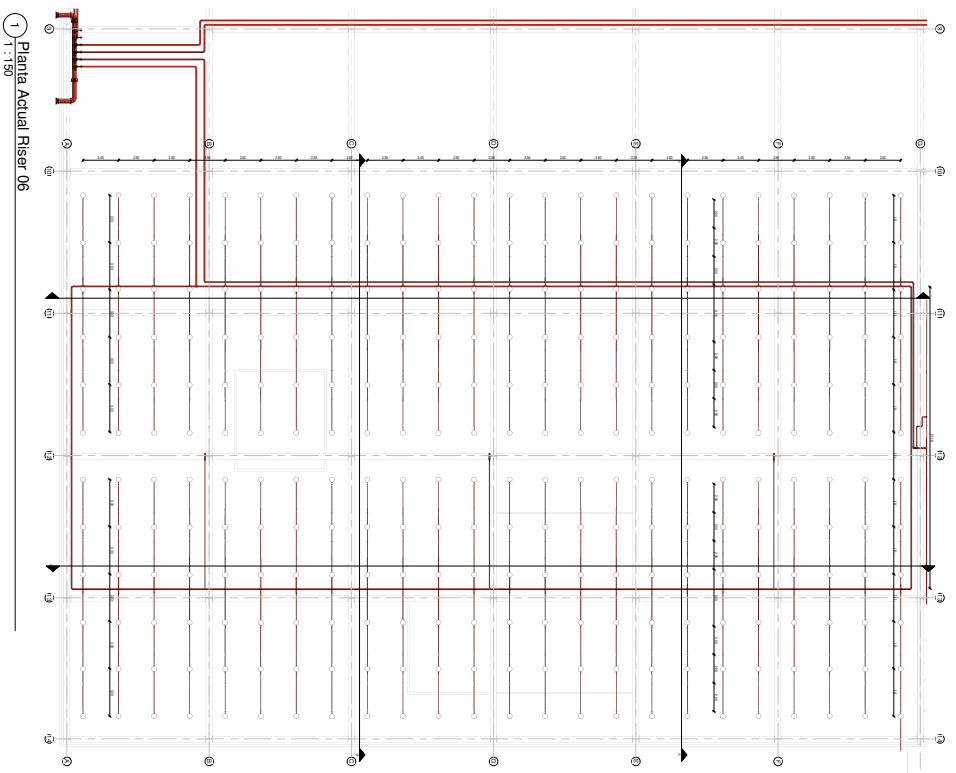


ITP
Instituto Tecnológico de Pereira

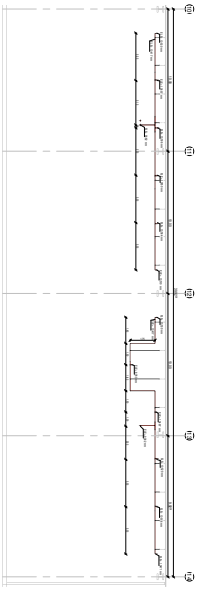
Proyecto:	Sistema de protección contra incendios existente		
Dirección:	4-40 Terza Industrial Barrio Jaldaz		
Acción:	Sustitución de Riser 05 por Riser 05 Actual		
Tipo:	Sistema Contra Incendios (Sistema de Riser)		
Fecha:	10-NOV-2023	Estado:	Final
Diseño:	RSF	Revisión:	RSF
Cliente:	No. Proyecto:	Revisión:	1
PC-ACT-801	05-2		



