



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS PARA UNA INDUSTRIA PLÁSTICA,
GUAYAQUIL KM 10.5 VÍA A DAULE**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniería Civil

AUTORES: GABRIEL ANTONIO ARÉVALO CERVANTES
ANTHONY ALEXANDER CUACES VARGAS

TUTOR: ING. LUIS EDUARDO MOYA CHÁVEZ, MGS

Guayaquil - Ecuador

2026

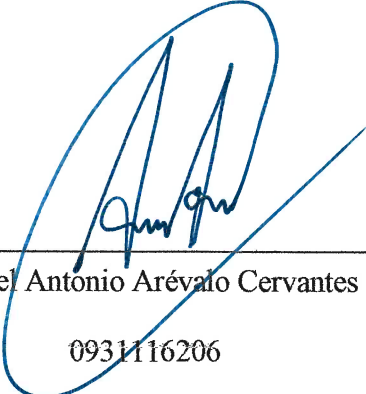
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Gabriel Antonio Arévalo Cervantes con documento de identificación N° 0931116206 y Anthony Alexander Cuaces Vargas con documento de identificación N° 0950672295; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 17 de enero del año 2026

Atentamente,



Gabriel Antonio Arévalo Cervantes
0931116206



Anthony Alexander Cuaces Vargas
0950672295

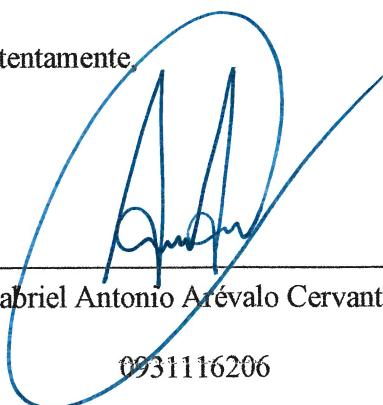
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Gabriel Antonio Arévalo Cervantes con documento de identificación N° 0931116206 y Anthony Alexander Cuaces Vargas con documento de identificación N° 0950672295, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo de titulación: DISEÑO HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS PARA UNA INDUSTRIA PLÁSTICA, GUAYAQUIL KM 10.5 VÍA A DAULE, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

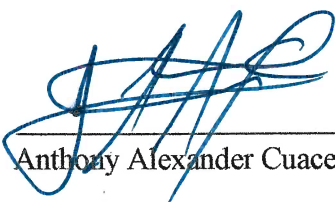
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 17 de enero del año 2026

Atentamente,



Gabriel Antonio Arévalo Cervantes
0931116206



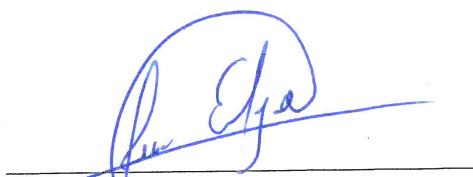
Anthony Alexander Cuaces Vargas
0950672295

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Eduardo Moya Chávez con documento de identificación N° 1310835457, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS PARA UNA INDUSTRIA PLÁSTICA, GUAYAQUIL KM 10.5 VÍA A DAULE, realizado por Gabriel Antonio Arévalo Cervantes con documento de identificación N° 0931116206 y por Anthony Alexander Cuaces Vargas con documento de identificación N° 0950672295, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 17 de enero del año 2026

Atentamente,



Ing. Luis Eduardo Moya Chávez, Msc

1310835457

Dedicatoria

A Dios, a mis padres, a mi familia y a mi pareja por todo su amor en este proceso. A mis profesores por guiarnos e impartir sus conocimientos. Durante el desarrollo de mi formación académica y profesional.

Dedicatoria

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza, la salud y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres, por su apoyo incondicional, por sus sacrificios, consejos y por ser el pilar fundamental en cada uno de mis logros. Gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A mi familia, por su respaldo constante y palabras de aliento.

Y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a que este objetivo se haga realidad.

Agradecimiento

Agradezco de manera especial a mis padres, por su apoyo incondicional, por los ánimos constantes para salir adelante y culminar esta etapa de mi formación profesional, y por ser mi sostén en los momentos más difíciles. Gracias por permitirme hacerlos sentir orgullosos de mi crecimiento personal y académico.

A Miriam, y a mis hermanos Luis, Nicolás y Emilio, quienes son mi hogar y uno de los pilares más importantes de mi vida. Gracias por el amor sincero, el apoyo constante y por cada momento compartido que ha hecho de este camino un proceso más llevadero. Su compañía, palabras de aliento y cariño diario han sido fundamentales para mantenerme firme y motivado, llenando mis días de alegría y fortaleza.

A mi pareja, quien llegó cuando este proceso ya había iniciado, pero que rápidamente se convirtió en una persona esencial en mi vida. Gracias por tu apoyo, amor y comprensión; espero que todo el esfuerzo se vea recompensado en este logro, que no solo es mío, sino también tuyo.

A mis amigos Kristel, Carlos y Wladimir, quienes han estado presentes desde el primer día de este camino universitario. Gracias por acompañarme durante este largo proceso, compartiendo experiencias, emociones y aprendizajes que marcaron esta etapa de nuestras vidas.

Agradezco sinceramente a mi tutor, el ingeniero Moya, por su acompañamiento y apoyo desde el inicio de mi formación universitaria, y por motivarme a fortalecer mi amor por la carrera. Asimismo, extendo mi agradecimiento a mis profesores, el ingeniero Fausto y el ingeniero Conforme, por compartir sus conocimientos, experiencia y por contribuir de manera significativa a mi formación profesional.

Finalmente, agradezco a mi mascota Milo, por su amor incondicional, por la alegría que trajo a nuestro hogar y por acompañarme durante las largas noches de desvelo a lo largo de este

proceso.

A todas las personas mencionadas, quienes son las más importantes en mi vida, les expreso mi más sincero agradecimiento por todo lo vivido y compartido durante mi etapa universitaria.

.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida, la salud, la fortaleza y la constancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi formación profesional. Sin su guía y bendición, nada de esto habría sido posible.

Mi más profundo y sincero agradecimiento a mis padres, Juan Carlos Colin y Verónica Vargas, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida. Gracias por su amor incondicional, por su apoyo constante, por cada sacrificio realizado y por nunca dejar de creer en mí. Este logro es también de ustedes, porque detrás de cada paso que di siempre estuvieron su esfuerzo, su ejemplo y su motivación. Todo lo que soy y lo que he alcanzado se los debo en gran parte a ustedes.

A mis hermanos, Alexis y mi hermana Dap, por su apoyo, su paciencia, su compañía y por estar siempre presentes en cada etapa de este camino, brindándome ánimo incluso en los momentos más difíciles.

A mis abuelos, Narcisa y Carlos, por su cariño, sus consejos y por ser un ejemplo de fortaleza, trabajo y perseverancia que siempre llevaré conmigo.

A mis tíos, Juan Carlos y Lina, por su apoyo, sus palabras de aliento y por estar pendientes de mi crecimiento personal y profesional.

A mi enamorada, Daisa, quiero agradecerle de manera muy especial por su infinita paciencia y por el ánimo constante que me brinda día a día. Gracias por estar a mi lado, por comprender los momentos de estrés y cansancio, y por motivarme siempre a seguir adelante.

A mis amigos que fui formando a lo largo de la carrera, quienes hicieron de este camino una experiencia mucho más llevadera y llena de buenos momentos. En especial a mi amigo Klever, a mi amigo Laufer, a mi amigo Pereira, a mi amigo Pedrito Coco, a mi amigo Roberto y a mi amiga Connie, gracias por su amistad, su apoyo y por cada momento compartido dentro y fuera de las aulas.

Un agradecimiento muy especial a mi compañero y amigo de tesis, Gabriel, con quien a lo largo de este proyecto formamos un gran equipo de trabajo. Gracias por el compromiso, la responsabilidad y la dedicación demostrada, así como por el compañerismo y el apoyo mutuo que hicieron posible culminar con éxito este objetivo.

De igual manera, agradezco a mis amigos que conocí en los últimos semestres de la carrera: Kristel, Carlos y Wladimir, por su amistad, su compañerismo y por hacer más agradable esta última etapa de mi formación universitaria.

Agradezco de manera muy especial a mi tutor, el Ing. Luis Moya, por ser una excelente persona y un gran profesor, por su apoyo, su paciencia y por todas sus enseñanzas durante el desarrollo de esta tesis y lo largo de la carrera. Su guía fue fundamental para alcanzar este resultado, y le expreso mi sincero aprecio y gratitud.

Finalmente, agradezco a mi director de carrera, quien además de ser una excelente persona, se ha convertido en un amigo más, por su respaldo, su orientación y su constante apoyo durante toda mi etapa universitaria.

A todos ustedes, gracias por formar parte de este logro tan importante en mi vida.



RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)
FACULTAD: CIENCIAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Título Del Trabajo De Titulación: **DISEÑO HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS PARA INDUSTRIA PLÁSTICA, GUAYAQUIL KM 10.5 VÍA A DAULE.**

Autores: **Gabriel Antonio Arévalo Cervantes, Anthony Alexander Cuaces Vargas**

Tutor: **Ing. Luis Eduardo Moya Chávez**

RESUMEN

La presente investigación propone el diseño integral de un sistema hidráulico contra incendios para la planta Comercial TRILEX, ubicada en el km 10.5 vía a Daule, con el fin de mitigar el riesgo asociado a la transformación y almacenamiento de polímeros y otros materiales inflamables.

Dentro de los antecedentes se presentarán aquellos estudios y auditorías previas en instalaciones del sector plástico han evidenciado deficiencias en la cobertura hidráulica, insuficiencia de caudales en puntos críticos y falta de documentación técnica que respalde la operación segura de los sistemas contra incendios.

Se tiene como objetivo principal desarrollar y validar un diseño hidráulico conforme a criterios técnicos aplicables que garantice caudales y presiones necesarios, optimizando la selección de bombas y tuberías, y establezca procedimientos de verificación, puesta en marcha y mantenimiento. El diseño incluye memoria de cálculo, planos ejecutivos, especificaciones de equipos y un plan de gestión documental para la aprobación y operación.

Mediante un enfoque cuantitativo y métodos analítico, deductivo y de modelación, se calcularon demandas de caudal por área de diseño, pérdidas por fricción y locales, altura manométrica total y potencia requerida de bomba. Se aplicaron fórmulas de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach para comparación técnica, y se realizaron simulaciones hidráulicas para verificar la presión residual en el gabinete más lejano del cuarto de bombas y el desempeño de la curva de bomba seleccionada.

Los resultados muestran que la topología propuesta (loop general de distribución con ramales estratégicos) proporciona redundancia y mantiene presiones adecuadas en escenarios críticos; la selección de bombas y diámetros cumple los márgenes operativos definidos.

Finalmente, se concluye que el diseño propuesto satisface los requisitos técnicos necesarios para reducir la vulnerabilidad frente a incendios en la planta, facilita la implementación por fases y establece una base documental sólida para la aprobación por autoridades competentes. Se recomienda proceder con la validación in situ mediante pruebas hidrostáticas y de caudal, y adoptar un programa de mantenimiento preventivo y registros de conformidad para garantizar la operatividad continua del sistema.

Palabras claves

Sistema hidráulico contra incendios, Rociadores automáticos, Bomba contra incendios (NFPA 20), Densidad de descarga (NFPA 13), Modelación hidráulica.



RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)
FACULTY: SCIENCES
PROGRAM: CIVIL ENGINEERING

Title of the Degree Project:

**HYDRAULIC FIRE PROTECTION
DESIGN FOR A PLASTIC INDUSTRY,
GUAYAQUIL KM 10.5 DAULE
HIGHWAY.**

Authors: **Gabriel Antonio Arévalo Cervantes, Anthony Alexander Cuaces Vargas**

Tutor: **Ing. Luis Eduardo Moya Chávez**

Abstract

This research proposes the comprehensive design of a fire protection hydraulic system for the TRILEX Commercial Plant, located 10.5 kilometers on the Daule highway, aimed at mitigating the risks associated with the transformation and storage of polymers and other flammable materials.

The background section presents previous studies and audits conducted in plastic industry facilities, which have revealed deficiencies in hydraulic coverage, insufficient flow rates at critical points, and a lack of technical documentation to support the safe operation of fire protection systems.

The main objective is to develop and validate a hydraulic design based on applicable technical criteria that ensures the required flow rates and pressures, optimizes the selection of pumps and piping, and establishes verification, commissioning, and maintenance procedures. The design includes a calculation report, executive plans, equipment specifications, and a document management plan for approval and operation.

Using a quantitative approach and analytical, deductive, and modeling methods, the study calculated flow demands per design area, friction and local losses, total dynamic head, and required pump power. Hazen-Williams and Darcy-Weisbach formulas were applied for technical comparison, and hydraulic simulations were conducted to verify residual pressure at the most remote hose cabinet relative to the pump room and the performance of the selected pump curve.

The results show that the proposed topology (a loop with strategic branches) provides redundancy and maintains adequate pressure under critical scenarios; the selection of pumps and pipe diameters meets the defined operational margins.

In conclusion, the proposed design meets the technical requirements necessary to reduce fire vulnerability at the plant, facilitates phased implementation, and establishes a solid documentation base for approval by competent authorities. It is recommended to proceed with on-site validation through hydrostatic and flow tests, and to adopt a preventive maintenance program and compliance records to ensure continuous system operability.

Keys words

Fire-protection hydraulic system, Automatic sprinklers, Fire pump (NFPA 20), Design density (NFPA 13), Hydraulic modeling.

Índice de Contenido

Capítulo I: Introducción.....	17
1.1. Problema	20
<i>Antecedentes</i>	20
<i>Importancia y Alcance</i>	22
<i>Delimitación</i>	23
<i>Formulación del Problema</i>	25
<i>Justificación</i>	25
1.2. Objetivos.....	27
<i>Objetivo General</i>	27
<i>Objetivos Específicos</i>	27
Capítulo II: Fundamentos Teóricos	28
2.1. Redes hidráulicas en sistemas contra incendios.....	28
<i>Función y Objetivo</i>	28
<i>Topologías y criterios de selección</i>	29
<i>Cálculo de la demanda y verificación hidráulica</i>	30
<i>Materiales, constructibilidad y emplazamiento</i>	30
<i>Instrumentación, control y pruebas</i>	31
<i>Evidencia de eficacia y justificación técnica</i>	31
<i>Altura Manométrica Total (HMT)</i>	31
<i>NPSH (Net Positive Suction Head)</i>	31
<i>Pérdidas locales (hL)</i>	33
<i>Longitudes Iguales</i>	34
<i>Área Remota</i>	34

<i>Clasificación de Riesgos NFPA</i>	35
<i>Gabinetes Clase I, II y III</i>	36
<i>Autonomía Mínima de 120 Minutos</i>	36
<i>Pruebas hidrostáticas y pruebas de aceptación.</i>	37
<i>Topologías de red (línea, anillo, malla)</i>	37
<i>Materiales de Tubería (A53, A795, SCH 40, SCH 10, CPVC)</i>	38
<i>Uniones Victaulic y Uniones Roscadas</i>	38
<i>Simulación hidráulica</i>	38
<i>Validación del modelo</i>	39
2.2. Componentes y desempeño operativo.....	40
<i>Fuente de agua y tanques</i>	42
<i>Bombas contra incendios</i>	42
<i>Tubería y accesorios de red</i>	43
<i>Accesorios y equipos especiales</i>	43
<i>Operación, mantenimiento y disponibilidad.</i>	43
2.3. Marco normativo	44
<i>Recomendaciones sobre equipos y materiales</i>	45
<i>Condición de aceptación</i>	45
<i>Cláusulas contractuales y documentación exigida</i>	45
Capítulo III: Marco Metodológico.....	47
3.1. Hidráulica aplicada: fórmulas, criterios y verificación.....	49
<i>Diseño No Experimental – Descriptivo y Propositivo</i>	51
<i>Método Analítico</i>	51
<i>Método Deductivo</i>	52
<i>Método de Modelación y Simulación</i>	54

<i>Método Comparativo Normativo</i>	55
<i>Procedimiento Metodológico</i>	56
<i>Análisis Normativo</i>	56
<i>Cálculos Hidráulicos</i>	57
3.2. Modelación, Software y Validación	60
<i>Enfoque de modelación</i>	60
<i>Software utilizado</i>	61
<i>Parámetros de entrada del modelo</i>	61
<i>Procedimiento de validación</i>	62
<i>Resultados metodológicos</i>	62
Capítulo IV: Resultados	64
3.3. Descripción del Riesgo	65
3.4. Análisis Normativo	66
3.5. Diseño del Almacenamiento de Agua.....	67
3.6. Sistema de Bombeo.....	67
3.7. Diseño de Gabinetes, Hidrantes y Conexiones	68
<i>Caudal de diseño</i>	69
3.8. Diseño de la Red de Distribución	69
<i>Tubería de 2 ½”</i>	69
3.9. Resultados del Cálculo Hidráulico.....	74
3.10. Resultados de la Modelación Hidráulica	77
3.11. Síntesis del cumplimiento de los objetivos.....	79
Capítulo V: Cronograma.....	80
3.12. Descripción del Cronograma	81
<i>Actividad 1. Entrega del cronograma de obra (12 dic 2025)</i>	81

<i>Actividad 2. Coordinación para inducción del personal (1 dic 2025)</i>	81
<i>Actividad 3. Coordinación para ubicación del campamento (2 dic 2025)</i>	82
<i>Actividad 4. Instalación del campamento (8–10 dic 2025)</i>	82
<i>Actividad 5. Traslado de herramientas a campamento (10 dic 2025)</i>	82
<i>Actividad 6. Llegada de materiales a obra (11–15 dic 2025)</i>	82
<i>Actividad 7. Instalación del loop general de 8” (15–24 dic 2025)</i>	82
<i>Actividad 8. Instalación del loop secundario de 6” y 4” (5–16 ene 2026)</i>	82
<i>Actividad 9. Instalación de bajantes para Boca Toma de Incendios Equipada (13–26 ene 2026)</i>	82
<i>Actividad 10. Instalación de Boca Toma de Incendios Equipada (19–23 ene 2026)</i>	83
<i>Actividad 11. Pruebas y comisionamiento del sistema (16–20 feb 2026)</i>	83
<i>Actividad 12. Pruebas hidrostáticas del loop general (16–18 feb 2026)</i>	83
<i>Actividad 13. Entrega y recepción del sistema (19–23 feb 2026)</i>	83
<i>Actividad 14. Cierre final del proyecto (25 feb 2026)</i>	83
Capítulo VI: Presupuesto	84
Conclusiones	87
Recomendaciones	90
Referencias.....	93
Anexos	96

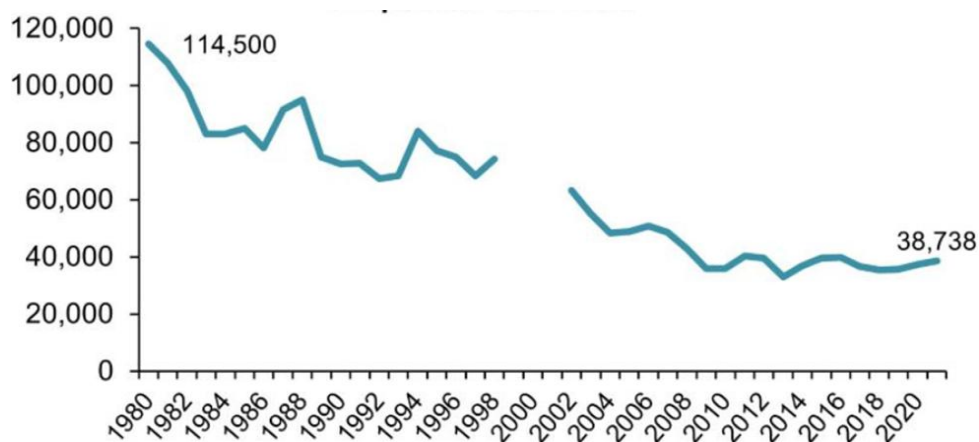
Capítulo I: Introducción

Las instalaciones industriales dedicadas a la transformación y almacenamiento de plásticos combinan alta carga combustible, además de procesos térmicos y equipos que incrementan la probabilidad de provocar incendios; por ello, la protección activa mediante sistemas hidráulicos (rociadores automáticos, hidrantes y bombeo) es una medida prioritaria para reducir daños humanos y materiales y garantizar la continuidad operativa. La evidencia técnica internacional respalda el hecho de que los sistemas automáticos como los rociadores disminuyen la extensión del fuego y las pérdidas asociadas, siempre que su diseño y verificación se realicen con criterios normativos y cálculos hidráulicos rigurosos (Barajas, 2022).

Como se muestra en la Figura 1, las pérdidas por incendios en propiedades manufactureras en Estados Unidos mostraron una reducción significativa entre 1980 y 2021, esto fue gracias a que se mejoraron las prácticas de ingeniería, la adopción de normas técnicas y el uso creciente de datos históricos para optimizar estrategias de protección y respuesta (National Fire Protection Association [NFPA], 2022).

Figura 1

Evolución de las pérdidas por incendios en propiedades manufactureras en EE. UU. (1980–2021).

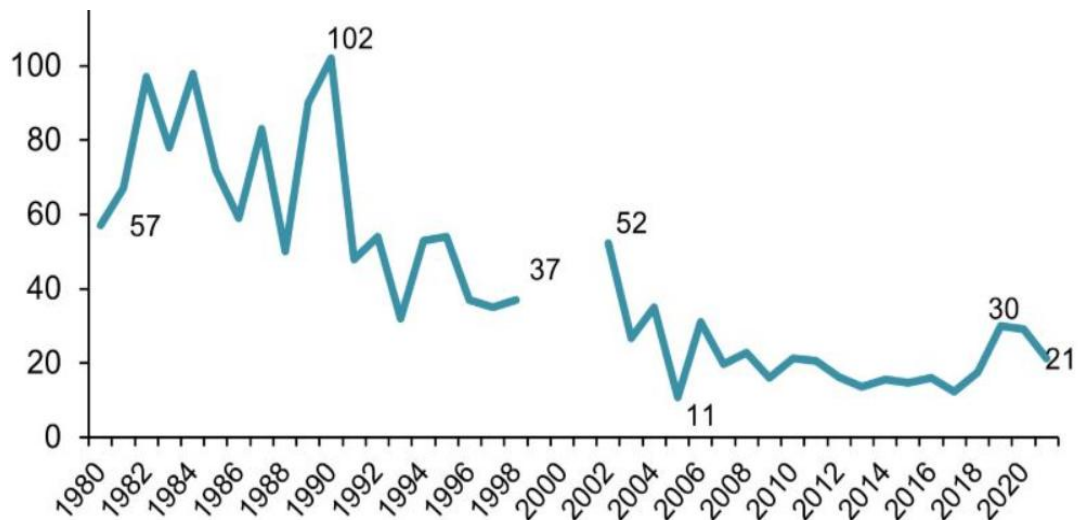


Fuente: National Fire Protection Association, 2021

De igual manera, en la figura 2 se visualiza una reducción en la muerte de civiles en plantas industriales manufactureras en Estados Unidos.