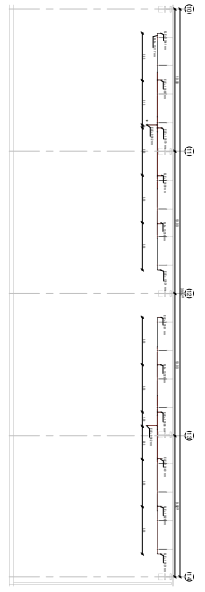
2 Isométrico Riser 06



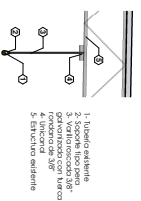
1 Planta Actual Riser 06
1 : 150



A Alzado A-A Riser 06
1 : 150

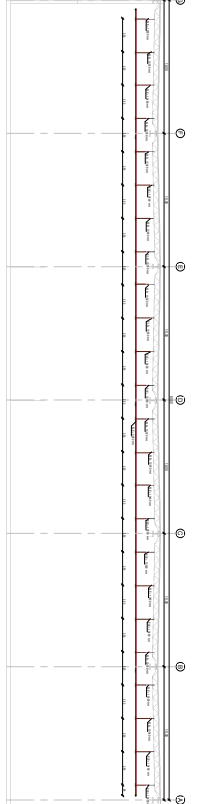


B Alzado B-B Riser 06
1 : 150

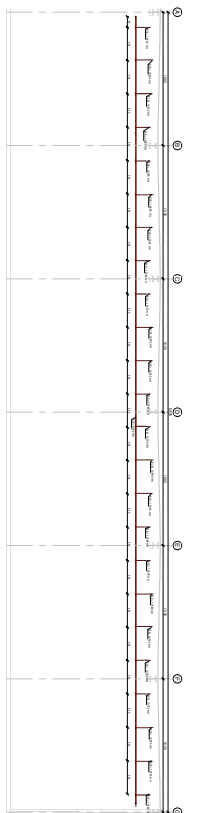


4 Soporte tipo para R6
1 : 20

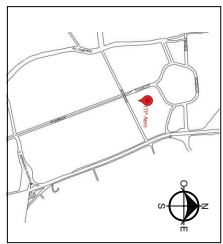
1. Soporte estándar
2. Soporte estándar con protección de UPE
3. Soporte estándar con protección de UPE y aislamiento térmico
4. Soporte estándar con protección de UPE y aislamiento térmico y pintura epoxi
5. Soporte estándar con protección de UPE y aislamiento térmico y pintura epoxi y protección contra incendios



C Alzado C-C Riser 06
1 : 150



D Alzado D-D Riser 06
1 : 150



Ubicación del proyecto
El proyecto se encuentra ubicado en el sector 6 del barrio de San Juan, en la ciudad de Bogotá, Colombia.
El sitio de construcción se encuentra en la zona de construcción de la planta de agua potable.

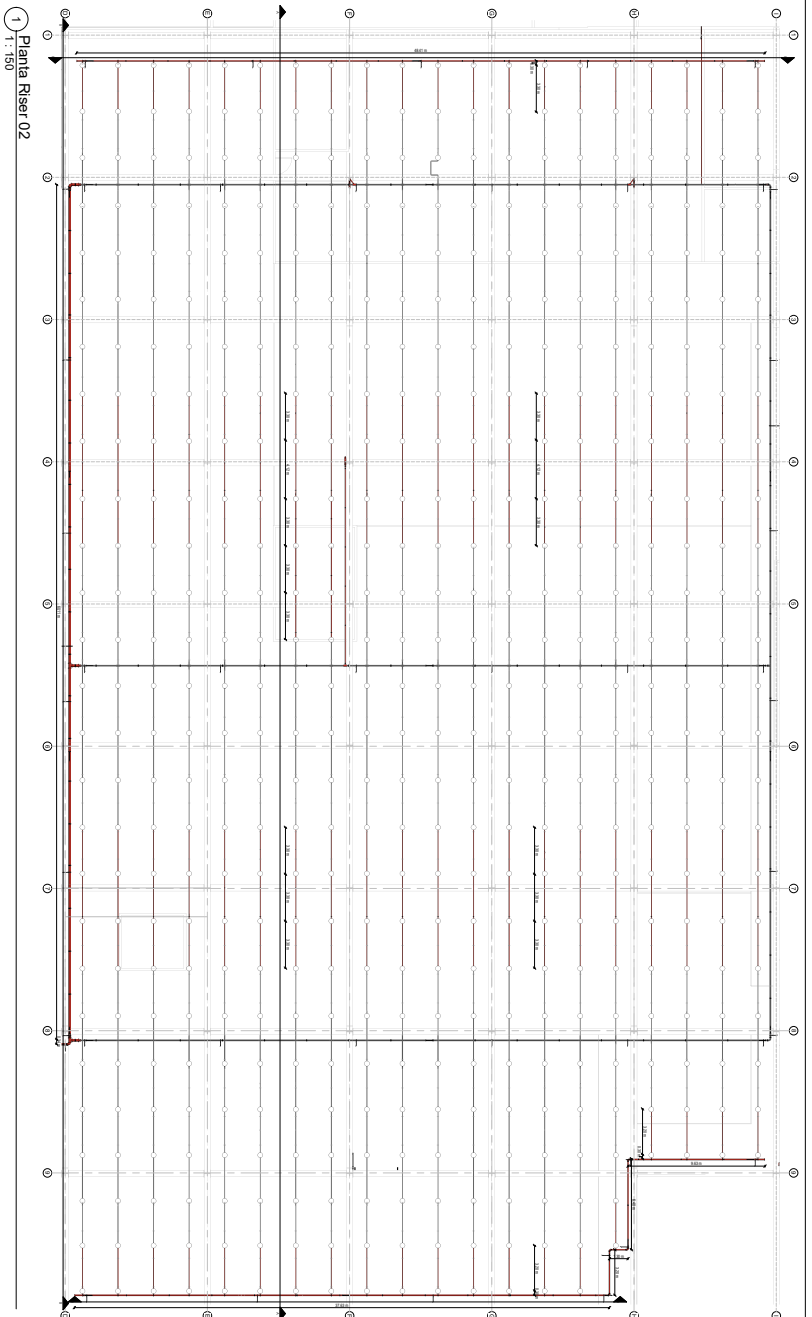
Fecha de Emisión:	2024-10-20
Estado:	Simulación