Figura 2

Resultados obtenidos: Reducción de muertes en plantas manufactureras en Estados Unidos (promedios anuales 2017–2021).



Fuente: National Fire Protection Association, 2021

Dentro del marco regulatorio ecuatoriano, la NEC-HS-CI se establecen aquellos requisitos mínimos para el diseño, instalación, operación y documentación de sistemas contra incendios, remitiendo en muchos casos a estándares internacionales como las normas NFPA para criterios de densidad, caudal y selección de bombas; por tanto, cualquier prediseño hidráulico debe demostrar conformidad con la NEC y justificar técnicamente las soluciones adoptadas ante las autoridades competentes (NEC-HS-CI; Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil, 2019). La exigencia documental (memoria de cálculo, planos, especificaciones y protocolos de prueba) es condición para la obtención de permisos y la certificación de conformidad por parte del Cuerpo de Bomberos.

A nivel local, la ocurrencia de incendios en el corredor industrial cercano con movilizaciones significativas de recursos de emergencia es prueba de la vulnerabilidad del área y la necesidad de intervenciones preventivas que reduzcan la magnitud de eventos similares; este contexto refuerza la urgencia de un prediseño hidráulico que sea técnicamente sólido y administrativamente aceptable (El Comercio, 2021).

La incorporación de un caso local como antecedente facilita la argumentación frente a autoridades y gerencia, y orienta la priorización de áreas críticas en la planta TRILEX.

Metodológicamente, el proyecto se centra exclusivamente en la hidráulica del sistema contra incendios: determinación de densidad de descarga y área de diseño (NFPA 13), cálculo de caudal total, pérdidas por fricción (Hazen-Williams o Darcy-Weisbach), determinación de la altura manométrica total y selección de bomba conforme a NFPA 20, y protocolos de inspección y mantenimiento según NFPA 25; la modelación hidráulica y las hojas de cálculo normativas serán las herramientas principales para verificar presiones en el rociador más desfavorable y documentar supuestos y márgenes de seguridad (National Fire Protection Association, 2022).

Finalmente, la propuesta adopta una implementación por fases que prioriza las zonas de mayor riesgo y se ajusta a restricciones presupuestarias: cada etapa incluirá prediseño, instalación mínima operativa, pruebas hidrostáticas y de rendimiento de bomba, capacitación del personal y registro documental para la aprobación administrativa. La propuesta y su análisis permitirán validar técnicamente cada fase y facilitarán la toma de decisiones estratégicas y la obtención de permisos (Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil, 2019; Barajas, 2022).

1.1. Problema

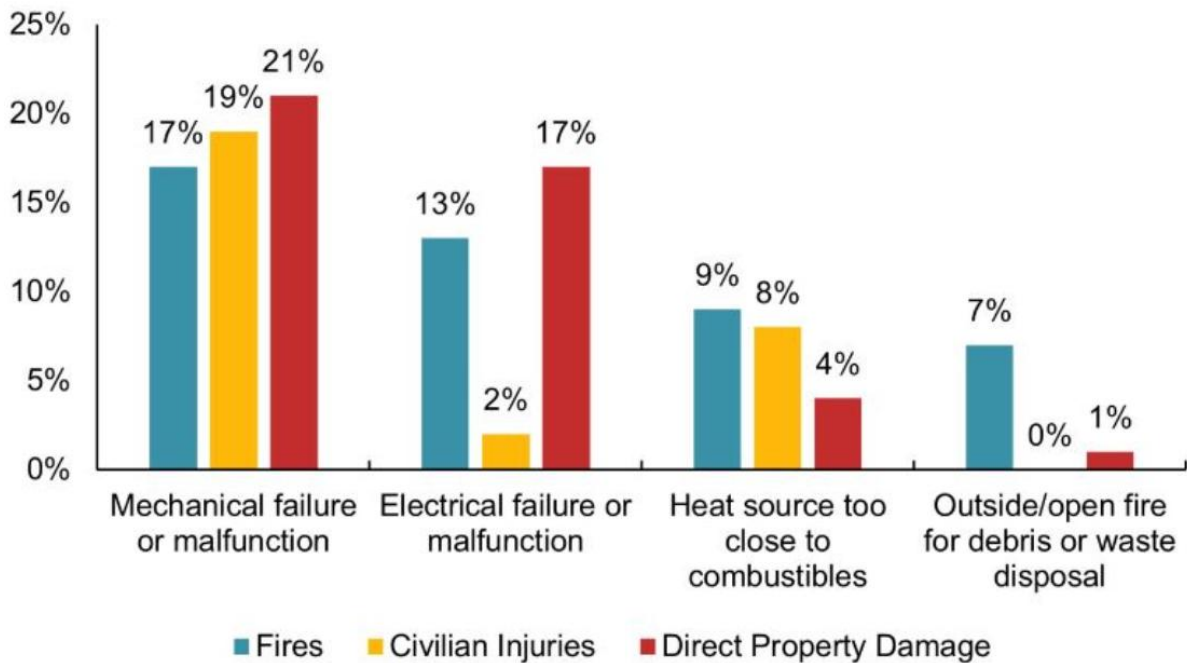
Antecedentes

Las series históricas presentadas, correspondientes a incendios en instalaciones industriales, muestran una disminución continua en número e importe de pérdidas durante las últimas décadas, atribuible a mejoras en prevención, diseño y protección activa. Estos datos sirven como referencia para estimar el potencial de las medidas técnicas en contextos industriales similares y justifican la inversión en sistemas hidráulicos como solución costo-efectiva para reducir pérdidas en plantas manufactureras. Esta tendencia refleja la consolidación de prácticas de ingeniería, la adopción de códigos y la incorporación de datos reales sobre conatos e incidentes históricos para optimizar estrategias de protección y respuesta (National Fire Protection Association, 2022).

Los análisis técnicos sobre las causas de incendios industriales identifican fallas de equipos, sobrecalentamiento de procesos y problemas eléctricos como las causas más frecuentes; esta información orienta la priorización de zonas críticas (líneas de proceso térmico, áreas de almacenamiento, tableros eléctricos) y la selección de densidades y áreas de diseño hidráulico que controlen los escenarios de fuego más probables. Para fundamentar estas decisiones de diseño y priorización de riesgos, se recomienda apoyarse en manuales técnicos y referencias consolidadas en ingeniería de protección contra incendios, como el *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, que ofrece criterios de evaluación de causas, metodologías de análisis de riesgo y guías para la determinación de densidades de descarga y áreas de diseño aplicables a la industria (Hurley et al., 2016). En el diseño operativo, estos resultados respaldan el uso de criterios de protección diferenciada según el riesgo operativo y la criticidad de las áreas.

Figura 3

Estructura de incendios en propiedades industriales por factor contribuyente a la ignición (promedios anuales 2017–2021).



Fuente: National Fire Protection Association, 2021

La literatura de sistemas automáticos de extinción señala que los rociadores bien diseñados y mantenidos controlan la mayoría de los incendios en su etapa inicial, disminuyendo muertes, lesiones y daños a la propiedad; incluso los datos muestran que en muchos siniestros solo se activaron uno o pocos cabezales para controlar el fuego, justificando su inclusión en el prediseño hidráulico (National Fire Protection Association, 2021). Estos resultados refuerzan la necesidad de registrar en la memoria técnica la fiabilidad operativa y los programas de mantenimiento.

En el aspecto legal, la normativa ecuatoriana ha ido estableciendo a la NEC-HS-CI como marco de documentación técnica y de referencia a estándares NFPA para criterios de diseño (densidad, bombas, pruebas); por lo cual, el prediseño hidráulico debe certificar el

cumplimiento técnico-administrativo y registrar justificaciones en caso de soluciones alternativas o por etapas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2023; Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil, 2019). La normativa hace que la memoria de cálculo y los protocolos de prueba sean determinantes para la aprobación.

A nivel local, los últimos incidentes en el corredor vía a Daule, como el incendio de una recicladora que movilizó a todas las unidades de emergencia, demuestran su vulnerabilidad operativa y la necesidad de medidas preventivas que minimicen el impacto de eventos similares; estos casos previos justifican una implementación por etapas para realizar pruebas operativas sin detener la producción e incluir capacitación y mantenimiento en el paquete técnico (El Comercio, 2021).

Importancia y Alcance

El diseño y la implementación de un sistema hidráulico contra incendios en la planta TRILEX tiene una importancia estratégica que va más allá de solo reducir pérdidas materiales; es poder garantizar y proteger la vida del personal, asegurando la continuidad operativa y mejorando la posición de la empresa frente a aseguradoras y autoridades regulatorias.

Un prediseño técnico-normativo que demuestre estar acorde con la NEC-HS-CI y los criterios NFPA ayudará en la obtención de permisos y reducir riesgos administrativos, además de servir como evidencia de responsabilidad en procesos de auditoría y contratación de seguros (Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil, 2019; Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2023).

En cuanto a lo operativo y a la gestión del riesgo, el diseño planteado aporta beneficios concretos: disminución de interrupciones operativas prolongadas, reducción de costos asociados a siniestros y fortalecimiento de capacidades internas mediante programas de

capacitación y mantenimiento. La ejecución por etapas facilita la resolución progresiva de problemas y la adaptación a condiciones reales de operación, permitiendo ajustar parámetros hidráulicos (curva de bomba, diámetros) y registrar datos operativos que mejoran la toma de decisiones y la posibilidad de replicar la solución en otras plantas (Hurley et al., 2016).

En términos financieros, el prediseño y la priorización de acuerdo con los riesgos ofrecen una ruta costo-efectiva para la empresa: enfocar los recursos en áreas críticas, reduciendo la exposición por unidad de gasto y permitiendo destinar recursos sin comprometer la seguridad mínima operativa. La memoria de cálculo y el paquete documental (planos, especificaciones, protocolos de prueba) son insumos clave para estimar costos, negociar financiamiento y justificar fases de inversión ante la gerencia y autoridades.

El alcance del estudio se delimita a los aspectos hidráulicos del sistema contra incendios: evaluación de fuentes de agua, determinación de densidad de descarga y área de diseño conforme a NFPA 13, cálculo de caudal total y pérdidas por fricción (Hazen-Williams/Darcy-Weisbach), determinación de la altura manométrica total y selección preliminar de bomba conforme a NFPA 20, dimensionamiento de tuberías, y elaboración de la memoria de cálculo, planos hidráulicos y protocolos de prueba.

Quedan fuera del alcance el diseño eléctrico del sistema de bombeo, los sistemas de detección y alarma, y obras civiles no relacionadas directamente con el soporte hidráulico, salvo las interfaces necesarias para la instalación del tanque y la bomba (National Fire Protection Association, 2020).

Delimitación

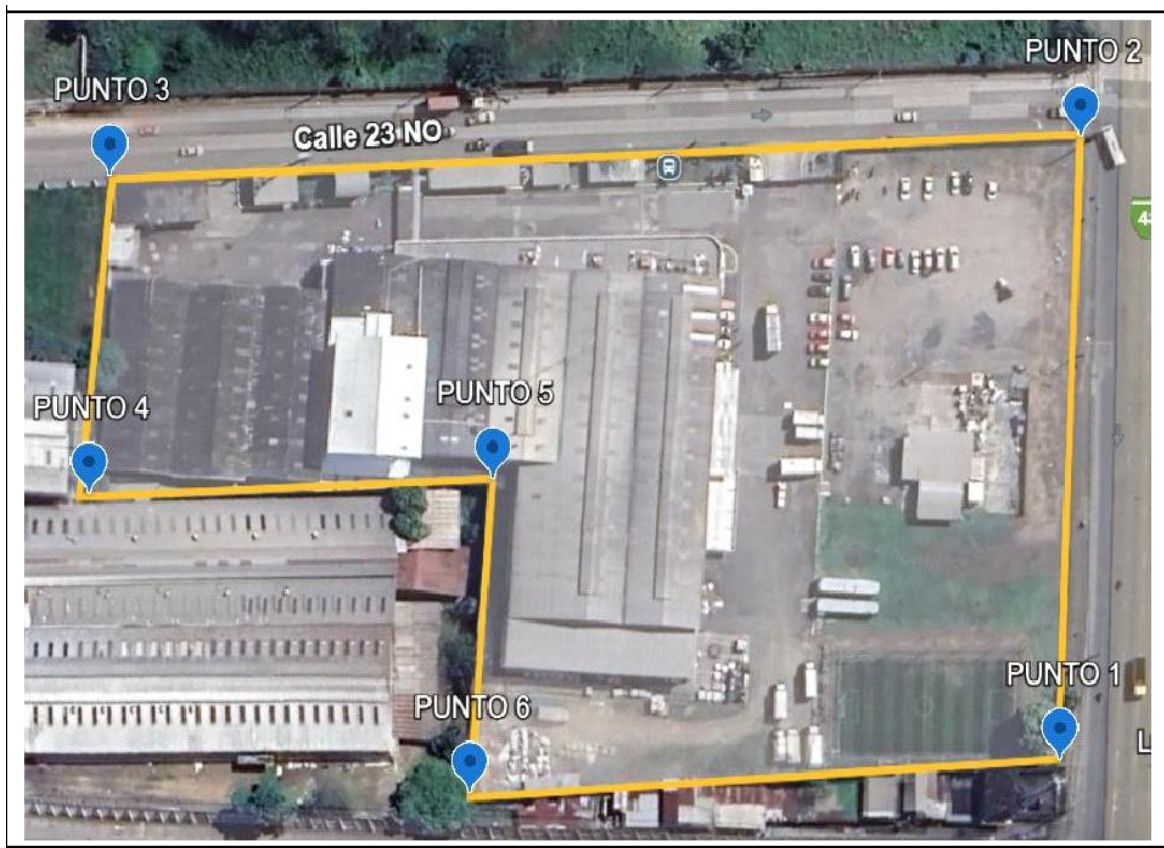
La delimitación espacial y temporal se centra en la planta TRILEX, km 10.5 vía a Daule (Guayaquil), av. Camilo Ponce Enríquez y calle 23c, y en las áreas internas de mayor riesgo identificadas.

Datos del proyecto:

- RUC: 0990013160001
- Razón Social: Industrial Y Comercial Trilex C.A.
- Código Catastral: 60-9-10-0-0-0-1, 60-9-9-0-0-0-1
- Nombre de la edificación: Industrial Y Comercial Trilex C.A.
- Uso de la edificación: Fábrica, Oficinas Y Bodegas.

Figura 4

Ubicación del proyecto: Industria TRILEX



Fuente: Google Earth

Tabla 1

Datos de cada punto de la planta

PUNTOS	UBICACIÓN DE PUNTOS EN COORDENADAS	ELEVACIÓN DE PUNTOS
Punto 1	2°06'50"S 79°55'59"W	16,56 m
Punto 2	2°06'47"S 79°56'00"W	17,28 m
Punto 3	2°06'48"S 79°56'06"W	20,98 m
Punto 4	2°06'50"S 79°56'06"W	20,72 m
Punto 5	2°06'50"S 79°56'03"W	19,51 m
Punto 6	2°06'51"S 79°56'03"W	19,11 m

Fuente: Google Earth

Formulación del Problema

¿Cómo diseñar un sistema de protección contra incendios para la planta TRILEX (km 10,5 vía a Daule, Guayaquil) que cumpla la normativa nacional e internacional, permita una implementación por fases y garantice la seguridad operativa y la viabilidad económica?

Justificación

El prediseño hidráulico proporciona datos reales que se emplearán de forma estratégica en la toma de decisiones, sobre todo, aquellas que demanden recursos financieros y es que, considerando cálculos y escenarios de riesgo se pueden proyectar reducciones en pérdidas económicas y tiempos de inactividad, convirtiendo la propuesta técnica como una base financiera a considerar para la administración de la empresa y posibles inversores (National Fire Protection Association).

El estudio es una herramienta de mitigación contractual y de seguros: un prediseño certificado refuerza la postura de la empresa ante inspecciones y procesos de reclamación y

disminuye la incertidumbre técnica que suele determinar primas y coberturas (Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil, 2019; National Fire Protection Association).

Diversos estudios regionales han demostrado que las pérdidas económicas asociadas a incendios industriales en Latinoamérica superan los 1.200 millones de dólares anuales, principalmente por fallas en sistemas de detección temprana y abastecimiento hidráulico insuficiente. Este contexto evidencia la necesidad de prediseños basados en normas internacionales y metodologías verificables que garanticen continuidad operativa y protección de activos críticos (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2021)

Desde la operación hasta la implementación por etapas, es posible crear capacidad interna y gobernanza técnica, ya que cada fase incluye pruebas, registros y capacitación que profesionalizan la operación y el mantenimiento, reduciendo la dependencia de asesorías externas y permitiendo calibrar parámetros hidráulicos en función de datos reales recogidos en las pruebas (Frank et al., 2013).

El proyecto genera valor público y reputacional: al disminuir la probabilidad y magnitud de incendios, se protege a la comunidad colindante y se reducen los riesgos asociados a emergencias industriales; además, la sistematización del prediseño genera un caso replicable y fortalece las capacidades técnicas locales (El Comercio, 2021; National Fire Protection Association).

Las memorias de cálculo, planos y datos planteados ayudarán a mantener la legitimidad y trazabilidad técnica, permitiendo la evaluación constante, la planificación de futuras inversiones y la medición del desempeño a través de indicadores; transformando la propuesta en una herramienta de gestión de riesgo (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2023; Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil, 2019).

1.2. Objetivos

Objetivo General

Diseñar un prediseño hidráulico del sistema de protección contra incendios para la planta de plásticos ubicada en el km 10.5 de la vía a Daule (Guayaquil), conforme a la normativa vigente (NEC-HS-CI y normas NFPA 13, 14, 20 y 25), que garantice la seguridad del personal, la continuidad operativa, la protección de los bienes y la obtención de los permisos de funcionamiento emitidos por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil.

Objetivos Específicos

- **Evaluar el predio y las condiciones operativas** para identificación de zonas críticas y recopilación de datos necesarios que permitan el cálculo y dimensionamiento de la red hidráulica, equipos y accesorios conforme a NFPA y NEC-HS-CI, asegurando funcionalidad y eficiencia.
- **Elaborar la documentación técnica** que respalde la ejecución del sistema y sirva como soporte para la obtención y regularización de permisos ante las autoridades competentes.
- **Desarrollar el presupuesto referencial y el plan de implementación de la fase I,** detallando costos de materiales, equipos y mano de obra, así como cronograma y criterios de priorización para la implementación de la obra sin comprometer la operación.

Capítulo II: Fundamentos Teóricos

2.1. Redes hidráulicas en sistemas contra incendios

Desde el punto de vista de la ingeniería, el control de la red hidráulica contra incendios es una elección determinante en el diseño y operación de plantas del sector plástico, ya que con ello se protege la planta, se protege la vida de los trabajadores y se garantiza la continuidad de la operación.

Para Comercial TRILEX, tener un sistema hidráulico contra incendios no es solo un requisito legal, sino una inversión para la sostenibilidad de la planta y la prevención de un riesgo inherente a la transformación de polímeros.

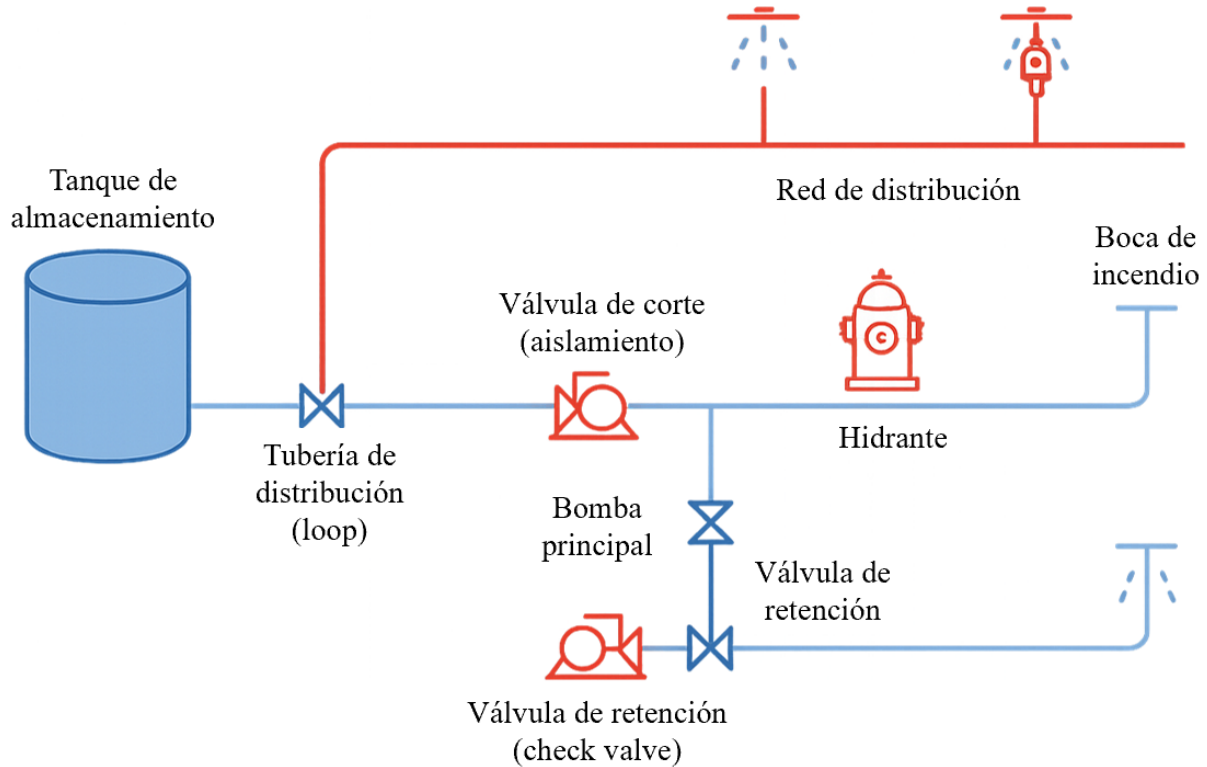
Los datos técnicos y las revisiones de eficacia de sistemas de rociadores y la práctica de pruebas y mantenimiento documentadas en la literatura justifican la inversión en redes hidráulicas bien diseñadas y mantenidas por su capacidad para controlar incendios y reducir pérdidas y tiempos de inactividad (Frank et al., 2013; Hurley et al., 2016).

Función y Objetivo

La red hidráulica debe ser capaz de suministrar agua en forma continua y con las presiones y caudales requeridos en el punto más desfavorable, permitir maniobras de aislamiento y pruebas sin pérdida de protección y facilitar el mantenimiento y las alteraciones (NFPA 13, 2019). La demanda de diseño para sistemas de rociadores se calcula con el método densidad por área, que define la capacidad del tanque y la bomba (NFPA 13, 2019).