ITP Ingeniería Técnica Profesional
AERO Ingeniería Técnica Profesional
 Calle 147 No. 100-100, Bogotá, D.C.
 Tel: +57 (0) 1 494 4000
 www.itp-aero.com

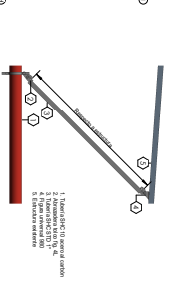
GIS Global Inclusion Solutions
 Calle 147 No. 100-100, Bogotá, D.C.
 Tel: +57 (0) 1 494 4000
 www.gis.com

Proyecto:	Sistema de protección contra incendios existente		
Dirección:	Acceso 4-40 Barroquero Insular, Barrio Alderaz		
Tipo:	Sistema Contra Incendios Humado Actual		
Referencia:	Permitencia de Riser 6 en Edificio Principal		
Fecha:	21 Oct - 2023	Estado:	Finalizado
Diseño:	87/MWA	Revisión:	SF
Cliente:	PC-AC-806	No. Proyecto:	06
		Revisión:	1

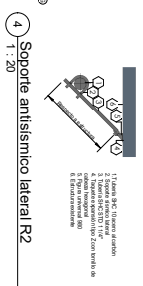
**ANEXO 2. PLANOS DEL SISTEMA DE PROTECCION
CONTRA INCENDIOS MODIFICADO**



1) Planta Riser 02
1 : 150



2) Soporte antisísmico longitudinal R2
1 : 20



4) Soporte antisísmico lateral R2
1 : 20



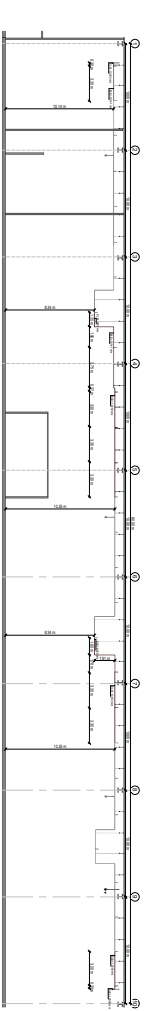
3) Soporte de 4 vras R2
1 : 20



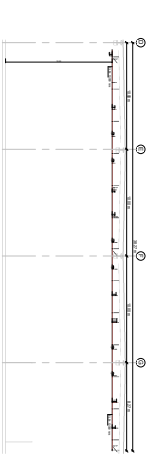
5) Soporte tipo perla R2
1 : 20



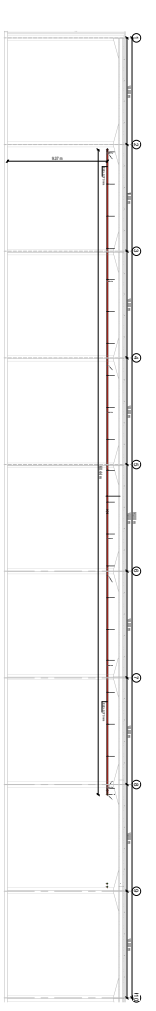
6) Soporte de Uñcaral R2
1 : 10



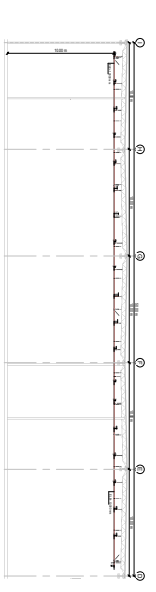
4) Sección A-A Riser 02
1 : 200



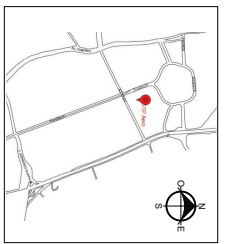
D) Sección D-D Riser 02
1 : 200



B) Sección B-B Riser 02
1 : 200



C) Sección C-C Riser 02
1 : 200

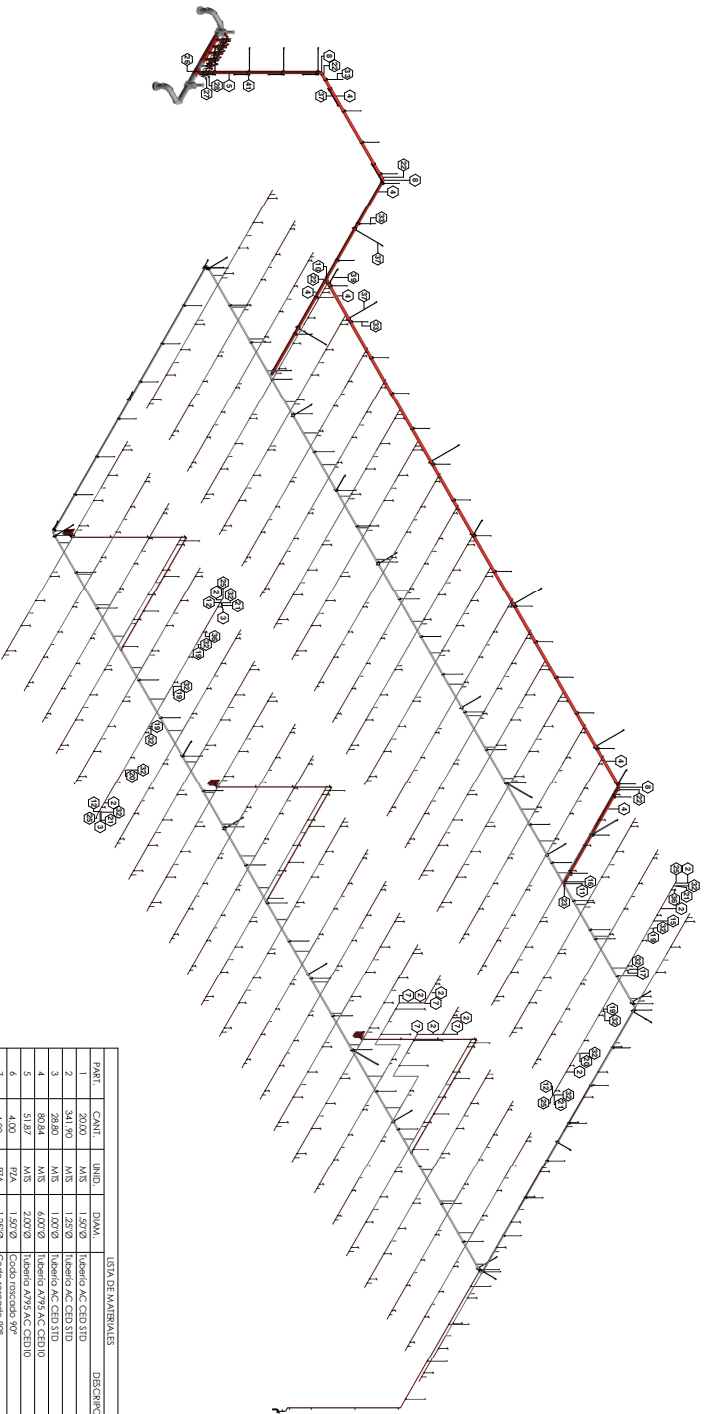


Nota: El presente plano se elaboró sobre datos suministrados por el cliente. El cliente es responsable de la exactitud de los datos suministrados. El presente plano es un documento de trabajo y no debe ser utilizado para fines de construcción. El presente plano es un documento de trabajo y no debe ser utilizado para fines de construcción. El presente plano es un documento de trabajo y no debe ser utilizado para fines de construcción.