Figura 5

Esquema general del sistema hidráulico contra incendios



Fuente: Autoría propia

Topologías y criterios de selección

Las topologías comunes son en forma de rama (branch), anillo/loop y malla.

El diseño en anillo proporciona redundancia hidráulica y menor variación de presión en puntos distantes, por lo que se implementa con mayor frecuencia en plantas con alta carga combustible; en contraste, el ramal resulta más económico para sistemas pequeños, pero ofrece menor resiliencia operativa y menor capacidad de mantener presiones estables ante fallas o demandas puntuales (NFPA 13; O'Connor, 2024). La elección deberá considerar la continuidad de servicio, la facilidad de mantenimiento, las pérdidas hidráulicas estimadas y las limitaciones constructivas del sitio.

Cálculo de la demanda y verificación hidráulica

El caudal de diseño se determina a partir de la densidad requerida y el área de diseño establecida por la norma. La verificación hidráulica requiere comprobar la altura manométrica total (HMT), que incluye la altura geométrica, las pérdidas por fricción en tramos y accesorios, las pérdidas localizadas y el margen de seguridad exigido por NFPA 20 y NFPA 13. La selección del “área remota” hidráulicamente más demandante puede implicar el análisis de múltiples ubicaciones alternativas para determinar el punto de diseño (NFPA 13, 2019).

$$Q = D \times A_d$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (L/min)

D: Densidad de aplicación (L/min·m²)

A_d: Área de diseño (m²)

Materiales, constructibilidad y emplazamiento.

La elección de los materiales (acero al carbono revestido, acero inoxidable, tubería galvanizada o CPVC para usos particulares) dependerá de su resistencia a la corrosión, compatibilidad con el agua de servicio y vida útil esperada, ya que la rugosidad afecta las pérdidas por fricción utilizadas en los cálculos (White, 2016; Barajas, 2022).

Las bases del cuarto de bombas, soportes y accesos de mantenimiento se proyectarán para cargas dinámicas y vibraciones de equipos, y para permitir pruebas y reparaciones (Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil, 2019).

Instrumentación, control y pruebas

Es conveniente colocar manómetros en puntos estratégicos, medidor de caudal en la descarga de la bomba, válvulas de seccionamiento y válvulas de prueba para permitir ensayos periódicos de diagnóstico. Los requisitos de inspección, prueba y mantenimiento (ITM) se especifican en NFPA 25 y se deben incluir en la memoria técnica y en los protocolos de aceptación (NFPA 25, 2017).

Evidencia de eficacia y justificación técnica

La literatura técnica y los datos estadísticos demuestran que los sistemas hidráulicos correctamente diseñados y mantenidos reducen la magnitud de los incendios y las pérdidas en instalaciones industriales, lo que justifica la inversión en prediseños certificados y en programas de inspección, prueba y mantenimiento (ITM) (National Fire Protection Association, 2022; Frank, Gravestock, Spearpoint, & Fleischmann, 2013; FM Global, 2019).

Altura Manométrica Total (HMT)

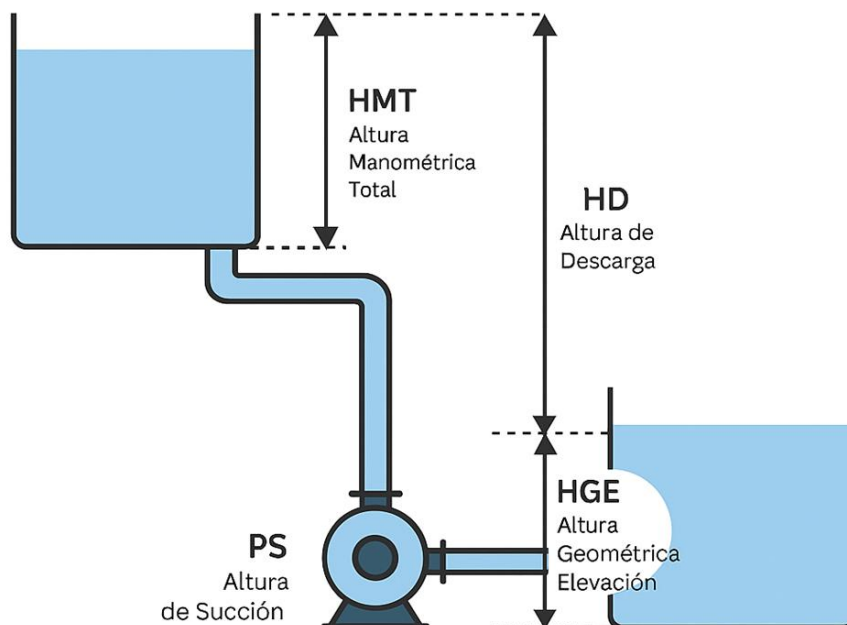
La altura manométrica total (HMT) es la energía que una bomba debe agregar para hacer que un sistema hidráulico funcione. Este valor resume todas las pérdidas de energía que sufre el fluido desde la succión hasta la descarga, tales como fricción en tuberías, pérdidas localizadas en accesorios, diferencia geométrica de nivel y la presión residual requerida en el punto de servicio.

En el ámbito de la protección contra incendios, la HMT asegura que el agua alcance el rociador o hidrante más desfavorable con la presión mínima establecida por la normativa. Según Streeter y Wylie (2017), este parámetro es la base del diseño de bombeo, ya que resume en un solo número las características hidráulicas internas y la influencia de la topografía del sistema.

La norma NFPA 20 indica que la bomba contra incendios debe ser capaz de proporcionar la HMT en condiciones de máxima demanda (cuando operan gabinetes y monitores simultáneamente). Una correcta determinación de la HMT previene deficiencias de presión, fenómenos de cavitación y el sobredimensionamiento del sistema (Streeter & Wylie, 2017). A continuación, se presenta una figura que ilustra lo mencionado:

Figura 6

Componentes esenciales de la Altura Manométrica Total (HMT)



Fuente: Autoría propia

NPSH (Net Positive Suction Head)

La altura neta positiva de succión (NPSH) es un índice crucial para el diseño de sistemas de bombeo que se refiere a la energía disponible en la entrada de la bomba para prevenir la cavitación. Esta altura se obtiene sumando la presión absoluta en la línea de succión, la presión de vapor del líquido y las pérdidas por fricción en la tubería de succión.

En protección contra incendios, asegurar un NPSH requerido implica que la bomba

pueda funcionar en forma continua sin cavitación que dañe sus partes o disminuya su eficiencia hidráulica. Autores como Gülich (2010) y Fox & McDonald (2015) mencionan que el NPSH es importante para la fiabilidad del sistema, ya que un valor equivocado puede causar fallos prematuros y poner en riesgo la seguridad de funcionamiento.

La norma NFPA 20 requiere que las bombas contra incendios tengan suficiente NPSH disponible para mantener el flujo y la presión en condiciones máximas de demanda. Una buena estimación de este valor nos permite elegir la bomba adecuada y diseñar la línea de succión con las dimensiones y accesorios adecuados, minimizando el riesgo de cavitación y garantizando la disponibilidad del sistema en caso de emergencia (Gülich, 2010; Fox & McDonald, 2015).

Pérdidas locales (hL)

Las pérdidas locales (h_L) son la energía que pierde el fluido al pasar por accesorios, válvulas, codos, reducciones, etc., que se encuentren en la red hidráulica.

A diferencia de las pérdidas por fricción en tuberías rectas, estas pérdidas se dan en singularidades (cambios abruptos en dirección o velocidad) y se cuantifican con coeficientes de pérdida propios de cada accesorio.

En sistemas contra incendios, el cálculo de pérdidas localizadas es esencial para asegurar que la presión disponible en los puntos de descarga sea suficiente.

Autores como Streeter (1998) y Fox & McDonald (2015) indican que estas pérdidas pueden llegar a consumir una fracción considerable de la altura manométrica total, en particular en sistemas con muchos accesorios o ramificaciones.

Una buena estimación de las pérdidas locales ayuda a ajustar el tamaño de la bomba y la tubería para evitar pérdidas de presión que afecten el desempeño de rociadores y gabinetes.

Además, la norma NFPA 13 sugiere que estos valores se incluyan en la memoria de cálculo para garantizar que el sistema se encuentre dentro de los márgenes de seguridad requeridos y conserve su fiabilidad en condiciones de demanda máxima (Streeter, 1998; Fox & McDonald, 2015).

Longitudes Iguales

La longitud equivalente es una forma de expresar las pérdidas locales como si se tratara de una cierta longitud ficticia de tubería recta que causaría la misma pérdida de energía. Este método facilita los cálculos hidráulicos y es muy utilizado en modelación de redes. Según Idelchik (2008), cada accesorio tiene una longitud equivalente que es función de su geometría y del régimen de flujo, con lo cual todas las pérdidas se pueden sumar en una sola fricción.

En protección contra incendios, las longitudes equivalentes se utilizan para modelar redes complejas con muchos accesorios. Los softwares de cálculo según NFPA usan tablas estandarizadas de longitudes equivalentes para asegurar la exactitud en la simulación (Idelchik, 2008).

Área Remota

Área remota: es la parte del sistema de rociadores que se toma para los cálculos hidráulicos como el sector más desfavorable en cuanto a demanda de agua. La NFPA 13; el área remota es el área donde se espera que se descarguen simultáneamente varios rociadores (12) en caso de incendio. Como explica Klote (2012), con este concepto se puede dimensionar la red para condiciones reales de incendio, sin sobredimensionar ni correr el riesgo de insuficiencia hidráulica.

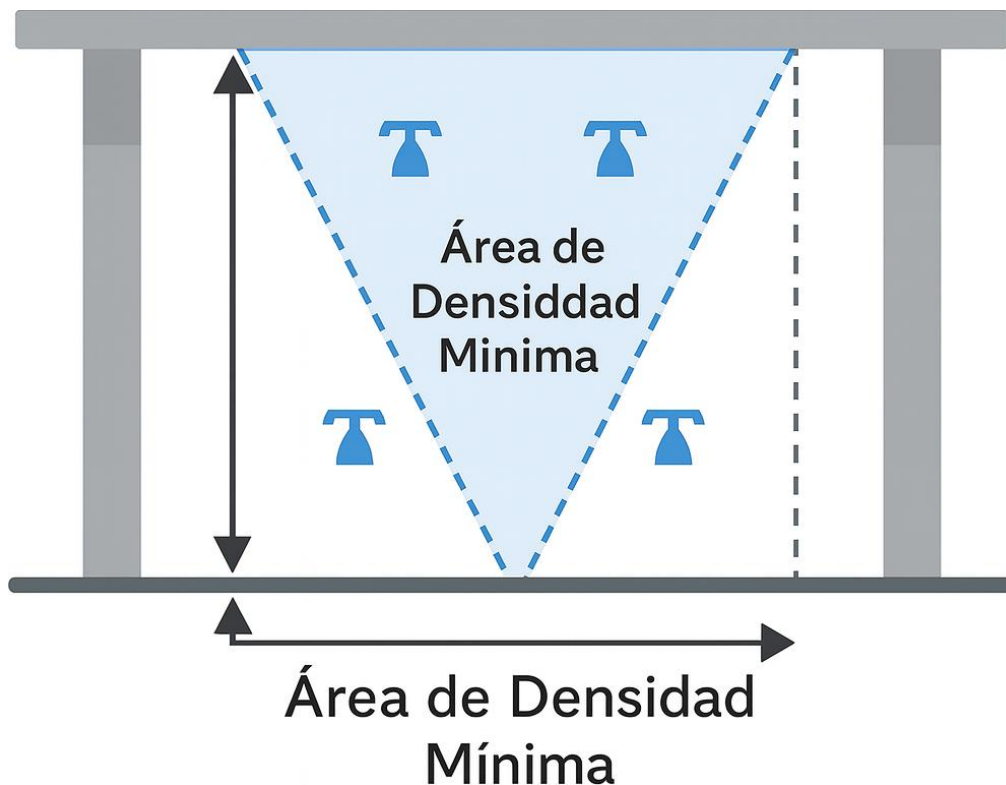
La elección del área alejada dependerá del tipo de riesgo, la altura del edificio, la carga de combustibles y la presencia de obstrucciones. Una estimación errónea del área lejana puede

afectar la capacidad del sistema para controlar un incendio en su etapa inicial (Klote, 2012).

Los fabricantes de sistemas de rociadores también recomiendan representar gráficamente el área remota para facilitar la verificación de cobertura, distancias y obstrucciones. Estas representaciones permiten validar que la geometría del techo, las vigas y los elementos estructurales no afecten la descarga efectiva del rociador más desfavorable (Viking Group, 2020). La figura 7 ilustra el Área Remota explicada:

Figura 7

Área Remota en sistemas de rociadores según NFPA



Fuente: Autoría propia

Clasificación de Riesgos NFPA

La NFPA 13 divide los riesgos en Ligero, Ordinario (1 y 2) y Extra, en función de la carga de combustible, la ocupación y la velocidad de propagación del fuego. Esta clasificación define la densidad de aplicación, el área distante y el tipo de rociador necesario.

Como aclara Drysdale (2011), la clasificación de riesgos permite anticipar el comportamiento del fuego y definir las medidas de control apropiadas.

En lugares industriales como TRILEX, una clasificación de riesgo adecuada asegura que el sistema de red de BIES (Boca Toma de Incendios Equipada) pueda controlar incendios en plásticos, materiales de alta carga térmica y propagación veloz (Drysdale, 2011).

Gabinetes Clase I, II y III

La NFPA 14 divide los gabinetes en clases, según el tipo de manguera y el grado de entrenamiento necesario para usarlas. Los gabinetes Clase I están destinados a bomberos y usan mangueras de 2½". Los de Clase II están destinados a usuarios capacitados y emplean mangueras de 1½". Los de Clase III mezclan los dos tipos. Como indica Grimwood (2015), esta clasificación asegura que los equipos de primera respuesta tengan el equipo apropiado para la fase inicial del incendio. En entornos industriales, el tipo de gabinete a elegir dependerá del riesgo, la accesibilidad y la estrategia de respuesta interna (Grimwood, 2015).

Autonomía Mínima de 120 Minutos

La NFPA 20 requiere que los sistemas de bombeo tengan una fuente de agua capaz de abastecer la demanda por al menos 120 minutos en riesgos industriales. Este criterio está fundamentado en la experiencia de que la fase crítica de control puede prolongarse por más de una hora en edificaciones con alta carga combustible. Cote (2012) menciona que la autonomía garantiza que el sistema continúe operando incluso si el incendio se extiende o si la respuesta externa se demora. Esta exigencia se vuelve crítica en plantas industriales aisladas o con escasas fuentes alternativas (Cote, 2012).

Pruebas hidrostáticas y pruebas de aceptación.

Las pruebas hidrostáticas confirman la integridad estructural de la red al someterla a una presión superior a la de trabajo durante un tiempo específico. La NFPA 13 requiere 200 psi por 2 horas. Según Puchovsky (2014), estas pruebas son capaces de identificar fugas, fallas en la instalación y estructurales antes de la puesta en marcha.

Las pruebas de aceptación comprenden pruebas de flujo, pruebas de bomba y verificación de alarmas, para confirmar que el sistema opera como fue diseñado (Puchovsky, 2014).

Topologías de red (línea, anillo, malla)

Las redes en ramal son sencillas y baratas, pero con grandes diferencias de presión. Las redes anilladas pueden ser alimentadas en dos direcciones y así mejorar su estabilidad hidráulica. Las redes malladas son redundantes y distribuyen uniformemente las presiones, adecuadas para plantas industriales. Según AWWA (2018), la topología impacta directamente la confiabilidad del sistema.

En protección contra incendios se prefieren las redes en anillo y en malla porque pueden mantener presión incluso con fallas parciales (AWWA, 2018).

Estudios realizados recientemente, sobre corrosión interna en tuberías de acero utilizadas en sistemas contra incendios, indican que la selección del recubrimiento y el control de la calidad del agua influyen directamente en la vida útil del sistema. La evidencia técnica sugiere que los sistemas con recubrimientos epóxicos presentan menores pérdidas de rugosidad con el tiempo (FM Global, 2020).

Materiales de Tubería (A53, A795, SCH 40, SCH 10, CPVC)

Los materiales en sistemas contra incendios deben ser resistentes mecánicamente, a la corrosión y estar listados UL/FM. El acero A53 y A795 son los más comunes por su resistencia y compatibilidad con conexiones mecánicas. El CPVC se aplica en riesgos leves por ser resistente químicamente y de fácil instalación. Según Vieillard-Baron (2016), el material determina la rugosidad interna y, por lo tanto, las pérdidas por fricción.

El espesor Schedule 40 es el más común en las redes troncales, y Schedule 10 se emplea en grandes diámetros para disminuir el peso y el costo (Vieillard-Baron, 2016).

Estudios recientes sobre corrosión interna en tuberías de acero utilizadas en sistemas contra incendios indican que la selección del recubrimiento y el control de la calidad del agua influyen directamente en la vida útil del sistema. La evidencia técnica sugiere que los sistemas con recubrimientos epóxicos presentan menores pérdidas de rugosidad con el tiempo (FM Global, 2020)

Uniones Victaulic y Uniones Roscadas

Las conexiones mecánicas Victaulic ofrecen un montaje rápido, absorben vibraciones y facilitan el mantenimiento. Son muy comunes en sistemas contra incendios por estar certificadas UL/FM. Según Smith (2013), estas conexiones disminuyen los tiempos de instalación y aumentan la flexibilidad del sistema.

Las uniones roscadas se aplican en pequeños diámetros y exigen más cuidado en el montaje. Son más propensos a fugas si no se instalan adecuadamente (Smith, 2013).

Simulación hidráulica

La modelización hidráulica simula el comportamiento del sistema en condiciones variables de demanda. Usa algoritmos de resolución de redes como Hardy Cross o matriciales.

Según Walski (2001), la simulación es una herramienta para encontrar puntos críticos, optimizar diámetros y verificar la selección de bombas.

En sistemas contra incendios, la simulación es un requisito para asegurar que la presión mínima se satisfaga en el punto más desfavorable (Walski, 2001).

Validación del modelo

La verificación implica comparar los resultados de la simulación con cálculos manuales, datos de campo o criterios normativos. Según Shamir y Howard (2010), un modelo verificado debe de reproducir el comportamiento real del sistema dentro de márgenes aceptables.

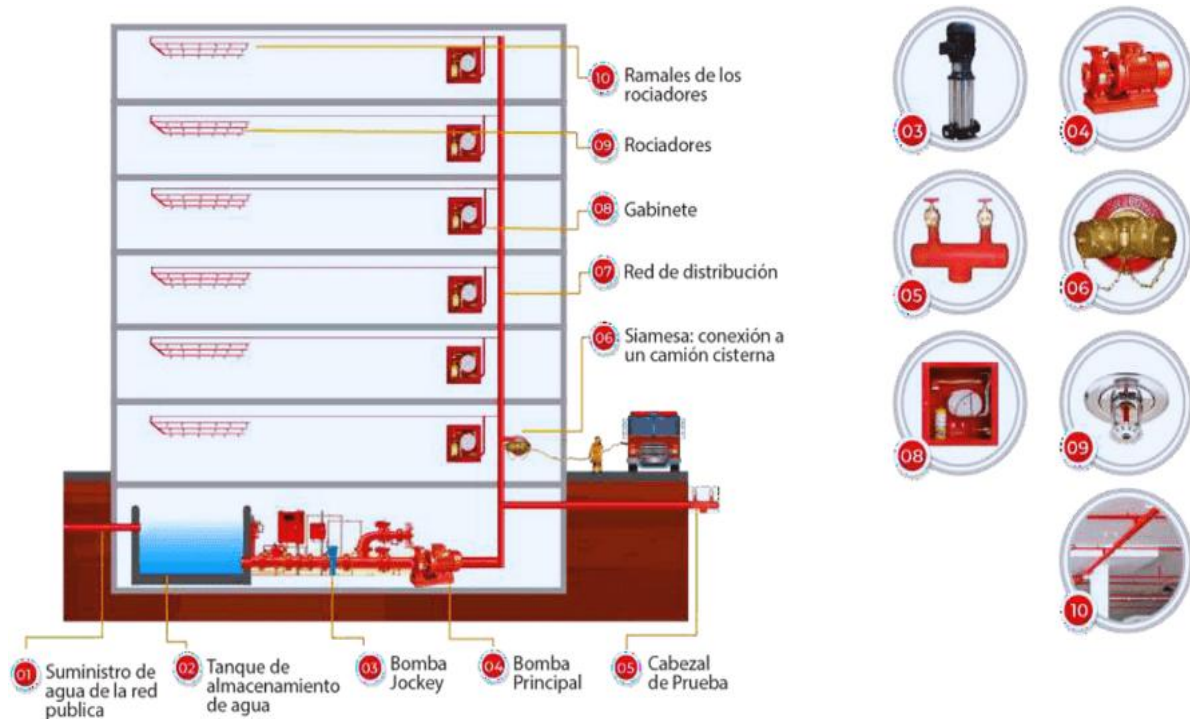
En seguridad contra incendios, la verificación asegura que el software no solo calcule correctamente, sino que refleje con precisión la red instalada (Shamir & Howard, 2010).

La literatura especializada recomienda complementar la validación hidráulica con pruebas de sensibilidad y verificación cruzada entre distintos métodos de cálculo, lo que permite identificar discrepancias entre modelos y asegurar que los resultados cumplan con los márgenes de tolerancia establecidos por NFPA (AWWA, 2020).

2.2. Componentes y desempeño operativo

Figura 8

Componentes del sistema



Fuente: Corporación Adesur

A nivel constructivo, los trabajos en los sistemas contra incendios incluyen el diseño de cimentaciones para cuartos de bombas y tanques, soportes metálicos, canalizaciones subterráneas y conexiones a las fuentes de suministro. Por lo que es necesario elegir materiales resistentes a la corrosión, vibraciones, presión interna y cambios de temperatura.

A esto hay que añadirle la presión remanente, el caudal mínimo necesario y las condiciones topográficas para garantizar el rendimiento hidráulico y, en zonas industriales como la vía a Daule, donde hay desniveles y mallas comunes, la calibración de presiones y válvulas de alivio es vital para prevenir fallas.

En las siguientes figuras se puede apreciar un esquema general de un sistema hidráulico contra incendios, en el que se encuentran los elementos principales: tanque de almacenamiento de agua, las válvulas de control y la red de tuberías del sistema. Este sistema da una respuesta rápida ante cualquier emergencia, reduciendo el riesgo de conatos de incendios mayores.

Figura 9

Componentes principales de captación, bombeo y distribución de agua para protección contra incendios



Fuente: Autoría propia

Figura 10

Tanque de almacenamiento y captación de agua



Fuente: Autoría propia

Fuente de agua y tanques

El tamaño del tanque se determina por el tiempo de diseño y la demanda hidráulica (densidad \times área). La posición del tanque (elevado o a nivel) condiciona la presión estática disponible y la succión de la bomba; además, debe considerarse la recarga y la fiabilidad de la fuente alternativa para garantizar continuidad de servicio y cumplimiento normativo (National Fire Protection Association, 2019).

Bombas contra incendios

La elección y verificación de bombas sigue la NFPA 20: la curva de la bomba debe abarcar el caudal de diseño y la HMT con margen operativo; las pruebas de aceptación

incluyen puntos al 100% y 150% de la capacidad nominal y pruebas de arranque y parada. Se debe proveer redundancia (N+1) cuando la continuidad de operación sea crítica (NFPA 20, 2019).

Tubería y accesorios de red

El dimensionamiento de la red se puede realizar mediante la fórmula de Hazen-Williams (común en aplicaciones de agua potable y contra incendios) o mediante la ecuación de Darcy-Weisbach (más general y precisa para amplios rangos de Reynolds); en ambos enfoques es imprescindible considerar pérdidas equivalentes por accesorios y longitudes equivalentes en el modelado hidráulico. Los fundamentos de mecánica de fluidos y las recomendaciones prácticas para cálculo de pérdidas y selección de diámetros se encuentran en textos de referencia sobre hidráulica y en capítulos específicos del *SFPE Handbook*, que también discuten criterios de tolerancia, márgenes de seguridad y verificación mediante simulación hidráulica (White, 2016; Hurley et al., 2016).

Accesorios y equipos especiales

Válvulas de alivio, válvulas de retención, válvulas de control por zonas, alarmas hidráulicas y dispositivos de protección contra contaminación o congelamiento son componentes que determinan la seguridad y capacidad de respuesta del sistema (NFPA 13; NFPA 25).

Operación, mantenimiento y disponibilidad.

Un programa ITM según NFPA 25 (inspecciones visuales, pruebas funcionales y pruebas plenas periódicas) es la clave para garantizar la disponibilidad.

Indicadores operativos sugeridos: disponibilidad de bomba (%), presión en rociador crítico (bar) y tiempo de arranque de bomba (s); estos deben ser medidos y analizados en cada etapa de

implementación (NFPA 25, 2022).

Se requiere adaptar esto para la planta TRILEX es decir, el prediseño debe determinar el área hidráulicamente más distante, modelar toda la red (nodos, bombas, tanques), elegir materiales y topología que optimicen costo y resistencia, definir protocolos de prueba y mantenimiento en cumplimiento con NEC-HS-CI y NFPA para obtener la aprobación y puesta en marcha (MIDUVI, 2023; Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil, 2019).

2.3. Marco normativo

Todas las instalaciones deberán ser ejecutadas por el Contratista conforme a las últimas ediciones vigentes de las normas, códigos y guías técnicas aplicables.

Las normas y documentos que se indican a continuación forman parte integral de las especificaciones de este proyecto y deberán cumplirse en su totalidad durante el suministro, montaje, pruebas y puesta en servicio.

Factory Mutual Engineering and Research (FM)

- FM P7825a Approval Guide Fire Protection.

National Fire Protection Association (NFPA)

- NFPA 13 - Standard for the Installation of Sprinkler Systems
- NFPA 14 - Standard for Standpipe and Hose Systems
- NFPA 20 - Standard for the Installation of Centrifugal Fire Pumps
- NFPA 22 - Standard for Water Tanks for Private Fire Protection
- NFPA 25 - Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems
- NFPA 70 - National Electrical Code

Recomendaciones sobre equipos y materiales

Se recomienda que todos los equipos y componentes suministrados para la ejecución del proyecto sean nuevos, de primera calidad y certificados para uso en protección contra incendios. En particular:

- Bombas (principal y jockey) con sus accesorios y controles completos.
- Válvulas de aislamiento, retención, control y prueba.
- Rociadores y accesorios de montaje.
- Detectores de flujo y dispositivos de supervisión.
- Uniones ranuradas, mangueras, pitones y Boca Toma de Incendios Equipada
- Tableros de control, módulos de monitoreo, cableado de control y paneles de alarma
- Sirenas, pulsadores y dispositivos de señalización visual (luz estroboscópica)

Condición de aceptación

Los equipos deberán estar listados por UL y/o aprobados por FM para el uso específico, o bien cumplir con las normas y estándares particulares aplicables al equipo o sistema. El Contratista deberá presentar certificados de conformidad, fichas técnicas y catálogos del fabricante como parte de la documentación de suministro.

Cláusulas contractuales y documentación exigida

El Contratista deberá entregar, como mínimo, los siguientes documentos antes de la puesta en marcha:

- Certificados de conformidad y listados UL/FM de los equipos.
- Memoria técnica y cálculos hidráulicos.
- Planos ejecutivos y diagramas de control.
- Procedimientos de pruebas y actas de aceptación (prueba hidrostática, prueba de caudal y curva de bomba en sitio).

- Manuales de operación y mantenimiento, y plan de mantenimiento preventivo.

El incumplimiento de las normas citadas o la falta de documentación exigida será motivo de rechazo de suministro, paralización de obras o no aceptación de la puesta en servicio hasta la subsanación correspondiente.

Capítulo III: Marco Metodológico

La metodología utilizada es inicialmente un método analítico, en donde el problema principal de diseño del sistema hidráulico contra incendios será compuesto en partes individuales con la finalidad de evaluar las características físicas del predio, el riesgo plástico, la carga combustible, la distribución de equipos y la red contra incendios. El cálculo tiene en cuenta las variables hidráulicas básicas como: caudal, presión, densidad de descarga, diámetro de tuberías y pérdidas de carga, de acuerdo con la norma técnica de referencia (NFPA, 2022).

Gracias a este método se puede reconocer la influencia de cada elemento sobre el desempeño del sistema planteado, permitiendo una interpretación correcta de las exigencias normativas y su adaptación a las condiciones reales de la planta. El método analítico es indispensable en un diseño técnico, ya que implica analizar cada parte para asegurar su correcta integración en un sistema fuerte, seguro y eficiente.

El proyecto hace uso también del método deductivo, partiendo de leyes generales de la física e hidráulica para llegar a casos particulares de aplicación en el diseño contra incendios. Partiendo de leyes básicas como: conservación de la energía, ecuación de continuidad, flujo en tuberías, pérdidas por fricción, se definen parámetros específicos: caudales necesarios para los rociadores, presión mínima en el punto más desfavorable, altura manométrica total que debe vencer la bomba y pérdidas localizadas por accesorios. Este proceso sigue las pautas técnicas de NFPA 13, NFPA 14 y NFPA 20, que requieren cálculos precisos garantizando el rendimiento del sistema en situaciones de emergencia (National Fire Protection Association, 2022).

El deductivo asegura que las decisiones de diseño se basen en principios científicos replicables, aumentando la fiabilidad del sistema resultante.

Además, la investigación se basa en un diseño descriptivo y no experimental, que implica observar, registrar y analizar la situación tal como se encuentra en la industria plástica sin manipular sus variables internas. Esta metodología es correcta, ya que el diseño se debe ajustar a las características actuales del predio: áreas, procesos, materiales inflamables, equipos, flujos y vías de tránsito. La metodología descriptiva es capaz de registrar lo que es real y elaborar una caracterización completa de la planta para definir los verdaderos requerimientos del sistema hidráulico. En atmósferas con alta carga de combustible (industria del plástico, por ejemplo), este historial es fundamental para reconocer los factores que más inciden en el diseño del sistema.

El anteproyecto incluye además la metodología de modelación y simulación, con la cual se simula el comportamiento del sistema hidráulico antes de ser instalado. Con ayuda de software especializado y hojas de cálculo basadas en las fórmulas oficiales de NFPA 13 se modela la red de tuberías, nudos, accesorios, pérdidas por fricción y la demanda del área de diseño. Con estos modelos se analizan casos extremos, específicamente el rociador más desfavorable, para verificar que se cumplen los mínimos de presión y caudal. La modelización permite optimizar diámetros, longitudes equivalentes y curva bomba contra incendios, evitando sobredimensionamientos o fallos de funcionamiento.

Finalmente, se utiliza el método comparativo normativo, el cual compara las condiciones reales de la planta con lo que exigen las normas nacionales e internacionales que le apliquen. Este estudio compara parámetros como presión mínima en rociadores, densidades de diseño, riesgo, tolerancias de instalación, requisitos de bombas, frecuencia de inspección y puesta en marcha, de acuerdo con NFPA 13, NFPA 14, NFPA 20, NFPA 25, NEC HS CI y la normativa del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil (Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil, 2019).

La comparación muestra diferencias entre la situación actual y los estándares, lo que justifica el diseño propuesto y guía las decisiones técnicas para garantizar el cumplimiento normativo y la obtención de permisos de operación.

3.1. Hidráulica aplicada: fórmulas, criterios y verificación

El enfoque cuantitativo se adopta por requerir mediciones objetivas y cálculos numéricos exactos. En la ingeniería hidráulica aplicada al SCI, el desempeño del sistema depende de parámetros cuantificables, tales como:

- Caudal
- Presión
- Velocidad del flujo
- Pérdidas de carga
- Densidad de descarga
- Potencia de la bomba
- Diámetros y longitudes de tubería

A continuación, se presentan las ecuaciones oficiales de NFPA, entre ellas se encuentran:

Continuidad. La ecuación de continuidad indica que el caudal se mantiene constante en un sistema cerrado (Fox & McDonald, 2015). Para agua, fluido incompresible, el producto área·velocidad es constante a lo largo de una línea sin pérdidas por entrada/salida: si el diámetro disminuye, la velocidad aumenta; esto afecta pérdidas por fricción y la presión disponible en puntos de consumo (rociadores, Boca Toma de Incendios Equipada) (White,2016).

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Donde:

A: Área de la sección transversal de la tubería en ese punto. Unidad típica: m^2 o in^2 .

v: Velocidad media del fluido en la tubería en ese punto. Unidad típica: m/s o ft/s .

Hazen-Williams (NFPA 13 / 14). h_f La pérdida de carga por fricción en un tramo de tubería representa la altura de columna de agua que se pierde debido al rozamiento entre el fluido y las paredes; esta pérdida se suma a las pérdidas menores (por accesorios, codos y válvulas) y a la elevación geométrica para obtener la carga dinámica total que la bomba debe vencer para garantizar la presión requerida en los rociadores y demás puntos de consumo (White, 2016; Karassik, Messina, Cooper, & Heald, 2001).

$$h_f = 4,52 \times \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} d^{4,87}} \times L$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga por fricción a lo largo de la tubería; representa la altura de columna de agua pérdida por fricción. Unidad según la forma de la constante; en la forma con 4.52 suele expresarse en pies (ft) cuando se usan unidades inglesas.

4.52: Constante numérica que depende del sistema de unidades. La forma con 4.52 corresponde a la convención anglosajona (por ejemplo, Q en gpm, d en pulgadas, L en pies, h_f en pies). En sistemas métricos se usa otra constante o fórmulas equivalentes; por eso siempre verifica las unidades antes de aplicar la expresión.

Q: Caudal volumétrico que circula por la tubería en el tramo considerado. Unidades según la constante (p. ej., gpm en la forma con 4.52).

C: Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams (adimensional). Representa la

condición interna de la tubería: mayor C menor pérdida por fricción. Valores típicos varían según material y edad de la tubería.

Valores típicos del coeficiente C :

- Tubería de acero nueva: 120
- Tubería de hierro fundido: 100
- Tubería de PVC nueva: 150
- Tubería envejecida o corroída: 80 – 100

d : Diámetro interno de la tubería. Unidad según la constante (p. ej., pulgadas en la forma con 4.52).

L : Longitud del tramo de tubería considerado (la pérdida es proporcional a la longitud).
Unidad según la constante (p. ej., pies).

Diseño No Experimental – Descriptivo y Propositivo

El diseño es no experimental porque no se manipulan variables en un entorno controlado; es descriptivo porque se caracteriza el riesgo y la infraestructura actual; y es propositivo al ofrecer un diseño técnico que resuelve el problema identificado.

Método Analítico

Permite descomponer el problema en elementos clave:

- Tipos de plásticos y su comportamiento al fuego.
- Configuración de áreas y zonas críticas.
- Limitaciones estructurales del predio.
- Parámetros hidráulicos exigidos por NFPA.
- Pérdidas de carga y presiones mínimas.

Método Deductivo

Parte de principios físicos universales y fórmulas hidráulicas consolidadas, como:

Bernoulli modificada (NFPA aplica para balance de energía). La ecuación de Bernoulli establece que la energía total de un fluido se conserva en ausencia de pérdidas (Fox & McDonald, 2015; Streeter & Wylie, 2017).

La suma de presión, energía cinética y altura disponible se reduce por h_f y h_L ; la bomba debe aportar la energía necesaria para compensar estas pérdidas y garantizar la presión mínima en el punto más desfavorable (White, 2016).

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z = \text{constante} - h_f - h_L$$

Donde:

P: Presión estática del fluido en el punto (Pa o psi)

Y: Peso específico del fluido; unidades: N/m^3 o lb/ft^3

z: Altura geométrica o cabeza respecto a un datum (m o ft)

h_f : Pérdida de carga por fricción a lo largo del tramo (m o ft)

h_L : Pérdidas locales por accesorios (codos, válvulas, entradas, salidas) (m o ft)

Pérdidas Locales por Accesorios (NFPA 13). Cada accesorio se modela como una pérdida equivalente de energía; en cálculos se convierten a longitudes equivalentes o se suman directamente a la carga total.

$$h_L = K x \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_L : Pérdida local asociada al accesorio (m o ft).

K: Coeficiente adimensional del accesorio (depende del tipo: codo, válvula, reducción, etc.).

v: Velocidad media en la tubería donde está el accesorio (m/s o ft/s).

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s² o 32.174 ft/s²).

Pérdidas por fricción Darcy-Weisbach (para comparación técnica). Fórmula general y aplicable en cualquier régimen; se usa para comparar resultados con Hazen-Williams y para análisis donde la precisión hidráulica es crítica (p. ej., verificación de NPSH y selección de bombas).

$$h_L = f x \frac{L}{d} x \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga por fricción en el tramo. Representa la “cabeza” (altura de columna de agua) que se pierde por rozamiento; unidades: m (sistema métrico) o ft (sistema anglosajón).

F : Factor de fricción de Darcy–Weisbach (adimensional). Depende del **número de Reynolds** y de la **rugosidad relativa** ϵ/d ; se obtiene de la ecuación de Colebrook o de la curva de Moody.

L : Longitud del tramo de tubería considerado; unidades: m o ft.

d : Diámetro interno de la tubería; unidades: m o in/ft según el sistema.

v : Velocidad media del fluido en la tubería (no la velocidad puntual); unidades: m/s o ft/s.

g : Aceleración de la gravedad; valor típico: 9.81 m/s² o 32.174 ft/s²

Aunque NFPA exige Hazen-Williams para diseño, el método deductivo considera estas ecuaciones para análisis comparativo académico.

Método de Modelación y Simulación

Permite predecir el comportamiento del sistema bajo condiciones críticas. Con base en NFPA 13, se calcula:

Caudal total del área de diseño.

$$Q_t = D \times A$$

Donde:

Q_t : Caudal total del área de diseño. Volumen de agua requerido para el escenario de diseño (unidad típica: L/min , m^3/h o gpm según norma).

D : Densidad de diseño o densidad de descarga; representa el caudal por unidad de área exigido para el riesgo considerado (por ejemplo, $L/min \times m^2$ o gpm/ft²).

A : **Área de diseño** cubierta por la densidad considerada; corresponde al área que define el escenario de diseño (m² o ft²).

Considerar: **D** se selecciona según el riesgo (tipo de combustible, ocupación) y la normativa aplicable; **A** suele ser el “área de operación” o el área máxima que la norma exige considerar para el cálculo de rociadores.

Unidades: mantén consistencia (si **D** en gpm/ft² y **A** en ft², **Q_t** resultará en gpm).

El uso de herramientas de simulación permite realizar análisis de sensibilidad para evaluar cómo variaciones en la rugosidad, caudal o diámetro afectan la presión en el punto más desfavorable. Estos análisis fortalecen la confiabilidad del modelo y permiten anticipar escenarios operativos críticos (Rossman, 2017).

Altura manométrica total de la bomba (NFPA 20).

$$H_t = h_f + h_L + H_B + P_r$$

Donde:

H_t : Altura manométrica total que la bomba debe proporcionar; también llamada carga dinámica total (unidad: metros de columna de agua, m, o pies, ft).

h_f : Pérdida por fricción en los tramos de tubería (suma de **h_f** para todos los tramos); se calcula con Darcy–Weisbach o Hazen-Williams según el método adoptado (m o ft).

h_L : Pérdidas locales por accesorios (codos, válvulas, reducciones, Boca Toma de Incendios Equipada, etc.); a menudo se expresa como suma de **$K \times v^2 / 2g$** convertida a altura (m o ft).

H_g : Altura geométrica o cabeza estática diferencial entre el nivel de succión y el punto más desfavorable (por ejemplo, la elevación del punto más alto que debe alimentar el sistema). En memorias técnicas suele denominarse altura estática o elevación geométrica; incluye la diferencia de cota entre la superficie libre de la fuente y el punto de descarga más desfavorable (m o ft).

P_r : Presión residual requerida en el punto de diseño (convertida a altura de columna de agua). Es la presión mínima que debe quedar disponible en el rociador o punto más desfavorable para cumplir la densidad de diseño; se expresa como presión convertida a altura (por ejemplo, psi \rightarrow ft o kPa \rightarrow m).

Este método asegura que la bomba supere todas las pérdidas del sistema y entregue presión suficiente al rociador más desfavorable.

Método Comparativo Normativo

Se comparan los requerimientos de NFPA 13, 14, 20, 25 y NEC-HS-CI con la situación actual de la planta, evidenciando incumplimientos técnicos y justificando el diseño final.

Levantamiento Técnico de Campo

Incluye medición física de áreas, distancias, alturas, rutas de tubería y zonas de riesgo.

Observación Directa

Permite identificar la disposición del material plástico, fuentes de ignición, zonas críticas y flujos de trabajo.

Análisis Documental

Comprende la revisión de planos arquitectónicos, normativas, estándares, informes previos y literatura científica.

Instrumentos de Recolección

- Fichas técnicas
- Distanciómetro láser
- Cinta métrica
- Cámara fotográfica
- Software de cálculo
- Hojas de cálculo NFPA
- Catálogos UL/FM

Procedimiento Metodológico

Diagnóstico Inicial. Identificación de riesgo plástico, carga térmica y condiciones del predio.

Levantamiento de Campo. Toma de medidas fundamentales para el modelado hidráulico.

Clasificación del Riesgo (NFPA 13). Determinación de densidad requerida:

Análisis Normativo

Comparación de exigencias NFPA – NEC – BCBG.

Cálculos Hidráulicos

Caudal por rociador.

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

Donde:

Q: Caudal de descarga del rociador, es decir, el volumen de agua que fluye por el rociador por unidad de tiempo.

K: Constante del rociador o **K-factor**, que depende del diseño físico del rociador (diámetro del orificio, geometría interna)

P: Presión de entrada al rociador, medida justo antes del orificio de descarga.

Cálculo de pérdidas lineales (NFPA 13).

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

Donde:

h_f : Pérdida de carga por fricción en el tramo de tubería. Representa la altura de columna de agua que se pierde por rozamiento interno.

Q: Caudal volumétrico que circula por la tubería.

C: Coeficiente de rugosidad Hazen-Williams, adimensional.

d: Diámetro interno de la tubería.

L: Longitud del tramo de tubería considerado.

Cálculo de pérdidas locales.

$$h_L = K \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

h_L : Pérdida de carga local. Representa la energía que se pierde por turbulencia, separación de flujo o restricciones generadas por accesorios como codos, válvulas, reducciones, entradas y salidas.

K : Coeficiente de pérdida local, adimensional.

V : Velocidad media del fluido en la tubería donde se encuentra el accesorio.

g : Aceleración de la gravedad.

Presión en rociador más desfavorable.

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

Donde:

P : Presión requerida en el rociador más desfavorable.

Q : Caudal de descarga del rociador.

K : Constante del rociador o K-factor.

Altura manométrica total.

$$H_T = h_f + h_L + H_8 + P_r$$

Donde:

H_T : Altura manométrica total o carga dinámica total. Es la energía total que la bomba debe entregar para vencer todas las pérdidas y garantizar presión en el punto más desfavorable.

h_f : Pérdida por fricción en los tramos rectos de tubería.

h_L : Pérdidas locales por accesorios (codos, válvulas, reducciones, etc.).

H_8 : Elevación geométrica o altura estática entre el nivel de succión y el punto más

desfavorable.

P_r : Presión residual requerida en el rociador más desfavorable, convertida a altura de columna de agua.

Potencia requerida por la bomba. Estas ecuaciones determinan el desempeño real del sistema.

$$HP = \frac{Q \times H_T}{3960 \times \eta}$$

Donde:

HP : Potencia hidráulica requerida por la bomba, expresada en caballos de fuerza (horsepower).

Q : Caudal total que debe entregar la bomba.

H_T : Altura manométrica total, como se explicó arriba.

3960: Constante de conversión para obtener **HP** cuando **Q** está en gpm y **H_T** en pies.

η : Eficiencia de la bomba, adimensional.

De esta manera, las ecuaciones hidráulicas empleadas, desde la de continuidad y Hazen-Williams hasta Bernoulli, Darcy-Weisbach y la altura manométrica total, crean un modelo que no solo cumple con las regulaciones, sino que representa las condiciones reales del sistema.

Cada fórmula aplica variables clave como caudal, presión, pérdidas por fricción, eficiencia de bombeo y demanda simultánea, para que el diseño no sea "lo justo", sino que garantice soporte ante situaciones críticas.

Esta marco metodológico, apoyado en simulaciones, levantamiento de campo, análisis normativo y verificación técnica, proporciona solidez para el diseño hidráulico contra

incendios en la planta TRILEX y es la integración coherente de teoría, ley y realidad física, que permite decir que el sistema planteado ha sido analizado en todos los aspectos pertinentes para su implementación.

3.2. Modelación, Software y Validación

La descripción de la modelación hidráulica es fundamental ya que permite conocer más a fondo el comportamiento del sistema de protección contra incendios bajo condiciones de operación críticas. En el caso de la planta TRILEX, esta fase tuvo como propósito verificar que la red diseñada sea capaz de abastecer simultáneamente los caudales requeridos por los monitores y las conexiones de manguera, garantizando el cumplimiento de las presiones mínimas establecidas por la normativa NFPA (NFPA 13, 2022; NFPA 14, 2019; NFPA 20, 2022).