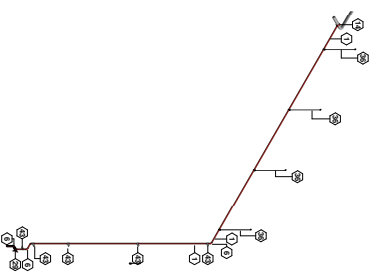
FECHA	REVISIÓN	ELABORADO	VERIFICADO	APROBADO
15/03/2023	A	J. GARCÍA	J. GARCÍA	J. GARCÍA

GIS Geospatial Information Systems
ITP Aero Ingeniería y Tecnología Aeroespacial
 Calle: 1000
 No. 1000
 Ciudad: Miami, FL 33131

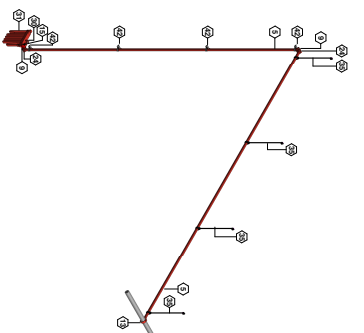
Proyecto:	Incendio de Sistema de Inyección de Combustible en el Motor de Avión
Ubicación:	Incendio de Sistema de Inyección de Combustible en el Motor de Avión
Director:	Alfonso Sánchez de Guzmán, CEO
Tipo:	Sistema de Inyección de Combustible en el Motor de Avión
Fecha:	15/03/2023
Diseño:	VA
Cliente:	IPF-FCI-8201



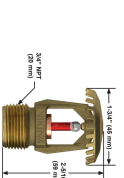
1 Isométrico Riser 06



2 Detalle 01. Test&drain riser 06

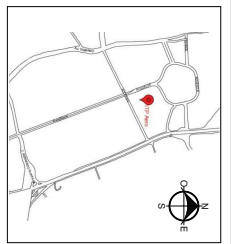


3 Detalle 02. Gabinete de manquera riser 06



Receptor VAS30 (N1), 21 tipo varnig de respuata
 estandar firmenwach con 1/2" de valv de 1/2".

PART	CANT	UNID.	DAMA	DESCRIPCION
1	2000	MNS	1.5070	Receptor AC-CEB 310
2	541.90	MNS	1.2570	Receptor AC-CEB 310
3	80.84	MNS	6.0070	Receptor AC-CEB 10
4	80.84	MNS	6.0070	Receptor AC-CEB 10
5	51.87	MNS	2.0070	Receptor AC-CEB 10
6	4.00	PVA	1.5070	Codo roscado 90°
7	4.00	PVA	1.5070	Codo roscado 90°
8	4.00	PVA	6.0070	Codo rígido (curvado 90°)
9	4.00	PVA	2.0070	Codo rígido (curvado 90°)
10	1.00	PVA	6.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
11	1.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
12	94.00	PVA	1.2570	Receptor rígido (curvado 90°)
13	3.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
14	1.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
15	3.00	PVA	2.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
16	2.00	PVA	2.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
17	2.00	PVA	2.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
18	2.00	PVA	2.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
19	94.00	PVA	1.5070	Receptor rígido (curvado 90°)
20	72.00	PVA	1.5070	Receptor rígido (curvado 90°)
21	94.00	PVA	1.5070	Receptor rígido (curvado 90°)
22	27.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
23	2.00	PVA	2.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
24	2.00	PVA	2.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
25	2.00	PVA	2.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
26	1.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
27	1.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
28	1.00	PVA	1.5070	Receptor rígido (curvado 90°)
29	1.00	PVA	1.5070	Receptor rígido (curvado 90°)
30	3.00	PVA	1.5070	Receptor rígido (curvado 90°)
31	288.00	PVA	0.7570	Receptor rígido (curvado 90°)
32	288.00	PVA	0.7570	Receptor rígido (curvado 90°)
33	54.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
34	54.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
35	12.00	PVA	2.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
36	192.00	PVA	1.2570	Receptor rígido (curvado 90°)
37	8.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
38	18.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
39	4.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
40	4.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
41	4.00	PVA	4.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
42	12.00	PVA	2.0070	Receptor rígido (curvado 90°)
43	5.00	PVA	1.5070	Receptor rígido (curvado 90°)