Enfoque de modelación

La modelación se desarrolló representando fielmente las características físicas del sistema, considerando los diámetros de tubería, las longitudes equivalentes, los accesorios, las pérdidas por fricción, los caudales de diseño y las presiones mínimas requeridas. Esto permite evaluar el desempeño del sistema en el escenario más crítico, correspondiente a la operación simultánea de dos monitores y dos conexiones de manguera, con una demanda total de 3800 lpm y una presión mínima requerida de 7,238 bar, según los cálculos hidráulicos del proyecto.

La construcción del modelo se realizó siguiendo los criterios establecidos por NFPA 13, NFPA 14 y NFPA 20, asegurando que la simulación represente adecuadamente las condiciones exigidas para sistemas de agua contra incendios (Zhunio Medina, 2024; Proaño Guevara, 2012).

Software utilizado

Para el análisis se empleó un software especializado llamado “AutoSPRINK Vr. 2018” para realizar los cálculos hidráulicos para sistemas NFPA. Este tipo de software permite:

- Modelar redes presurizadas con múltiples diámetros y accesorios
- Simular escenarios de demanda simultánea.
- Calcular pérdidas por fricción y presiones disponibles en nodos críticos.
- Verificar el cumplimiento de los requisitos de caudal y presión establecidos por NFPA.

El uso de esta herramienta garantiza resultados reproducibles y consistentes con los estándares internacionales aplicables (NFPA 13, 2022; NFPA 20, 2022).

Parámetros de entrada del modelo

Los datos incorporados al modelo provienen directamente de la memoria técnica y los planos del proyecto TRILEX:

- Caudales de diseño: 950 lpm por monitor y 950 lpm por conexión de manguera.
- Caudal total de diseño: 3800 lpm.
- Presión mínima requerida: 7,238 bar.
- Características de bombas principales: 1750 gpm @ 140 psi (eléctrica y diésel).
- Características de la bomba jockey.
- Diámetros de tubería: 8”, 6”, 4”, 2.5”, entre otros.
- Materiales: ASTM A53, A795, SCH 40 y SCH 10.
- Longitudes equivalentes y accesorios según planos.

Los valores fueron ingresados sin redondeos, respetando los datos exactos del informe técnico (Más información ver Anexos).

Procedimiento de validación

La validación del modelo se realizó mediante tres etapas metodológicas:

Validación interna del software. Se verificó la convergencia del modelo, la coherencia de las pérdidas por fricción y la estabilidad de los resultados (Aguirre & Grimaldo, 2004).

Contraste con los cálculos hidráulicos del proyecto. Se compararon los resultados del software con los realizados, confirmando que la presión requerida en el punto más desfavorable coincide con la simulación.

Validación normativa. Se verificó el cumplimiento de:

- Presiones mínimas para gabinetes Clase I, II y III (NFPA 14, 2019).
- Autonomía mínima de 90 minutos (NFPA 20, 2022).
- Cobertura y densidades de aplicación (NFPA 13, 2022).

El sistema demostró cumplir con los requisitos de caudal, presión y autonomía establecidos para la planta.

Resultados metodológicos

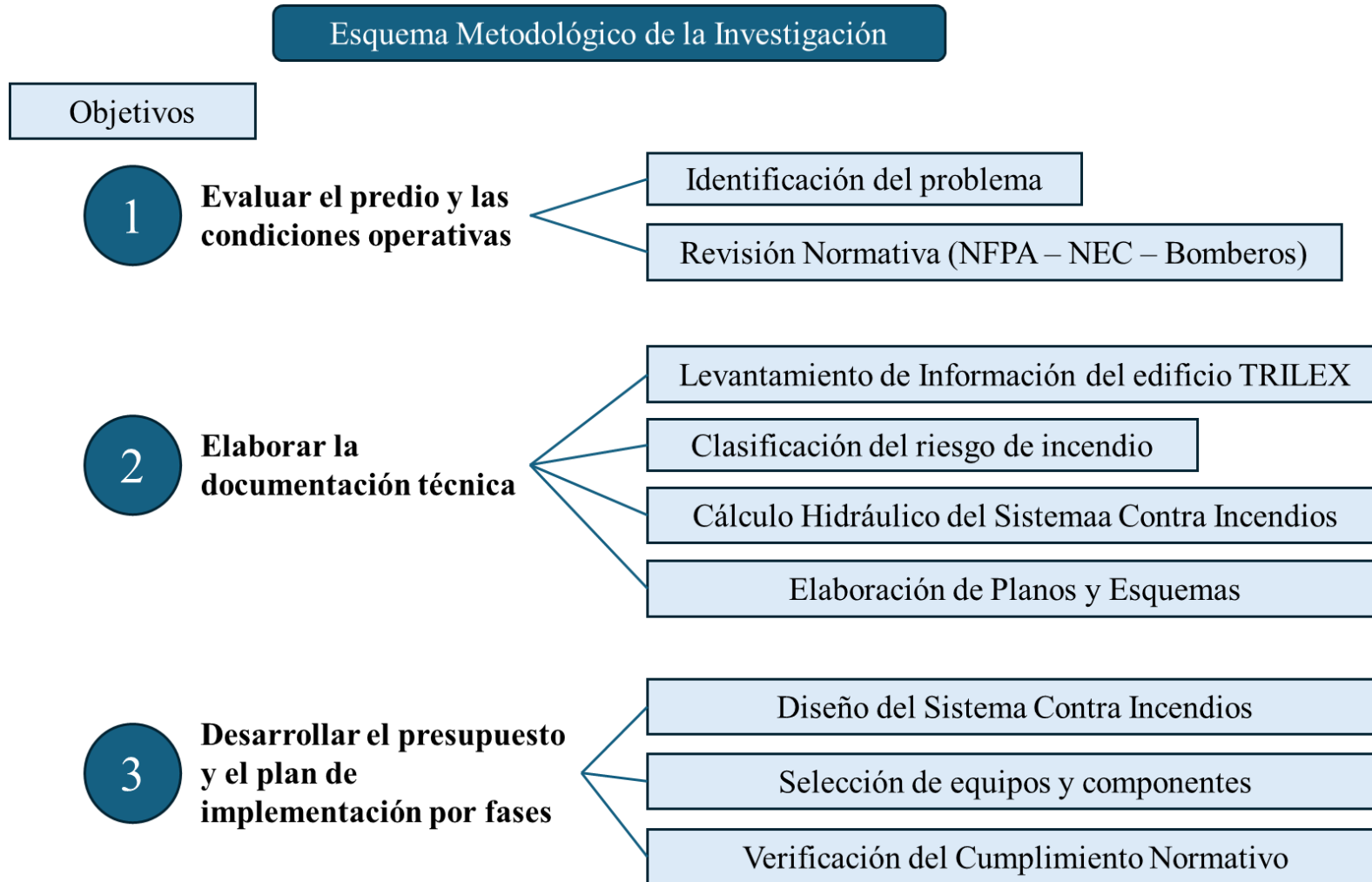
La modelación permitió:

- Confirmar la funcionalidad hidráulica del sistema.
- Identificar los puntos de mayor pérdida de carga.
- Validar la capacidad de las bombas seleccionadas.
- Sustentar técnicamente la reserva de agua propuesta.

En conjunto, la modelación y validación constituyen un respaldo metodológico sólido para el diseño del sistema contra incendios de TRILEX.

Figura 11

Esquema metodológico del proyecto



Fuente: Autoría propia

Capítulo IV: Resultados

Los resultados del proyecto TRILEX muestran la integración de la información levantada en campo, los criterios normativos y los cálculos hidráulicos en software. Basándose en la documentación técnica, memoria del sistema contra incendios, especificaciones de materiales, hojas de cálculo hidráulico, se pudo armar un panorama completo de cómo debería funcionar el sistema. Estos insumos confirmaron que todos los elementos, desde la reserva de agua hasta la red de tuberías, cumplen con los requisitos establecidos para el sistema de protección contra incendios diseñado para la planta, como se muestra en las hojas de cálculo hidráulico de los anexos.

Los cálculos hidráulicos son uno de los principales resultados del proyecto, ya que definen exactamente el caudal total necesario, la presión mínima necesaria y las pérdidas por fricción en cada tramo de la red. Las tablas arrojadas por el software indican que el sistema debe ser capaz de entregar 759,02 gpm (≈ 2873 lpm) en condiciones simultáneas y preservar una presión mínima de 127,879 psi en el punto más desfavorable. Estos valores, que se encuentran en las secciones Hydraulic Overview y Hydraulic Summary de los anexos, verifican que la red se haya dimensionado para satisfacer las condiciones de demanda especificadas por NFPA 14 y NFPA 24, considerando que el sistema está compuesto únicamente por conexiones de manguera e hidrantes, sin empleo de rociadores automáticos. Además, la identificación de longitudes equivalentes, pérdidas locales y diámetros finales es un resultado esencial para verificar la funcionalidad hidráulica del sistema.

Otros resultados importantes son los de la memoria técnica, en la que se especifican las características físicas y de funcionamiento de los principales elementos del sistema. La reserva de agua, de 255 m³, se basa en los caudales de diseño y la autonomía mínima de 90 minutos,

conforme a los criterios de NFPA 20. Así mismo, la elección del sistema de bombeo, una bomba principal de 750 gpm @ 150 psi, diésel, y una bomba jockey complementaria, es una solución técnica que asegura la capacidad de suministro constante del sistema. Estos datos, descritos en las fichas de almacenamiento de agua, sistema de bombeo y características de equipos, ayudan a entender cómo se diseñó la infraestructura hidráulica para satisfacer las demandas operacionales.

Finalmente, los datos referentes a la red de distribución, gabinetes, hidrantes y acometidas se especifican en las fichas técnicas constructivas. En ellas se detalla el tipo de materiales elegidos (tubería acero negro Cédula 10, conexiones mecánicas, válvulas UL/FM), las formas de instalación, soportes, protección anticorrosiva y localización de los equipos de primera respuesta. Estos componentes, sumados a las pruebas hidrostáticas a 200 psi durante 2 horas descritas en la memoria técnica, son un conjunto de resultados que demuestran la integridad mecánica y funcional del sistema.

A continuación, se presentan aquellos resultados encontrados que, en conjunto, permiten obtener una visión completa del comportamiento que se espera del sistema contra incendios diseñado para la planta TRILEX.

4.1. Descripción del Riesgo

La Planta posee diversos edificios e instalaciones complementarias entre las que se incluyen áreas de Proceso (bodegas D, E, F y G), de depósitos varios (Bodegas A, B, C, H, I y K), de servicios complementarios (Bodega J) y áreas de mantenimiento, oficinas, talleres, etc.

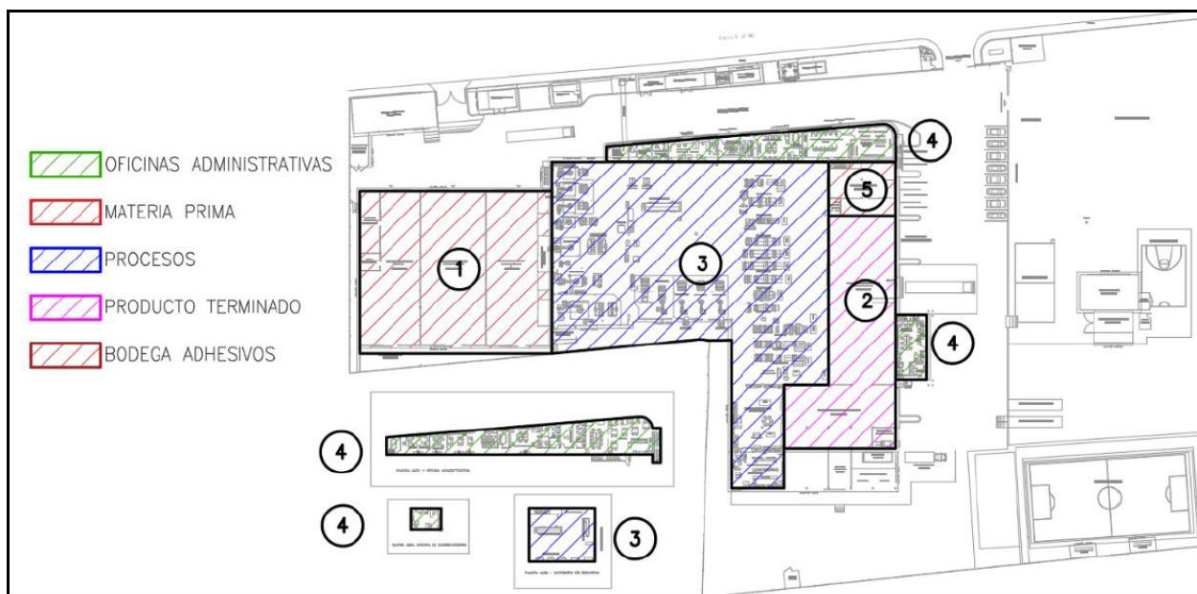
Gracias a esta información, se identificó que la instalación cuenta con zonas diferenciadas que requieren protección contra incendio mediante conexiones de mangueras e hidrantes, conforme a lo establecido por la norma NFPA 24. Esta clasificación se fundamenta

en la naturaleza del proceso, la distribución del predio y la carga combustible asociada a las actividades desarrolladas.

A continuación, se presenta la Figura 10. Relación de Áreas, en la que se muestra el plano general de la planta con la distribución funcional de cada zona. El esquema utiliza colores para identificar las áreas administrativas, de proceso, almacenamiento de materia prima, producto terminado y adhesivos, lo que permite visualizar claramente los sectores protegidos por el sistema hidráulico contra incendios.

Figura 12

Relación de áreas



Fuente: FIREARMOUR S.A., 2025

4.2. Análisis Normativo

Los documentos técnicos aplican de manera explícita las siguientes normas:

- **NFPA 13** (diseño de redes de agua contra incendio)
- **NFPA 14** (gabinetes y conexiones de manguera)

- **NFPA 20** (sistemas de bombeo)
- **AWWA** (válvulas y accesorios)
- **UL/FM** (equipos certificados)
- **Normas DIN, ISO, UNIT, COPANT, ABNT** para roscas, uniones y materiales

El resultado del análisis normativo es que todo el sistema TRILEX fue diseñado conforme a estas normas, lo cual se evidencia en las especificaciones de válvulas, tuberías, uniones, gabinetes, siamesas, soportes y pruebas.

4.3. Diseño del Almacenamiento de Agua

En la memoria técnica se establece que la reserva de agua contra incendios se calcula como:

$$2838,75 \times 90 \text{ min} = 255m^3$$

El resultado final es una reserva de 255 m³, valor que cumple con los requerimientos de autonomía establecidos por NFPA 20.

Por lo que se establece que, el sistema contra incendio estará constituido de los siguientes elementos:

- Reserva Baja fija de 255,487.00 Lts.
- Equipo de Bombeo principal Diesel y bomba Jockey bajo Norma NFPA
- Red de distribución
- Gabinetes
- Conexión siamesa.

4.4. Sistema de Bombeo

Los documentos técnicos especifican:

- Bomba diésel: 750 gpm @ 150 psi

- Bomba jockey: valores entre 0,75gpm@160psi según documento
- Tablero UL/FM
- Accesorios estándar y adicionales del motor

El resultado es un sistema de bombeo capaz de abastecer la demanda total del sistema, con redundancia y cumplimiento normativo.

Cabe destacar que los análisis comparativos de desempeño de bombas contra incendios muestran que los sistemas con controladores listados UL/FM presentan tiempos de arranque más estables y menores variaciones de presión durante la transición entre bomba jockey y bomba principal, lo que mejora la respuesta inicial del sistema (Firetrol, 2019).

4.5. Diseño de Gabinetes, Hidrantes y Conexiones

Los documentos incluyen:

- Gabinetes Potter Roemer
- Mangueras de 1½” y 2½”
- Boquillas certificadas
- Toma siamesa 2½” x 2½” x 4”
- Válvulas angulares
- Ubicación de mangueras en puntos estratégicos

El resultado es un sistema de gabinetes y conexiones que cumple con NFPA 14 y con los requerimientos del Cuerpo de Bomberos.

Las conexiones de mangueras contempladas para la protección del Colegio son del tipo Clase III (conexiones de manguera de 2½” y 1½”) e hidrantes; estas conexiones de manguera se clasifican así según la norma NFPA 14 edición 2024. En el numeral 7.10.1 y 7.10.1.2 de la NFPA 14 correspondiente al sistema de mangueras Clase I, II y III, se indica que la tasa de

flujo mínima debe basarse en proveer 250 gpm para las tres (3) conexiones hidráulicamente más remotas, para un flujo total de 750 gpm a una presión mínima de 100 psi (Tomado de la memoria técnica).

Para el diseño de los gabinetes Clase III, se aplicó la fórmula $Q = K \times \sqrt{P}$, donde $K=25$ representa el coeficiente de descarga para boquillas certificadas según NFPA 14. Es fundamental mantener consistencia en las unidades: en sistema inglés, el caudal Q se expresa en gal/min y la presión P en psi; en sistema métrico, Q se expresa en L/min y P en bar. Esta aclaración es esencial para evitar errores en la selección de la bomba y garantizar la precisión de la memoria de cálculo (NFPA 14, 2024).

Caudal de diseño

El sistema se encuentra diseñado para operar tres gabinetes Clase III de manera simultánea, con un caudal unitaria de 250 GPM por gabinete:

$$Q = 3 \times 250 = 750 \text{ GPM}$$

Conversión de unidades:

$$1 \text{ GPM} = 3.785 \text{ L/min}$$

$$Q = 750 \times 3.785 = 2838.75 \text{ L/min}$$

4.6. Diseño de la Red de Distribución

Para el diseño de la red de distribución se aplican las siguientes fórmulas:

Tubería de 2 ½”

Fórmula de velocidad (verificación de diámetro)

$$V = \frac{0.408 \times Q}{D^2}$$

Fórmula de pérdida de carga (Hazen-Williams)

$$h_j = 4.52x \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} x D^{4.87}} x L$$

Velocidad

$$V = \frac{0.408 x 250}{(2.469)^2} = 16.75 \text{ ft/s}$$

Pérdida de caga

$$h_j = 4.52x \frac{(250)^{1.85}}{(120)^{1.85} x (1.469)^{4.87}} x 15.92$$

$$h_j = 11.25 \text{ psi}$$

Tubería de 4" (100 mm)

Datos:

- **Diámetro interno** **$D = 4.026''$**
- **Caudal** **$Q = 250 \text{ GPM}$**
- **Longitud** **$L = 8.52 \text{ m}$**

Velocidad

$$V = \frac{0.408 x 250}{(4.026)^2} = 6.30 \text{ ft/s}$$

Pérdida de carga

$$h_j = 4.52x \frac{(250)^{1.85}}{(120)^{1.85} x (4.026)^{4.87}} x 8.52$$

$$h_j = 4.57 \text{ psi}$$

Tubería de "6 (150 mm)

Datos:

- **Diámetro interno** **$D = 6.065''$**
- **Caudal** **$Q = 503.9 \text{ GPM}$**
- **Longitud** **$L = 10.0 \text{ m}$**

Velocidad $V = \frac{0.408 \times 503.9}{(6.065)^2} = 3.23 \text{ ft/s}$

Pérdida de carga $h_j = 4.52 \times \frac{(503.9)^{1.85}}{(120)^{1.85} \times ()^{4.86.657}} \times 10$
 $h_j = 0.43 \text{ psi}$

Tubería de 8" (200 mm)

Datos:

- **Diámetro interno** $D = 7.981''$
- **Caudal** $Q = 759 \text{ GPM}$
- **Longitud** $L = 76.2 \text{ m}$

Velocidad $V = \frac{0.408 \times 759}{(7.981)^2} = 4.87 \text{ ft/s}$

Pérdida de carga $h_j = 4.52 \times \frac{(759)^{1.85}}{(120)^{1.85} \times (7.981)^{4.87}} \times 76.2$
 $h_j = 2.42 \text{ psi}$

La siguiente tabla resume los parámetros hidráulicos más relevantes de cada tramo de tubería calculado previamente:

Figura 13

Parámetros hidráulicos relevantes

Hydraulic Analysis							Job Number: OSHO-696-B1	
							Report Description:	
Pipe Type	Diameter	Flow	Velocity	HWC	Friction Loss		Length	Pressure
Downstream	Elevation	Discharge	K-Factor	Pt	Pn	Fittings	Eq. Length	Summary
Upstream							Total Length	
Route 1								
ST	2.4690	250.00	16.75	120		0.706723	0.99m	Pf 11.254
151	1.23m	250.00		100.000		Hose(-100.000)(9.45m)	14.94m	Pe 1.038
154	0.50m			112.292		T(3.66m), E(1.83m)	15.92m	Pv
FR	2.6350	250.00	14.71	120		0.514785	3.85m	Pf 4.566
154	0.50m			112.292			5.02m	Pe
149	0.50m			116.858		mecT(5.02m)	8.87m	Pv
FR	7.9810	503.90	3.23	120		0.008530	39.10m	Pf 0.427
149	0.50m	253.90		116.858		Flow (q) from Route 2	10.97m	Pe 2.418
258	-1.20m			119.703		2E(5.49m)	50.07m	Pv
FR	8.3900	503.90	2.92	140		0.005028	8.74m	Pf 0.091
258	-1.20m			119.703			9.31m	Pe
285	-1.20m			119.793		E(9.31m)	18.05m	Pv
FR	7.9810	503.90	3.23	120		0.008530	37.76m	Pf 0.650
285	-1.20m			119.793			38.40m	Pe -2.418
252	0.50m			118.025		7E(5.49m)	76.17m	Pv
FR	7.9810	759.02	4.87	120		0.018201	140.30m	Pf 3.253
252	0.50m	255.12		118.025		Flow (q) from Route 3	38.40m	Pe -0.000
514	0.50m			121.278		7E(5.49m)	178.70m	Pv
FR	7.9810	759.02	4.87	120		0.018201	323.72m	Pf 7.112
514	0.50m			121.278			67.06m	Pe 0.000
90	0.50m			128.390		12E(5.49m), GV(1.22m)	390.78m	Pv
DY	10.0200	759.02	3.09	120		0.006010	0.00m	Pf 0.092
90	0.50m			128.390			15.24m	Pe
94	0.50m			128.482		T(15.24m)	15.24m	Pv
ST	10.0200	759.02	3.09	120		0.006010	1.13m	Pf 0.047
94	0.50m			128.482			6.71m	Pe -0.650
1	0.95m			127.879		E(6.71m), S	7.84m	Pv
		0.00				Hose Allowance At Source		
1		759.02						

Fuente: FIREARMOUR S.A., 2025

En esta figura, se detallan el tipo de tubería, diámetros, velocidades, pérdidas por fricción, longitudes equivalentes y presiones, lo que permite verificar el comportamiento hidráulico del sistema en condiciones de operación. Además, del comportamiento hidráulico del sistema diseñado, a través, de un resumen general de todos los tramos de tubería que componen el sistema y se lee así:

En la fila superior se indica el tipo de tubería ST (Stand Pipe), de diámetro 2½” (2.4690 reales internas), con caudal de 250 gpm y velocidad en el tramo de 16.75 pies/seg, el coeficiente $C = 120$ y pérdidas por fricción en el tramo de 0.706723 psi/metro.

La longitud en el tramo es de 0.99m, con longitud equivalente por accesorios de 14.94 m, para una longitud total de 15.92 m.

Las pérdidas por fricción en el tramo son de 11.254 psi/metros y -1.038 pérdidas por elevación. Adicionalmente, se encuentran la explicación de las convenciones y unidades de medida. Los demás tramos se leen igual.

La memoria técnica detalla:

- Tubería de hierro negro Schedule 40
- Uniones roscadas hasta 2”
- Uniones Victaulic desde 2½” en adelante
- Soportes UL/FM
- Distancias máximas según diámetro
- Protección anticorrosiva (pintura + cinta Poliken)
- Malla señalizadora Tenax Signal

El resultado es una red robusta, mecánicamente estable y protegida contra corrosión y daños externos.

4.7. Resultados del Cálculo Hidráulico

- Caudal total requerido: 750 gpm
- Presión mínima requerida: 127 psi
- Presión estática: 150 psi
- Pérdidas por carga: según tablas del software y cálculos realizadas
- Longitudes equivalentes: detalladas en la memoria según el software
- Punto más desfavorable: activación de 3 gabinetes clase III con 250 gpm a una presión mínima de 70psi.

Figura 14

Parámetros hidráulicos relevantes

Hydraulic Overview						Job Number: OSHO-696-B1 Report Description:			
Job									
Job Number OSHO-696-B1					Design Engineer OSHO INGENIERIA				
Job Name: FIREARMOUR INDUSTRIAL Y COMERCIAL TRILEX					Phone 601 6758641			FAX	
Address 1 RED PRIVADA CONTRA INCENDIO					State Certification/License Number				
Address 2 SUPLENCIA DE 750@150					AHJ				
Address 3					Job Site/Building RED PRIVADA CONTRA INCENDIO				
System									
Density NA					Area of Application NA				
Most Demanding Sprinkler Data K-Factor at					Hose Streams 750.00				
Coverage Per Sprinkler NA					Number Of Sprinklers Calculated 0				
System Pressure Demand 127.879					System Flow Demand 759.02				
Total Demand 759.02 @ 127.879					Pressure Result +21.898 (14.6%)				
Supplies						Check Point Gauges			
<u>Node</u>	<u>Name</u>	<u>Flow(gpm)</u>	<u>Hose Flow(gpm)</u>	<u>Static(psi)</u>	<u>Residual(psi)</u>	<u>Identifier</u>	<u>Pressure(psi)</u>	<u>K-Factor(K)</u>	<u>Flow(gpm)</u>
1	Water Supply	750.00		160.000	150.000				

Fuente: FIREARMOUR S.A., 2025

La visualización gráfica del modelo hidráulico confirma la ubicación del nodo más desfavorable y permite identificar rutas alternativas de flujo que podrían optimizarse en futuras ampliaciones. Estas representaciones son esenciales para validar la coherencia entre el modelo matemático y la geometría real de la red (PipeFlow Software, 2021).

Adicionalmente, de describir el punto de conexión para la simulación del sistema con la siguiente información: El nodo uno (1) que representa el punto de alimentación en la base del sistema de bombeo, con un flujo nominal de 750 gpm, con una presión estática de 160 psi y una presión residual de 150 psi.

También se observan las demandas de presión y flujo de los puntos que se fluyeron en el cálculo, a cada uno de los puntos se les asigna el factor K respectivo y un flujo requerido, en este caso $K = 25$ y un caudal mínimo de operación de 250 gpm. A continuación, los cálculos:

Fórmula general del factor K

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

Donde:

Q: Caudal descargado (GPM)

K: Factor de descarga del dispositivo (GPM/ $\sqrt{\text{psi}}$)

P: Presión residual en el punto de descarga (psi)

Despeje del factor K

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

Aplicación para gabinetes Clase III

Según la NFPA 14, los gabinetes Clase III deben suministrar:

- Caudal mínimo: 250 GPM

- Presión residual mínima: 100 psi
- Diámetro de salida: 2½”

Cálculo del factor K adoptado:

$$K = \frac{250}{\sqrt{100}} = \frac{250}{10} = 25$$

El valor obtenido de K=25 corresponde a una válvula + manguera + pitón estándar de 2½”, conforme a NFPA 14 y NFPA 1961.

Tabla 2

Verificación con los valores simulados, usando el valor adoptado:

Presión (psi)	Caudal calculado (GPM)
100	$\sqrt{100} = 250$
101.347	$\sqrt{101.347} = 251.6$
104.138	$\sqrt{104.138} = 255.1$

Fuente: FIREARMOUR S.A., 2025

- Coincide con los resultados presentados en la memoria técnica
- Confirma que el modelo hidráulico es consistente

4.8. Resultados de la Modelación Hidráulica

El software especializado permitió validar:

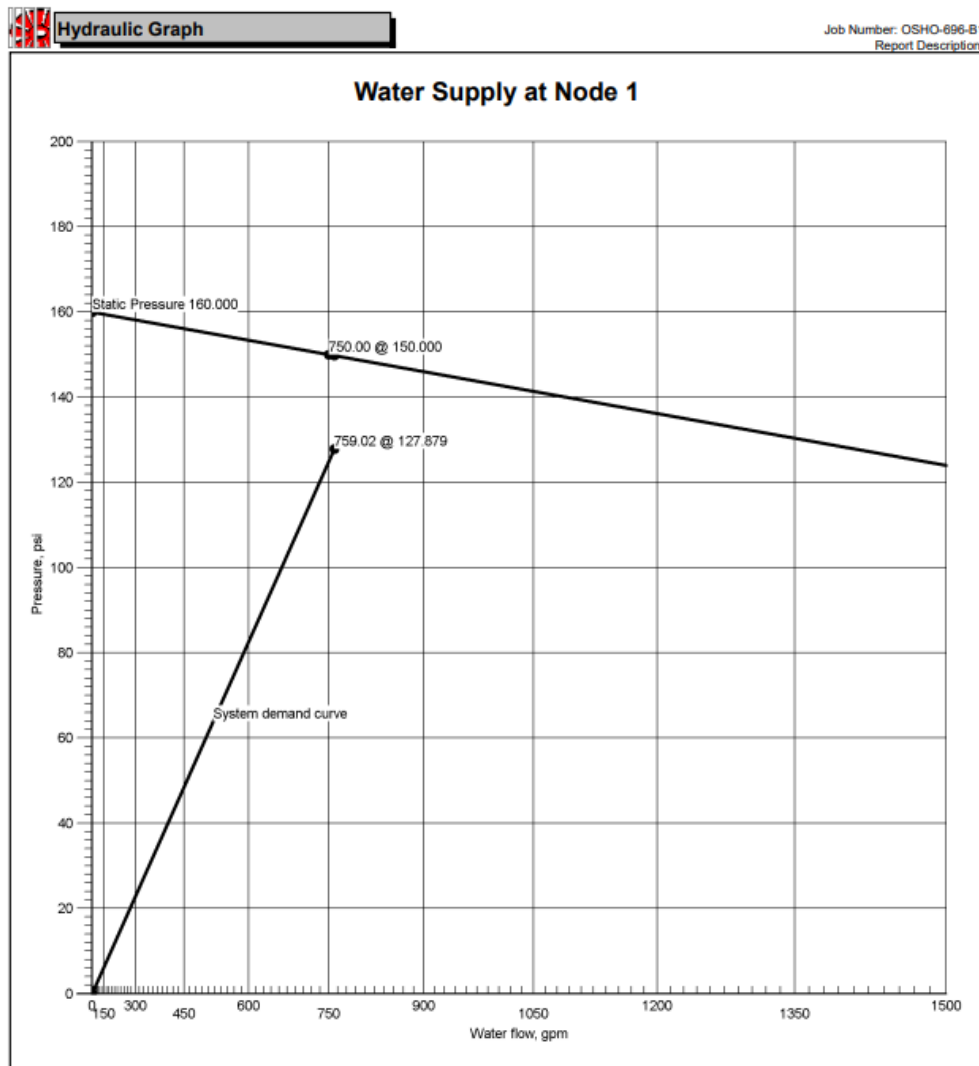
- Que las pérdidas por fricción están dentro de los límites aceptables
- Que la bomba seleccionada cubre la demanda del punto más desfavorable

En la siguiente tabla se puede observar la Hoja de información hidráulica del sistema TRILEX. Se resumen los parámetros de caudal, presión, autonomía y configuración del

sistema conforme a NFPA 13. A continuación, se presenta la Curva Hidráulica del Sistema (Hydraulic Graph hoja de información hidráulica del sistema:

Figura 15

Hoja de información hidráulica del sistema TRILEX



Fuente: FIREARMOUR S.A., 2025

Como es posible observar, la curva hidráulica muestra el comportamiento del punto de conexión del sistema y el punto donde se ubica la necesidad de flujo y presión del sistema contra incendio. El espacio entre la curva y el punto de flujo del sistema es el factor de seguridad.

4.9. Síntesis del cumplimiento de los objetivos

Los resultados obtenidos permiten afirmar que:

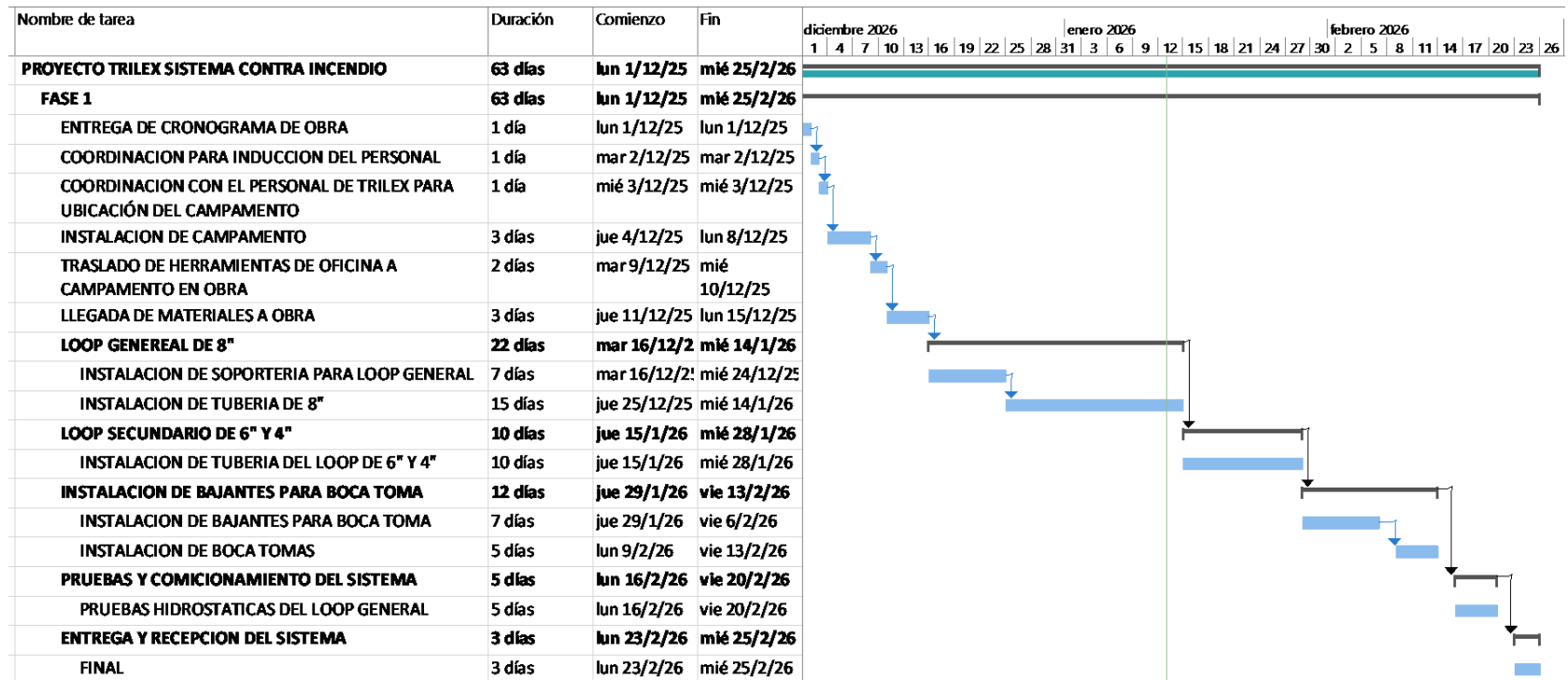
- Se identificó correctamente el riesgo
- Se aplicaron las normas correspondientes
- Se dimensionó adecuadamente la reserva de agua
- Se seleccionaron bombas conforme a la demanda
- Se diseñó una red de distribución completa y funcional
- Se verificó hidráulicamente el sistema mediante software

Con ello, todos los objetivos planteados en el proyecto fueron alcanzados.

Capítulo V: Cronograma

Tabla 3

Cronograma de actividades del proyecto. Se detallan las fechas de ejecución de cada etapa, desde el levantamiento de campo hasta la entrega final del diseño.



Fuente: Autoría propia

4.10. Descripción del Cronograma

En el cronograma presentado se resumen de manera secuencial las actividades que se realizaron para el diseño e implementación tentativa del sistema contra incendios para la planta TRILEX. Cada fase sigue una metodología: se coordina con el personal, se instala la infraestructura hidráulica, se realizan las pruebas técnicas y se entrega el sistema con toda su documentación.

Es aquí donde se ilustra cómo el proyecto evoluciona desde su planificación hasta la consolidación de todos los entregables. Los plazos presentados son realistas, sobre todo para realizar los trabajos de ingeniería con precisión, hacer controles de campo y coordinación entre múltiples áreas.

Además, el cronograma indica la interdependencia entre las etapas. El montaje del campamento, por ejemplo, es el punto de partida para el traslado de equipos y materiales y éstos para armar el sistema hidráulico. La organización de las actividades, la revisión normativa y la ejecución técnica son etapas intermedias para asegurar que el sistema satisfaga los criterios definidos. En conclusión, la planificación cronológica muestra un proceso ordenado, secuencial y lógico de cómo se fueron sumando las actividades para el resultado final del sistema contra incendios.

Actividad 1. Entrega del cronograma de obra (12 dic 2025)

Se concretó el cronograma general del proyecto con fechas, responsables y entregables. Este documento fue la guía para todo lo que vino después.

Actividad 2. Coordinación para inducción del personal (1 dic 2025)

Se coordinó con el equipo técnico para la inducción en terreno (protocolos de seguridad accesos y logística).

Actividad 3. Coordinación para ubicación del campamento (2 dic 2025)

Se determinó en conjunto con personal de TRILEX el sitio apropiado para ubicar el campamento técnico, en términos de proximidad a las áreas de trabajo y condiciones operativas.

Actividad 4. Instalación del campamento (8–10 dic 2025)

Se montaron las estructuras temporales para oficina técnica, almacenamiento de herramientas y coordinación de obra.

Actividad 5. Traslado de herramientas a campamento (10 dic 2025)

Se instalaron las estructuras provisionales para oficina técnica, almacén de herramientas y coordinación de obra.

Actividad 6. Llegada de materiales a obra (11–15 dic 2025)

Se recibieron los materiales principales: tubería de acero negro Cédula 10, válvulas UL/FM, conexiones mecánicas y soportes.

Actividad 7. Instalación del loop general de 8" (15–24 dic 2025)

Se realizó el montaje de la red matriz perimetral, soportes RIA y tubería de 8" de acuerdo al diseño aprobado.

Actividad 8. Instalación del loop secundario de 6" y 4" (5–16 ene 2026)

Se colocaron las derivaciones a gabinetes e hidrantes en tubería de 6" y 4" respectivamente, de acuerdo con el plano hidráulico.

Actividad 9. Instalación de bajantes para Boca Toma de Incendios Equipada (BIES) (13–26 ene 2026)

Se instalaron las bajantes verticales que unen la red principal con los puntos de toma

rápida, en ubicaciones definidas por criterios de presión y accesibilidad.

Actividad 10. Instalación de Boca Toma de Incendios Equipada (BIES) (19–23 ene 2026)

Se colocaron los equipos de primera respuesta, gabinetes Clase III y conexiones rápidas.

Actividad 11. Pruebas y comisionamiento del sistema (16–20 feb 2026)

Se probaron funcionalmente el sistema, caudales, presiones, automatización de bombas.

Actividad 12. Pruebas hidrostáticas del loop general (16–18 feb 2026)

Se realizaron pruebas a 200 psi durante 2 horas sin pérdida ni fuga visible, en cumplimiento con NFPA 14 y NFPA 25.

Actividad 13. Entrega y recepción del sistema (19–23 feb 2026)

Se entregó formalmente el sistema, planos As-built, memoria técnica, fichas de equipos y respaldo digital.

Actividad 14. Cierre final del proyecto (25 feb 2026)

Se finalizó el proyecto con todos los entregables aprobados y el sistema listo para ser operado y mantenido.

Capítulo VI: Presupuesto

Tabla 4

Presupuesto Detallado del diseño del sistema hidráulico contra incendios.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO USD	VALOR TOTAL USD
EQUIPO DE BOMBEO				
Equipo de bombeo centrífugo diésel 750 GPM @150 PSI SPP PUMS	U	1	\$ 86.074,32	\$ 86.074,32
Motor diésel 125 HP CLARKE	U	1	\$ 1.832,33	\$ 1.832,33
Bomba jockey 15 GPM @160 PSI	U	1	\$ 5.800,00	\$ 5.800,00
TUBERÍA				
Tubería 10" cédula 40 con accesorios incluidos	m	12	\$ 125,00	\$ 1.500,00
Tubería 8" cédula 40 con accesorios incluidos	m	990	\$ 105,00	\$ 103.950,00
Tubería 6" cédula 10 con accesorios incluidos	m	60	\$ 92,00	\$ 5.520,00
Tubería 4" cédula 10 con accesorios	m	45	\$ 75,00	\$ 3.375,00
Tubería 2 1/2" cédula 10 con accesorios incluidos	m	114	\$ 42,00	\$ 4.788,00
Tubería 1 1/2" cédula 10 con accesorios incluidos	m	12	\$ 30,00	\$ 360,00
GABINETE				
Gabinete completo contra incendios CLASE II con todos los accesorios	U	19	\$ 1.200,00	\$ 22.800,00
OBRA CIVIL Y TANQUE				
Tanques de acero naval 255 m3	U	1	\$ 75.000,00	\$ 75.000,00
Cimentación tanque	U	1	\$ 10.500,00	\$ 10.500,00
OTROS COSTOS				
Costos administrativos	GLB	1	\$ 6.200,00	\$ 6.200,00
Gestión de permisos municipales y ambientales			\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Honorarios técnicos por revisión de planos y memoria hidráulica			\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Coordinación logística y supervisión documental			\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Imprevistos administrativos			\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Alquiler maquinaria	GLB	1	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00
Retroexcavadora para zanjas de tubería (5 días)			\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Camión grúa para instalación de bomba (2 días)			\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
Compresor para pruebas hidráulicas (3 días)			\$ 800,00	\$ 800,00
Transporte y movilización de equipos			\$ 500,00	\$ 500,00
Sueldos personal	GLB	5	\$ 26.320,00	\$ 38.470,00
Técnico hidráulico		6	\$ 3.600,00	\$ 21.600,00
Supervisor de obra		1	\$ 2.250,00	\$ 2.250,00
Ayudante general		2	\$ 2.400,00	\$ 4.800,00
Seguridad social y beneficios			\$ 5.820,00	\$ 5.820,00
Alimentación y movilización			\$ 4.000,00	\$ 4.000,00
SUBTOTAL				\$369.669,65
IVA 15%				\$55.450,45
TOTAL				\$425.120,10

Fuente: Autoría Propia

En el presupuesto técnico del proyecto se desglosan los costes principales para la instalación del sistema contra incendios en la planta TRILEX, dividido en 5 partidas principales:

- Equipo de bombeo.
- Tubería y armarios
- Obra civil y tanque,
- Otros gastos de explotación.

Esta planificación financiera permite conocer cómo cada elemento apoya el desarrollo técnico-operativo del proyecto, para que las acciones se ejecuten con precisión, respaldo legal y eficiencia logística.

Uno: equipo de bombeo, Comprende la bomba centrífuga principal diésel de 750 GPM @150 PSI, el motor de 125 HP y la bomba jockey de 15 GPM @160 PSI. Estos equipos garantizan el flujo continuo de agua en situaciones críticas, cumpliendo con los estándares de la NFPA 20. La inversión en esta área asegura la capacidad hidráulica del sistema y su autonomía operativa.

Dos: tubería, que incluye la compra e instalación de tuberías de diferentes diámetros (10", 8", 6", 4", 2½" y 1½") en acero negro Cédula 10 y Cédula 40, con sus accesorios. Estas tuberías son parte de la red principal y las ramificaciones a gabinetes e hidrantes y fueron elegidas por su resistencia mecánica y compatibilidad con accesorios UL/FM.

Tres: 19 gabinetes completos Clase II con todos los accesorios necesarios para la atención de emergencias. Estos armarios se encuentran ubicados estratégicamente en la planta y cumplen con los estándares de respuesta rápida de NFPA 14.

Cuarto: obra civil y tanque, contempla la fabricación e instalación de un tanque en acero naval de 255 m³ y su cimentación. Esta reserva de agua satisface la autonomía mínima exigida por la normativa y asegura el suministro en caso de eventos prolongados.

Quinto: otros costos. Esta partida incluye tres componentes fundamentales para la ejecución del proyecto:

- Costos administrativos (\$6,200.00), que cubren permisos, honorarios técnicos y supervisión documental.
- Alquiler de maquinaria (\$3,500.00), destinado a retroexcavadora, camión grúa, compresor y transporte de equipos.
- Sueldos del personal técnico (\$33,470.00), que contemplan salarios, seguridad industrial, alimentación y movilización de técnicos, ayudantes y supervisores.

Aunque no son elementos hidráulicos, estos gastos representan la logística operativa del sistema y son indispensables para su implementación, pruebas y puesta en marcha conforme a los estándares de la NFPA.

En suma, estos cinco rubros suman $\$369,669.65 + \text{IVA } 16\% (\$55,450.35) = \$425,120.00$, conformando una planificación técnica completa, funcional y orientada a alcanzar los objetivos de protección contra incendios en la planta TRILEX.