Nota general:
 1. Este documento es propiedad de la empresa contratada y no debe ser distribuido ni copiado sin el consentimiento expreso de la misma.
 2. Este documento es propiedad de la empresa contratada y no debe ser distribuido ni copiado sin el consentimiento expreso de la misma.
 3. Este documento es propiedad de la empresa contratada y no debe ser distribuido ni copiado sin el consentimiento expreso de la misma.
 4. Este documento es propiedad de la empresa contratada y no debe ser distribuido ni copiado sin el consentimiento expreso de la misma.
 5. Este documento es propiedad de la empresa contratada y no debe ser distribuido ni copiado sin el consentimiento expreso de la misma.
 6. Este documento es propiedad de la empresa contratada y no debe ser distribuido ni copiado sin el consentimiento expreso de la misma.
 7. Este documento es propiedad de la empresa contratada y no debe ser distribuido ni copiado sin el consentimiento expreso de la misma.
 8. Este documento es propiedad de la empresa contratada y no debe ser distribuido ni copiado sin el consentimiento expreso de la misma.
 9. Este documento es propiedad de la empresa contratada y no debe ser distribuido ni copiado sin el consentimiento expreso de la misma.
 10. Este documento es propiedad de la empresa contratada y no debe ser distribuido ni copiado sin el consentimiento expreso de la misma.

REVISION A

Fecha: 31/03/2017

Elaborado: [Nombre]

Revisado: [Nombre]

REVISION A

Fecha: 31/03/2017

Elaborado: [Nombre]

Revisado: [Nombre]

GIS

Geospatial Information Systems

www.gis.com

ITP AERO

Instituto Tecnológico de la Producción Aeroespacial

www.itp-aero.com

Good Inhabiles Solutions

Proyectos de Ingeniería y Arquitectura

www.gis.com

Proyecto: Sistema de Protección Civil
 Ubicación: [Dirección]
 Cliente: [Nombre]

REFERENCIAS

- ARTEC. (2 de Agosto de 2021). *Artec Solutions* . Obtenido de <https://aertecsolutions.com/proyecto/expertos-en-seguridad-operacional/>
- ASANA. (Octubre de 2022). *Asana*. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/risk-matrix-template>
- Asanza, A. F. (2013). *Elaboración de la matriz de riesgos laborales en la Empresa Proyecplast Cía.Ltda*. Bachelor's thesis.
- Belhattab , M. T., & Boukheris, I. (2022). Obtenido de <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/30957/1/belhatab-boukheris.pdf>
- Bugbee, P. (1971). *Hombres contra el fuego. La historia de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios. 189-1971"*. Quincy.
- Calderón, D. C. (2011). *Unimilitar*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/3278/AgudeloCalderonDanaCarolina2011.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Carrera, E., & Carrillo, A. (17 de Enero de 2012). *Diseño de un sistema de protección contraincendios en una planta envasadora de gas* . Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/>
- Casalet, M. (2013). *La industria aeroespacial: Complejidad prductiva e institucional* . FLACSO Mexico.
- Castro, C., & Lincoln, E. (23 de Julio de 2012). *Diseño de un sistema contra incendios para el area de producto teminado de una planta elaboradora de pinturas*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21047/1/Articulo%20tesis%20grado.pdf>
- Egas, E. D. (2015). *UISEK*. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec>
- García, V., & Bolivar, T. (20 de Julio de 2017). *Diseño de un sistema de prevención y defensa contra incendios en base a la normativa NFPA para todas las areas de la Empresa*