Conclusiones

Una vez realizado el estudio análisis y posterior estructuración de la información recabada, se llega a las siguientes conclusiones:

- El diseño hidráulico del sistema de protección contra incendios presentado para la planta TRILEX, ubicada en el km 10.5 de la vía a Daule, permitió demostrar que la seguridad en instalaciones industriales corresponde a una necesidad estratégica. Y que, el proceso metodológico aplicado, levantamiento de campo, análisis normativo y modelación hidráulica, evidenció que la protección contra incendios requiere una estructura técnica robusta con la aplicación de criterios de las normas NFPA 14, NFPA 20, NFPA 24 y NFPA 25, junto con la normativa nacional NEC HS CI, que garantizan la seguridad del personal, la continuidad operativa y la protección de los bienes.
- La evaluación del predio y de las condiciones operativas ayudó a identificar zonas críticas y recopilar datos precisos que sirvieron de base para el cálculo y dimensionamiento de la red hidráulica, equipos y accesorios. Los resultados mostraron que la planta, por su naturaleza comercial y productiva, presenta riesgos propios de la manipulación y almacenamiento de polímeros, lo que exige sistemas de protección activa capaces de suministrar caudales y presiones incluso en condiciones extremas.

Además de que el software confirmó que la red hidráulica propuesta mantiene presiones adecuadas en el punto más desfavorable, con una presión mínima de 127.879 psi y un caudal total de 759.02 gpm, lo que demuestra que el sistema puede operar en condiciones críticas. La topología seleccionada, en forma de anillo con

ramales estratégicos, resultó ser la mejor opción para asegurar redundancia hidráulica, minimizar pérdidas por fricción y permitir futuras expansiones sin detener la producción. Y, el análisis de la demanda hidráulica definió con precisión el caudal total, la altura manométrica y la potencia de bombeo requeridas, verificando que la bomba seleccionada cumple con los puntos de operación necesarios. Incluso el empleo de ecuaciones como Hazen-Williams y Darcy-Weisbach permitió obtener una visión más completa del comportamiento del sistema, confirmando que las pérdidas estimadas se encuentran dentro de rangos aceptables.

- La memoria de cálculo, los planos hidráulicos, las especificaciones de los equipos y los registros de prueba no solo son un requisito legal, sino que también corresponden a herramientas de gestión que organizan y respaldan todo el proceso. Estos documentos permiten obtener la aprobación del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil y sirven como evidencia para futuras auditorías, inspecciones y certificaciones.
 - El desarrollo del presupuesto y del plan de implementación de la fase I permitió establecer con claridad los costos de materiales, equipos y mano de obra, así como el cronograma de ejecución y los criterios de priorización. El análisis financiero mostró que la inversión total asciende a \$411,143.54, incluyendo el IVA, lo que refleja una planificación ajustada y realista para la instalación del sistema sin comprometer la operación de la planta.
- El cronograma de ejecución, estructurado en fases, evidenció que la instalación gradual es viable y se ajusta a las condiciones de operación de la planta. Este

enfoque permite montar el sistema por etapas, realizar pruebas mientras la planta sigue funcionando y obtener datos reales que servirán para ajustar parámetros hidráulicos en el futuro sin detener la producción.

Finalmente, es posible llegar a la conclusión general de que el diseño hidráulico propuesto representa una solución sólida, respaldada por cálculos verificables, normas reconocidas y una visión integral de gestión del riesgo industrial. Cada objetivo planteado fue alcanzado: se diseñó un sistema conforme a normativa, se evaluaron las condiciones del predio, se elaboró la documentación técnica necesaria y se desarrolló un presupuesto y cronograma realistas. Todo ello confirma que el sistema contra incendios para la planta TRILEX no solo cumple con las exigencias legales, sino que constituye una inversión estratégica para la seguridad del personal, la protección de los bienes y la continuidad del negocio.

Recomendaciones

Asimismo, terminado el trabajo, se puede recomendar lo siguiente:

- Es recomendable que la empresa elabore el proyecto y construya el sistema hidráulico según el método por fases propuesto, priorizando las áreas de mayor riesgo y en las cuales la carga combustible y la presencia humana hacen más probable que se inicie un incendio. Esto permite ejecutarlo sin parar la producción y garantizar que cada etapa sea verificada con las pruebas correspondientes. La implementación gradual permitirá ajustarse a datos reales de las pruebas y a la situación económica de la empresa.
- Para la elección de equipos como bombas, válvulas y accesorios deben de estar listados por UL o aprobados por FM Global, en cumplimiento con NFPA 20, NFPA 14 y NFPA 24. Ya que la calidad y certificación de los equipos determinarán la confiabilidad del sistema completo y reducirán la probabilidad de fallas en la operación. Además, es recomendable mantener actualizadas de fichas técnicas, certificados de conformidad y curvas de rendimiento de cada componente instalado.
- La empresa debe establecer un programa estructurado de inspección, prueba y mantenimiento (ITM) basado en NFPA 25, que incluya inspecciones visuales regulares, pruebas funcionales de válvulas, pruebas de flujo de hidrantes y pruebas de bomba en condiciones reales de funcionamiento. Dicho programa debe ser ejecutado por personal capacitado y documentado, ya que es un requisito para mantener la certificación del sistema y asegurar su disponibilidad en caso de emergencia.

- Es aconsejable dotar el sistema hidráulico con un programa de capacitación continua para el personal operativo y de mantenimiento. Esto debe incluir procedimientos de respuesta a incendios, operación de válvulas, bombas y manómetros, y protocolos de evacuación. La capacitación continua hace más eficiente la respuesta del personal y reduce la probabilidad de error humano en una emergencia.
- Es aconsejable, además, que la empresa cree un sistema de monitoreo y registro de parámetros hidráulicos relevantes (presión en puntos críticos, tiempo de arranque de bomba, caudal entregado en pruebas, etc.). Estos indicadores serán una manera de medir el sistema en el tiempo, encontrar anomalías y realizar acciones preventivas o correctivas. La digitalización de estos archivos hará posible las auditorías internas y externas.
- Antes de dar por instalado y en funcionamiento el sistema, es aconsejable realizar pruebas integrales de todo el sistema, simulando un flujo real desde el punto de abastecimiento hasta los gabinetes y Boca Toma de Incendios Equipada (BIES). Estas pruebas deben confirmar que no haya obstrucciones, válvulas cerradas, conexiones defectuosas o componentes mal instalados que puedan bloquear el flujo de agua en caso de emergencia. Para ello, se recomienda seguir los protocolos de prueba descritos en NFPA 25, en particular aquellos relacionados con el comisionamiento y la verificación funcional del sistema.
- Finalmente, la empresa debe revisar el diseño hidráulico de manera periódica, si cambian los procesos productivos, se amplían las áreas de almacenamiento o

cambia la carga combustible. Cualquier cambio significativo en la planta puede alterar la demanda hidráulica o la mejor topología del sistema, por lo que los cálculos y planos deben actualizarse en consecuencia. Esta revisión periódica garantizará que el sistema continúe cumpliendo con los requisitos reglamentarios y operativos a lo largo de su ciclo de vida.

Referencias


- AWWA. (2018). *Water distribution systems handbook*. American Water Works Association.
- AWWA. (2020). *Hydraulic modeling and system verification guidelines*. American Water Works Association.
- Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil. (2019). *Normativa para sistemas contra incendios*.
- Bukowski, R. (2010). *Sprinkler technology for fire protection*. National Institute of Standards and Technology.
- Cote, A. E. (2012). *Fire protection handbook*. National Fire Protection Association.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2021). *Impacto económico de los incendios industriales en América Latina*. CEPAL.
- Corporación Adesur. (s.f.). *Componentes del sistema hidráulico contra incendios*. Material técnico interno.
- Drysdale, D. (2011). *An introduction to fire dynamics*. Wiley.
- Factory Mutual Global. (2019). *FM approval guide: Fire protection*. FM Global.
- Firetrol. (2019). *UL/FM fire pump controller performance report*. Firetrol Technical Bulletin.
- FM Global. (2020). *Internal corrosion in fire protection piping systems (Data Sheet 2-1)*.
- Fox, R. W., & McDonald, A. T. (2015). *Introduction to fluid mechanics*.

- Frank, K., Gravestock, P., Spearpoint, M., & Fleischmann, C. (2013). *Fire protection engineering*. Springer.
- Google Earth. (s.f.). Ubicación de la planta TRILEX, km 10.5 vía a Daule.
<https://earth.google.com>
- Grimwood, P. (2015). *Fire attack: Strategy and tactics*. Fire Protection Press.
- Gulich, J. (2019). *Centrifugal pumps*. Springer.
- Hurley, M. J., et al. (2016). *SFPE handbook of fire protection engineering* (5th ed.). Springer.
- Idelchik, I. E. (2008). *Handbook of hydraulic resistance*. CRC Press.
- Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., & Heald, C. (2001). *Pump handbook*. McGraw-Hill.
- Klote, J. (2012). *Fire protection engineering in building design*. ASHRAE.
- MIDUVI. (2023). *Normativa ecuatoriana de construcción – Sección contra incendios (NEC-HS-CI)*.
- National Fire Protection Association. (2019). *NFPA 13: Standard for the installation of sprinkler systems*.
- National Fire Protection Association. (2019). *NFPA 14: Standard for standpipe and hose systems*.
- National Fire Protection Association. (2020). *NFPA 20: Standard for the installation of fire pumps*.
- National Fire Protection Association. (2022). *NFPA 25: Standard for the inspection, testing, and maintenance of water-based fire protection systems*.

- National Fire Protection Association. (2022). *NFPA 70: National electrical code*.
- O'Connor, T. (2024). Hydraulic network topologies for industrial fire protection. *Fire Safety Journal*.
- PipeFlow Software. (2021). *Hydraulic network visualization and analysis tools*. PipeFlow Engineering Manual.
- Puchovsky, M. (2014). *Inspection, testing and maintenance of fire protection systems*. National Fire Protection Association.
- Rossman, L. (2017). *EPANET 2.2 user manual*. U.S. Environmental Protection Agency.
- Shamir, U., & Howard, C. (2010). Model calibration and validation in water systems. *Water Resources Research*.
- Smith, J. (2013). *Piping and pipeline engineering*. McGraw-Hill.
- Streeter, V., & Wylie, E. (2017). *Fluid mechanics*. McGraw-Hill.
- Viking Group. (2020). *Remote area design guidelines for sprinkler systems*. Viking Technical Manual.
- Vieillard-Baron, B. (2016). *Industrial piping systems*. Elsevier.
- Walski, T. M. (2001). *Hydraulic modeling of water distribution systems*. Lewis Publishers.
- White, F. (2016). *Fluid mechanics*. McGraw-Hill.


Anexos

 <p>FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio</p>
<p>PROYECTO: DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE</p>
<p>MEMORIA TÉCNICA DEL SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS REFERENCIA: 2025-GYE-MT-01-A</p>

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ALCANCE	1
1.1.1. SISTEMAS HIDRÁULICOS	1
2. INFORMACIÓN DEL PROYECTO	2
2.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO	2
2.2. DATOS DEL PROYECTO	2
2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS	3
3. UNIDADES DE MEDICIÓN	4
4. NORMAS DE REFERENCIA	4
5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO	5
5.1. RED PRIVADA (CONEXIONES DE MANGUERA)	5
5.2. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO	6
5.3. DIMENSIONAMIENTO DE RESERVA DE AGUA	6
6. VALIDACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DISEÑADO	7
6.1. DATOS GENERALES (HYDRAULIC OVERVIEW)	8
6.2. RESUMEN HIDRÁULICO (HYDRAULIC SUMMARY)	8
6.3. RESUMEN HIDRÁULICO DE LOS DISPOSITIVOS O EQUIPOS SIMULADOS (SUMMARY OF OUTFLOWING DEVICES)	10
6.4. ANÁLISIS DE NODOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA (NODE ANALYSIS)	10
6.5. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LOS TRAMOS DE TUBERÍA DEL SISTEMA (HYDRAULIC ANALYSIS)	11
6.6. CURVA HIDRÁULICA DEL SISTEMA (HYDRAULIC GRAPH)	12
7. MANTENIMIENTO	13
8. TUBERÍA A USARSE	13
9. PRUEBAS DE ENTREGA Y RECEPCIÓN	13
9.1. PRUEBAS PRELIMINARES	14
9.2. PRUEBA HIDROSTÁTICA	14
9.3. PRUEBAS FINALES	14
9.4. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	14


DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RELACIÓN DE ÁREAS	3
TABLA 2. TABLA DE UNIDADES DE MEDICIÓN	4
TABLA 3. TABLA DE FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	13

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL Y COMERCIAL TRILEX	2
FIGURA 2. RELACIÓN DE ÁREAS	3
FIGURA 3. SECCIÓN HYDRAULIC OVERVIEW	8
FIGURA 4. SECCIÓN HYDRAULIC SUMMARY	9
FIGURA 5. SECCIÓN SUMMARY OF OUTFLOWING DEVICES	10
FIGURA 6. SECCIÓN SUMMARY OF NODE ANALYSIS	10
FIGURA 7. SECCIÓN HYDRAULIC ANALYSIS	11
FIGURA 8. SECCIÓN HYDRAULIC GRAPH	12

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

1. INTRODUCCIÓN

Este documento de ingeniería se elaboró como parte de la estrategia fundamental encaminada a cumplir con las expectativas y necesidades de INDUSTRIAL Y COMERCIAL TRILEX, en adelante, TRILEX, de establecer niveles aceptables de seguridad contra incendio en la totalidad de áreas de la planta industrial, ubicada en Guayaquil, Ecuador.

El presente documento tiene como objetivo definir los principales riesgos de incendio, los requerimientos de protección contra incendio y sus criterios de diseño, según los lineamientos dados por la normatividad en seguridad contra incendios, con el propósito de que la instalación tenga un nivel mínimo aceptable de seguridad contra incendios que asegure la protección de las personas, del medio ambiente, de los bienes y la continuidad de las operaciones.


1.1. ALCANCE

El alcance principal de esta Ingeniería es definir un nivel mínimo aceptable de seguridad contra incendio, en cuanto a sistemas de extinción de incendio para el proyecto, basados en las normativas aplicables nacionales e internacionales.

Dentro del alcance del proyecto se incluyen las siguientes actividades:

1.1.1. SISTEMAS HIDRÁULICOS

- Trazados de la red privada..
- Validación de la red privada diseñada a través de cálculos hidráulicos usando el programa AUTOSPRINK Vr. 2018, el cual es un software especializado en sistemas contra incendio a base de agua, con ejemplo de cálculo y explicación de resultados.
- Planos en AUTOCAD, de los diseños realizados en planta e isométrico.
- Elaboración de las especificaciones técnicas, donde se incluyen las características de todos los componentes de los sistemas diseñados.
- Memorias de cálculo hidráulico para la consideración del área de incendio más desfavorable hidráulicamente de la planta Trilex.

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

- Cantidades de materiales y presupuesto para el desarrollo del suministro, montaje y puesta en marcha de los sistemas diseñados.

2. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

2.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

En la lotización Inmaconsa, km. 9 1/2 vía a Daule, av. Camilo Ponce Enríquez y calle 23c se encuentra localizada la planta Trilex. A continuación se muestra la referencia:

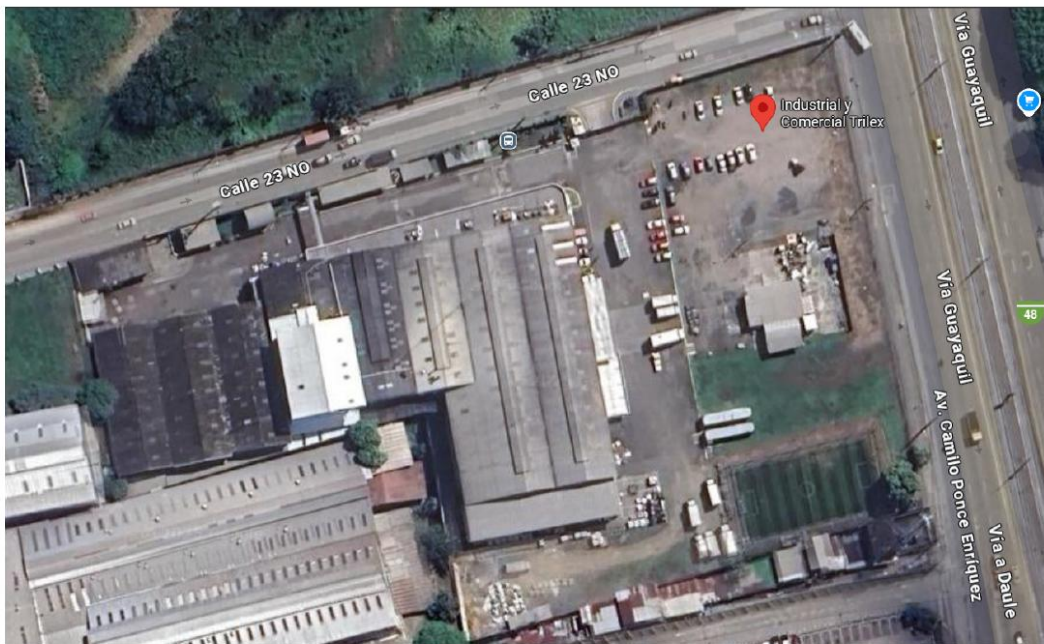



FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL Y COMERCIAL TRILEX

2.2. DATOS DEL PROYECTO

- RUC: 0990013160001
- Razón Social: Industrial Y Comercial Trilex C.A.
- Código Catastral: 60-9-10-0-0-0-1, 60-9-9-0-0-0-1
- Nombre de la edificación: Industrial Y Comercial Trilex C.A.
- Uso de la edificación: Fábrica, Oficinas Y Bodegas.

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

- Dirección: Guayaquil
- Área De Construcción: 7.760,97 m²

2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS


El desarrollo de la ingeniería comprende el diseño del sistema de bombeo, red privada contra incendio para la planta TRILEX ubicada en Guayaquil, Ecuador.



FIGURA 2. RELACIÓN DE ÁREAS

TABLA 1 RELACIÓN DE ÁREAS

CLASIFICACIÓN	NORMA DE DISEÑO
Toda Las Áreas Conexión de Mangueras e Hidrantes	NFPA 24

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

3. UNIDADES DE MEDICIÓN

TABLA 2. TABLA DE UNIDADES DE MEDICIÓN

VARIABLE	UNIDAD
Temperatura	Grados Fahrenheit (°F)
Presión	Libras por pulgada cuadrada de presión (psi)
Flujo	Galones por minutos (gpm)
Capacidad	Galones (gal)
Longitud / Diámetro	Pies (pies) / pulgadas (plg)/metros (m)
Velocidad	Pies por segundo (pie/seg)
Área	Pie cuadrado (pie ²)/Metro cuadrado (m ²)
Volumen	Pie cubico (pie ³)

4. NORMAS DE REFERENCIA

El trabajo de ingeniería de protección contra incendios incluido en este documento se realizó basado en la última edición de la normativa internacional en seguridad contra incendios vigente para este tipo de instalaciones, destacando las normas de la National Fire Protection Association (NFPA), y normativa ecuatoriana de la construcción. Entre ellas están:

NEC-HS-CI – Norma Ecuatoriana de la Construcción Ed. 2019.


NFPA 1 – Código Uniforme de Protección Contra Incendios. Ed. 2024.

NFPA 101 – Código de Seguridad Humana. Ed. 2024.

NFPA 14 – Instalación de Columnas de Agua y Sistemas de Mangueras. Ed. 2024.

NFPA 20 – Instalación de Bombas contra Incendio. Ed. 2025.

NFPA 24 – Redes Privadas de Protección contra Incendio. Ed. 2025.

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO


5.1. RED PRIVADA (CONEXIONES DE MANGUERA)

La validación hidráulica de la red principal contra incendios se realizó con el software “AutoSPRINK VR 2018” especializado en cálculos hidráulicos de sistemas contra incendio a base de agua; la capacidad (diámetros, anillos hidráulicos y trazado) de la red fue diseñada para suplir las demandas de las conexiones de manguera contra incendio más remotos y los sistemas particulares requeridos en el proyecto (conexiones de manguera y sistema de bombeo).

La red contra incendio diseñada para la planta es de tipo húmedo, es decir, llena de agua y presurizada, la cual una vez que opere algún elemento en la red (ej.: conexión de manguera) la presión de la red baja y se iniciará la operación automática de la bomba contra incendio para suministrar el caudal y la presión que se requiera.

Las conexiones de mangueras contempladas para la protección del Colegio son del tipo Clase III (conexiones de manguera de 2½” y 1½”) e hidrantes; estas conexiones de manguera se clasifican así según la norma NFPA 14 edición 2024. En el numeral 7.10.1 y 7.10.1.2 de la NFPA 14 correspondiente al sistema de mangueras Clase I, II y III, se indica que la tasa de flujo mínima debe basarse en proveer 250 gpm para las tres (3) conexiones hidráulicamente más remotas, para un flujo total de 750 gpm a una presión mínima de 100 psi.

La capacidad de la red está determinada por la demanda máxima requerida por el área de mayor riesgo de incendio, en este caso la red privada. La red contra incendio fue diseñada para utilizar tubería de material de acero carbono.

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

5.2. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO

Basados en los criterios de diseño dados para la protección de la red, a continuación, se define el equipo de bombeo contra incendio requerido.

- Una (1) bomba horizontal principal de carcasa partida, Diesel, con capacidad en su punto nominal de 750gpm@150psi. Listada UL y Aprobada FM, para el servicio contra incendio.
- Una (1) bomba jockey (sostenedora de presión) vertical en línea, accionada por motor eléctrico, con capacidad mínima de 0,75gpm@160psi.


Los tableros de control de la bomba cumplirán con las siguientes condiciones de operación:
Si la presión en la red cae por debajo de 150 psi, se enciende la bomba jockey; cuando el sistema alcanza una presión de 160 psi esta bomba se detiene.

Si está operando la bomba jockey y la presión de la red sigue bajando hasta 140 psi, se encenderá automáticamente la bomba Diesel, esta acción deberá ser por la operación de un elemento de la red (ej: gabinete o rociador). Esta bomba permanecerá encendida hasta que se dé una orden de parada manual local.

El tablero de la bomba contra incendio diésel debe tener la opción de encendido automático semanal, a un día y hora programados. Esto según los criterios dados por NFPA 20.

5.3. DIMENSIONAMIENTO DE RESERVA DE AGUA

Considerando un tiempo mínimo de reserva de 90 min se tiene que el volumen de agua requerido para el Sistema Contra Incendio es de 255,487.00 Lts, por lo que se asume 255 m³ (ochenta y cinco metros cúbicos), de uso exclusivo para el Sistema Hidráulico Contra Incendio.

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

6. VALIDACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DISEÑADO

A continuación, se presentan los resultados de la simulación hidráulica por computador que validan los sistemas diseñados, de acuerdo con cada evento de incendio definido; los resultados de cálculo presentados en los siguientes numerales manejan los siguientes conceptos y cuyos significados son:


Presión requerida en el sistema (System Pressure Demand): Es la presión mínima requerida en la Bomba Contra Incendio para suplir el flujo mínimo requerido en los sistemas que requieren ser operados para el control de incendio.