- Calzado Gamo's ubicada en la provincia de Turgurahua.* Obtenido de <https://www.semanticscholar.org>
- Global Industries Solutions S.A de C.V . (2017). *GisMexico.* Obtenido de <https://gismexico.com.mx/>
- Grillo, H. (2018). *Diseño hidraulico del sistema de protección contra incendio para el nuevo terminal ortuario de Paita.* Obtenido de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/>
- Gutierrez, A., & Luna , M. A. (20 de Diciembre de 2012). *Diseño básico del sistema contra incendios para la biblioteca central de la Universidad Industrial de Santander.* Obtenido de <https://www.semanticscholar.org>
- Hualde, A., & Carrillo, J. (2014). *Diagnóstico de la industria aeroespacial en baja california. Características productivas y requerimientos actuales y potenciales de capital humano.* Baja California .
- IGAPE Mexico. (Marzo de 2021). *Igape.gal.* Obtenido de https://igape.gal/images/05-mais-igape/05-05-quensomos-internacional/antenas/NotaSectoria_LaIndustriaAeroEspacialenMexico_032021.pdf
- INEGI. (2019). *INEGI.org.* Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/default.html>
- ITP Aero . (2023). *itpaero.* Obtenido de <https://www.itpaero.com/es/sobre-itp-aero/historia/>
- Jiménez, A. F. (2013). *Elaboración de la matriz de riesgos laborales en la empresa proyecplast Cia. LTDA.* Cuenca .
- Juela, C. (2017). *Diseño de un Patrón de Referencia para la determinacion de un sistema integral de seguridad contra incendios en una edificación del distrito 01D01 de Salud 2016.* Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/>
- López, L. T. (12 de junio de 2019). *itpaero.* Obtenido de <https://www.itpaero.com/es/comunicacion/noticias/itp-aero-amplia-sus-instalaciones-en-queretaro-mexico.html>
- Lozano, E. M., & Barreto León , N. (2017). Obtenido de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net>

- Manzano, G. E. (2022). *Repositorio UG* . Obtenido de <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/263203f2-d27e-4dd4-a6b2-a4370dbf90ea/content>
- Martínez, L. (2021). *Los líderes del sector aeroespacial mitigan el riesgo con los procesos de fabricación*. Obtenido de <https://www.faro.com/es-MX/Resource-Library/Article/Aerospace-leaders-mitigate-risk-with-manufacturing-processes>
- National Fire Protection Association . (2020). *NFPA 75: Standard for the Fire Protection of Information Technology Equipment*. Quincy.
- National Fire Protection Association . (2021). *NFPA 1: Código de incendios* . Quincy.
- National Fire Protection Association . (2021). *NFPA 33: Standard for Spray Application Using Flammable or Combustible Materials*. Quincy.
- National Fire Protection Association . (2021). *NFPA: 11 Standard for Low-, Medium-, and High- Expansion Foam*. Quincy.
- National Fire Protection Association . (2022). *NFPA 12: Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems* . Quincy.
- National Fire Protection Association . (2022). *NFPA 13: Standard for the installation of Sprinkler Systems*. Quincy .
- National Fire Protection Association . (2022). *NFPA 20: Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection*. Quincy .
- National Fire Protection Association . (2022). *NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code*. Quincy.
- National Fire Protection Association . (2023). *NFPA 25: Norma para la instalacion, prueba y mantenimiento de sistemas de rociadores contra incendios y otros sistemas de protección de agua* . Quincy .
- National Fire Protection Association . (2024). *NFPA 17: Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems*. Quincy .
- National Fire Protection Association . (2024). *NFPA 30: Flammable and Combustible Liquids Code*. Quincy.

- National Fire Protection Association. (2018). *NFPA 14: Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems*. Quincy.
- National Fire Protection Association. (2018). *NFPA 3: Practica recomendada para la puesta en marcha de sistemas de proteccion contra incendio y seguridad humana*. Quincy.
- NFPA. (2009). *Manual de proteccion contra incendios*. Quincy.
- Ricalde, L. (2014). Obtenido de ICAO: [https://www.icao.int/SAM/Documents/2014-ADSAFASS/13_Tecnicas%20de%20Evaluacion%20\(I\).pdf](https://www.icao.int/SAM/Documents/2014-ADSAFASS/13_Tecnicas%20de%20Evaluacion%20(I).pdf)
- S&P. (25 de marzo de 2019). *Solerpalau*. Obtenido de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sistema-contra-incendios/>
- SENEAM. (27 de Octubre de 2022). *Gobierno de Mexico*. Obtenido de <https://www.gob.mx/seneam/es/articulos/que-es-seguridad-operacional?idiom=es>
- Soler, R., Varela, P., Oñate, A., & Naranjo, E. (2018). La gestión de riesgo: el ausente recurrente de la administración de empresas . *Ciencia Unemi* , 51-62.