Caudal requerido por el sistema (System Flow Demand): Es el caudal requerido por la suma de la demanda de agua, según los criterios dados.

Presión suplida por la bomba (Pump Pressure Supply): Esta es la presión que puede suplir la bomba según su curva de diseño (750 gpm @ 150 psi) al caudal requerido por la red de mangueras.

A continuación, se describe cada uno de los reportes obtenidos del software AutoSprink Vr. 2018 que contiene la validación hidráulica realizada para el sistema de gabinetes diseñado. Esta memoria cuenta con los siguientes capítulos, que son explicados a continuación:

- Hydraulic Overview.
- Hydraulic Summary.
- Summary of Outflowing Devices.
- Node Analysis.
- Hydraulic Analysis.
- Hydraulic Graphs.

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

6.1. DATOS GENERALES (HYDRAULIC OVERVIEW)

Esta parte de las memorias de cálculo muestra los siguientes datos:

- Job: Datos de los diseñadores, nombre y ubicación de propietarios del sistema diseñado.
- System: Indica el comportamiento general del sistema y de sus componentes que significa:

Hydraulic Overview					Job Number: OSHO-696-B1 Report Description:				
Job									
Job Number OSHO-696-B1			Design Engineer OSHO INGENIERIA						
Job Name FIREARMOUR INDUSTRIAL Y COMERCIAL TRILEX			Phone 601 6758641			FAX			
Address 1 RED PRIVADA CONTRA INCENDIO			State Certification/License Number						
Address 2 SUPLENCIA DE 750@150			AHJ						
Address 3			Job Site/Building RED PRIVADA CONTRA INCENDIO						
System									
Density NA			Area of Application NA						
Most Demanding Sprinkler Data K-Factor at			Hose Streams 750.00						
Coverage Per Sprinkler NA			Number Of Sprinklers Calculated 0						
System Minimum Pressure 127.879			System Flow Demand 759.02						
Total Demand 759.02 @ 127.879			Pressure Result +21.898 (14.6%)						
Supplies					Check Point Gauges				
<u>Node</u>	<u>Name</u>	<u>Flow(gpm)</u>	<u>Hose Flow(gpm)</u>	<u>Static(psi)</u>	<u>Residual(psi)</u>	<u>Identifier</u>	<u>Pressure(psi)</u>	<u>K-Factor(K)</u>	<u>Flow(gpm)</u>
1	Water Supply	750.00		160.000	150.000				


FIGURA 3. SECCIÓN HYDRAULIC OVERVIEW

Supplies: Muestra la descripción del punto de conexión para la simulación del sistema con la siguiente información: El nodo uno (1) que representa el punto de alimentación en la base del sistema de bombeo, con un flujo nominal de 750 gpm, con una presión estática de 160 psi y una presión residual de 150 psi.

6.2. RESUMEN HIDRÁULICO (HYDRAULIC SUMMARY)

Esta parte de las memorias de cálculo muestra las siguientes secciones:

- Job: Datos de los diseñadores, nombre y ubicación de propietarios del sistema diseñado.


DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

- System: Muestra los criterios de diseño dados para los elementos del sistema:

Hydraulic Summary		Job Number: OSHO-696-B1									
Job		Report Description:									
Job Number OSHO-696-B1		Design Engineer OSHO INGENIERIA									
Job Name FIREARMOUR INDUSTRIAL Y COMERCIAL TRILEX		State Certification/License Number									
Address 1 RED PRIVADA CONTRA INCENDIO		AHJ									
Address 2 SUPLENCIA DE 750@150		Job Site/Building RED PRIVADA CONTRA INCENDIO									
Address 3		Drawing Name RED PRIVADA - 750									
System		Remote Area(s)									
Most Demanding Sprinkler Data K-Factor at		Occupancy NA	Job Suffix Manually Flowing								
Hose Allowance At Source 0.00		Density NA	Area of Application NA								
Additional Hose Supplies		Number Of Sprinklers Calculated 0	Coverage Per Sprinkler NA								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Node</th> <th>Flow(gpm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hose At Node 139</td> <td>250.00</td> </tr> <tr> <td>Hose At Node 151</td> <td>250.00</td> </tr> <tr> <td>Hose At Node 209</td> <td>250.00</td> </tr> </tbody> </table>		Node	Flow(gpm)	Hose At Node 139	250.00	Hose At Node 151	250.00	Hose At Node 209	250.00	AutoPeak Results: Pressure For Remote Area(s) Adjacent To Most Remote Area	
Node	Flow(gpm)										
Hose At Node 139	250.00										
Hose At Node 151	250.00										
Hose At Node 209	250.00										
Total Hose Streams 750.00											
System Flow Demand 759.02	Total Water Required (Including Hose Allowance) 759.02										
Maximum Pressure Unbalance In Loops 0.000											
Maximum Velocity Above Ground 17.10 between nodes 213 and 209											
Maximum Velocity Under Ground											
Volume capacity of Wet Pipes 6455.71gal	Volume capacity of Dry Pipes										
Supplies											
Node	Name	Hose Flow (gpm)	Static (psi)	Residual (psi)	@	Flow (gpm)	Available (psi)	@	Total Demand (gpm)	Required (psi)	Safety Margin (psi)
1	Water Supply		160.000	150.000		750.00	149.776		759.02	127.879	21.898

FIGURA 4. SECCIÓN HYDRAULIC SUMMARY

El resultado general del cálculo, indica que se requiere 127.87 psi de presión en el punto de alimentación del sistema para un flujo de 759.02 gpm. La presión disponible es de 149.78 psi, obteniendo así un factor de seguridad de 21.90 psi.

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

6.3. RESUMEN HIDRÁULICO DE LOS DISPOSITIVOS O EQUIPOS SIMULADOS (SUMMARY OF OUTFLOWING DEVICES)

En esta página se muestran las demandas de presión y flujo de los puntos que se fluyeron en el cálculo, a cada uno de los puntos se les asigna el factor K respectivo y un flujo requerido, en este caso K = 25 y un caudal mínimo de operación de 250 gpm.


 Summary Of Outflowing Devices						Job Number: OSHO-696-B1
						Report Description:
Device		Actual Flow (gpm)	Minimum Flow (gpm)	K-Factor (K)	Pressure (psi)	
Hose	139	253.90	250.00	25	103.147	
Hose	151	250.00	250.00	25	100.000	
Hose	209	255.12	250.00	25	104.138	

FIGURA 5. SECCIÓN SUMMARY OF OUTFLOWING DEVICES

6.4. ANÁLISIS DE NODOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA (NODE ANALYSIS)

En estas páginas el cálculo muestra los flujos y presiones en los puntos de flujo; así mismo se puede observar las elevaciones de cada nodo hidráulico con respecto al nivel del punto de conexión del sistema.



 Node Analysis					Job Number: OSHO-696-B1
					Report Description:
Node	Elevation(Meter)	Fittings	Pressure(psi)	Discharge(gpm)	
1	0.95m	S	127.879	759.02	
139	1.10m	Hose(-103.147)(9.45m)	103.147	253.90	
151	1.23m	Hose(-100.000)(9.45m)	100.000	250.00	
209	0.50m	Hose(-104.138)(9.45m)	104.138	255.12	
90	0.50m		128.390		
94	0.50m	T(15.24m)	128.482		
134	0.50m	T(3.66m)	116.747		
149	0.50m	mecT(5.02m)	116.858		
154	0.50m	E(1.83m)	112.292		
213	4.50m	E(1.83m)	111.131		
251	-0.90m	E(6.72m)	119.919		
252	0.50m	T(9.14m)	118.025		
253	-0.90m	E(4.27m)	119.865		
258	-1.20m	E(5.49m)	119.703		
285	-1.20m	E(9.31m)	119.793		
345	1.00m	Hose(9.45m)	100.000		
397	1.00m	Hose(9.45m)	100.000		
514	0.50m	T(5.70m)	121.278		
544	1.00m	Hose(9.45m)	100.000		

FIGURA 6. SECCIÓN SUMMARY OF NODE ANALYSIS

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

6.5. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LOS TRAMOS DE TUBERÍA DEL SISTEMA (HYDRAULIC ANALYSIS)


Hydraulic Analysis								Job Number: OSHO-696-B1 Report Description:	
Pipe Type	Diameter	Flow	Velocity	HWC	Friction Loss		Length	Pressure	
Downstream	Elevation	Discharge	K-Factor	Pt	Pn	Fittings	Eq. Length	Summary	
Upstream							Total Length		
Route 1									
ST	2.4690	250.00	16.75	120		0.706723	0.99m	Pf	11.254
151	1.23m	250.00		100.000		Hose(-100.000)(9.45m)	14.94m	Pe	1.038
154	0.50m			112.292		T(3.66m), E(1.83m)	15.92m	Pv	
FR	2.6350	250.00	14.71	120		0.514785	3.85m	Pf	4.566
154	0.50m			112.292			5.02m	Pe	
149	0.50m			116.858		mecT(5.02m)	8.87m	Pv	
FR	7.9810	503.90	3.23	120		0.008530	39.10m	Pf	0.427
149	0.50m	253.90		116.858		Flow (q) from Route 2	10.97m	Pe	2.418
258	-1.20m			119.703		2E(5.49m)	50.07m	Pv	
FR	8.3900	503.90	2.92	140		0.005028	8.74m	Pf	0.091
258	-1.20m			119.703			9.31m	Pe	
285	-1.20m			119.793		E(9.31m)	18.05m	Pv	
FR	7.9810	503.90	3.23	120		0.008530	37.76m	Pf	0.650
285	-1.20m			119.793			38.40m	Pe	-2.418
252	0.50m			118.025		7E(5.49m)	76.17m	Pv	
FR	7.9810	759.02	4.87	120		0.018201	140.30m	Pf	3.253
252	0.50m	255.12		118.025		Flow (q) from Route 3	38.40m	Pe	-0.000
514	0.50m			121.278		7E(5.49m)	178.70m	Pv	
FR	7.9810	759.02	4.87	120		0.018201	323.72m	Pf	7.112
514	0.50m			121.278			67.06m	Pe	0.000
90	0.50m			128.390		12E(5.49m), GV(1.22m)	390.78m	Pv	
DY	10.0200	759.02	3.09	120		0.006010	0.00m	Pf	0.092
90	0.50m			128.390			15.24m	Pe	
94	0.50m			128.482		T(15.24m)	15.24m	Pv	
ST	10.0200	759.02	3.09	120		0.006010	1.13m	Pf	0.047
94	0.50m			128.482			6.71m	Pe	-0.650
1	0.95m			127.879		E(6.71m), S	7.84m	Pv	
		0.00	Hose Allowance At Source						
1		759.02							

FIGURA 7. SECCIÓN HYDRAULIC ANALYSIS

En esta sección el programa muestra el comportamiento hidráulico del sistema diseñado, a través, de un resumen general de todos los tramos de tubería que componen el sistema y se lee así:

En la fila superior se indica el tipo de tubería ST (Stand Pipe), de diámetro 2½" (2.4690 reales internas), con caudal de 250 gpm y velocidad en el tramo de 16.75 pies/seg, el coeficiente C = 120 y pérdidas por fricción en el tramo de 0.706723 psi/metro.

La longitud en el tramo es de 0.99m, con longitud equivalente por accesorios de 14.94 m, para una longitud total de 15.92 m. Las pérdidas por fricción en el tramo son de 11.254

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

psi/metros y -1.038 pérdidas por elevación. Adicionalmente, se encuentran la explicación de las convenciones y unidades de medida. Los demás tramos se leen igual.

6.6. CURVA HIDRÁULICA DEL SISTEMA (HYDRAULIC GRAPH)

La curva hidráulica muestra el comportamiento del punto de conexión del sistema y el punto donde se ubica la necesidad de flujo y presión del sistema contra incendio. El espacio entre la curva y el punto de flujo del sistema es el factor de seguridad.

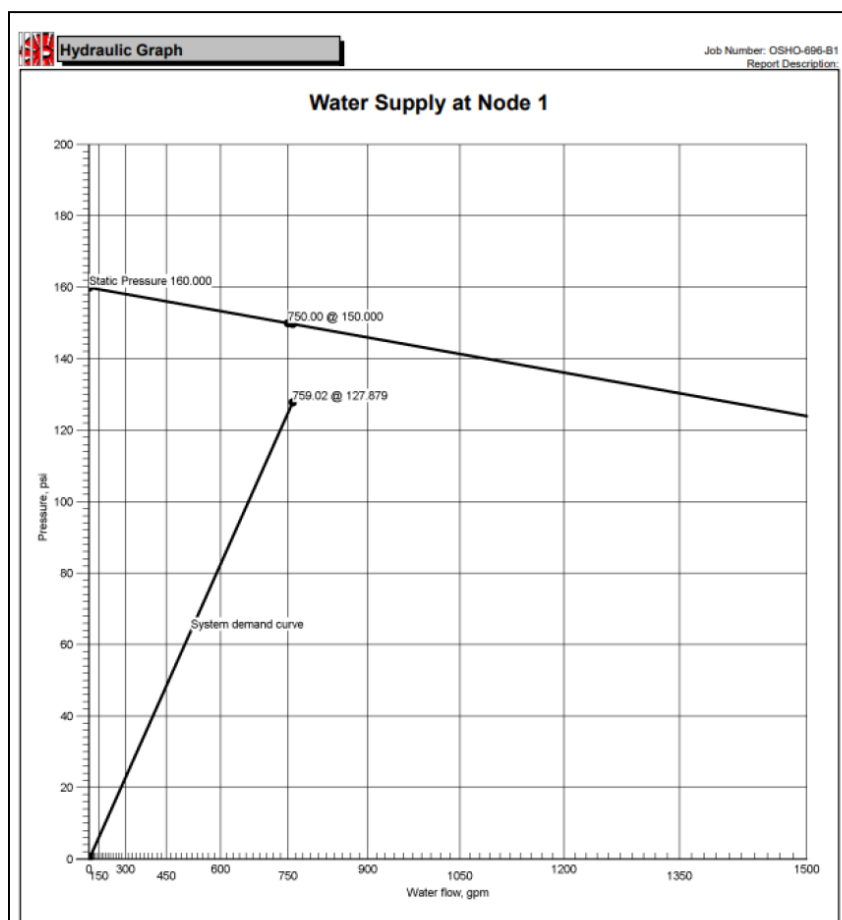



FIGURA 8. SECCIÓN HYDRAULIC GRAPH

DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO CONTRA INCENDIOS		 FIREARMOUR Ingeniería de Seguridad Contra incendio	
DOCUMENTO		INGENIERÍA SCI PLANTA TRILEX VÍA A DAULE	
REFERENCIA	2025-GYE-MT-01	REVISIÓN: A	

7. MANTENIMIENTO

A continuación se detallan los principales elementos, cuyo plan de inspección, prueba y mantenimiento (IPM), se encuentran descritos en la norma NFPA 25, Ed. 2023.

TABLA 3. TABLA DE FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO

EQUIPO - SISTEMA		FRECUENCIA	NORMA A APLICAR
Sistemas de columnas y mangueras	Conexiones de mangueras	Trimestral	NFPA 25, Ed 2023
	Válvulas	Semanal / Mensual / Anual	NFPA 25, Ed 2023
Bomba de Incendios		Mensual / Semestral / Anual	NFPA 25, Ed 2023

8. TUBERÍA A USARSE

El material de las tuberías es acero negro Cédula 10 - HN ASTM A-53 (tubería aprobada por NFPA 14 Ed. 2024 protegido exteriormente con pintura anticorrosiva color rojo y que incorpore su debida identificación y dirección de flujo.

La red de incendios estará conformada por la red principal sobre la cual derivará la línea de alimentación hacia los gabinetes.

Red Principal o Matriz. - Se inicia la tubería de Ø8" existente que viene de la descarga de la bomba principal diésel ubicada en la casa de bombas. La red principal se distribuye por el perímetro hasta realizar todo el recorrido hasta el parqueadero..

Redes Secundarias o Derivaciones. - Son las derivaciones del sistema principal para abastecer a los gabinetes de la planta.

9. PRUEBAS DE ENTREGA Y RECEPCIÓN

Una vez entregado el sistema es recomendable que los responsables de la planta establezcan un cronograma de actividades de inspección, prueba y mantenimiento (IPM) del

Red general SCI
Planta TRILEX



Ubicación de Referencia:

Via a Daule Km10.5 Industria Triplex

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA
CONTRA INCENDIOS (SCI)

DESCRIPCIÓN:
El presente plano forma parte del diseño del Sistema Contra Incendios (SCI) del proyecto, elaborado conforme a criterios técnicos de ingeniería normativa vigente y requerimientos de seguridad, con el objetivo de garantizar la protección de vidas humanas y bienes materiales.

AUTORÍA DEL PROYECTO:
Proyecto desarrollado y diseñado por:
Anthony Cuasos
Gabriel Arévalo

FINALIDAD DEL PROYECTO:
El presente diseño ha sido elaborado como Trabajo de Titulación para la obtención del título de Ingeniero Civil, constituyendo un proyecto académico desarrollado de manera conjunta por los autores.

INSTITUCIÓN ACADÉMICA:
Universidad Politécnica Salesiana

ALCANCE:
El diseño del Sistema Contra Incendios comprende la red hidráulica, gabinetes contra incendios, red exterior y demás elementos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema, de acuerdo con las condiciones del proyecto.

NORMATIVA APLICABLE:
El diseño se rige por las disposiciones establecidas en:

- NFPA 13
 - NFPA 14
 - NFPA 20
 - NFPA 24
 - NFPA 25
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)

Ordenanzas y disposiciones del Cuerpo de Bomberos competente

DECLARACIÓN TÉCNICA:
Los autores declaran que el presente diseño ha sido desarrollado bajo criterios técnicos, académicos y normativos, aplicando los conocimientos adquiridos durante la formación profesional en la carrera de Ingeniería Civil.

NOTA ACLARATORIA:
Este plano ha sido elaborado con fines académicos y de titulación. Cualquier ejecución, modificación o implementación definitiva deberá ser revisada, aprobada y validada por profesionales responsables y las entidades de control correspondientes.

Elaborado por:	Anthony Cuasos
Revisado por:	Gabriel Arévalo
Aprobado por:	
Fecha:	15/05/2024

ENTIDAD EDUCATIVA:
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA:
INGENIERÍA CIVIL

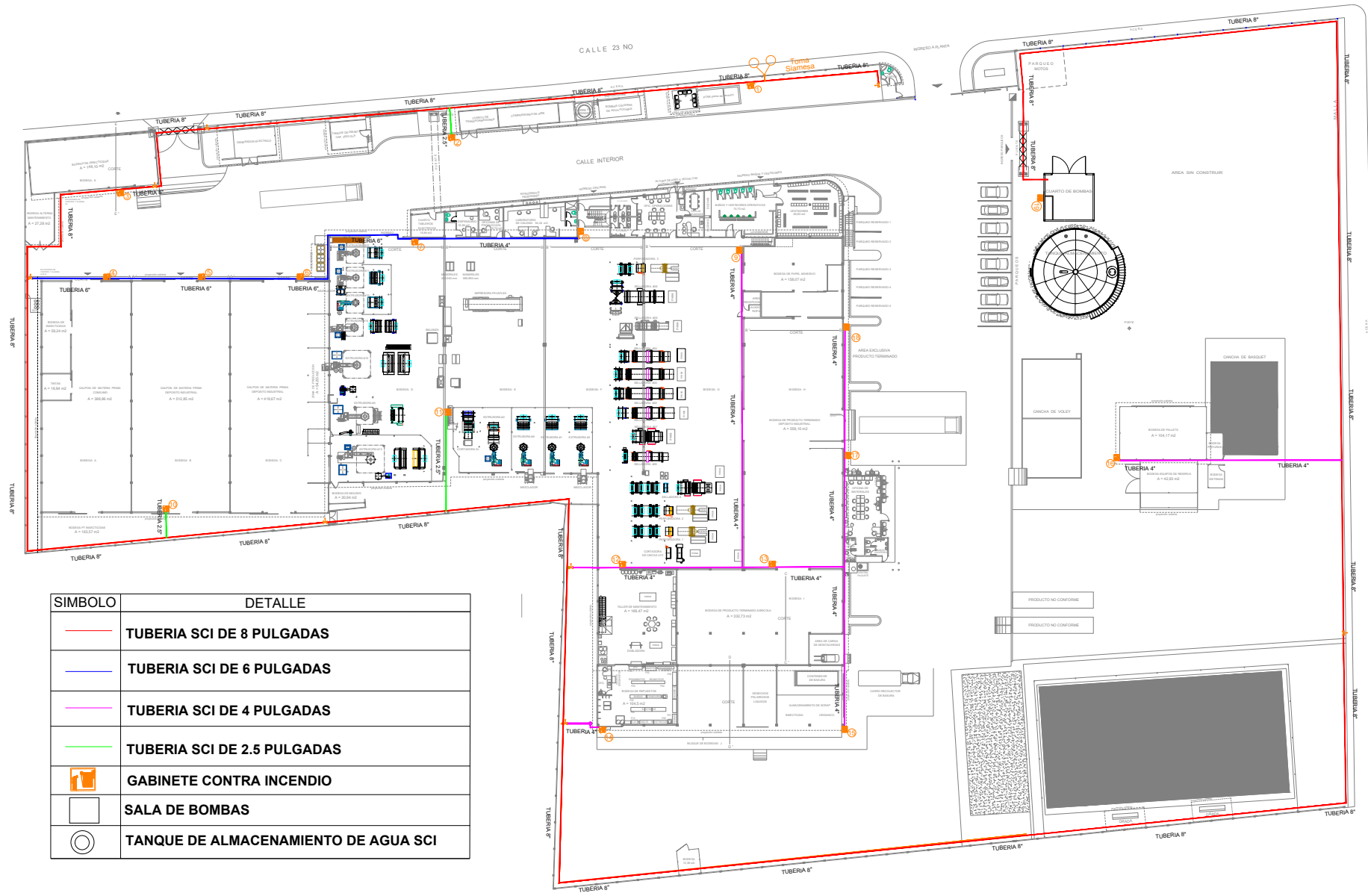
TÍTULO:
TRABAJO DE TITULACIÓN

**SISTEMA DE PROTECCIÓN
CONTRA INCENDIO**

Contiene:
PLANO GENERAL DEL SCI

Numero de referencia:
FIC-00002060

ESCALA: 1:300
Hoja: 1/1



SÍMBOLO	DETALLE
	TUBERIA SCI DE 8 PULGADAS
	TUBERIA SCI DE 6 PULGADAS
	TUBERIA SCI DE 4 PULGADAS
	TUBERIA SCI DE 2.5 PULGADAS
	GABINETE CONTRA INCENDIO
	SALA DE BOMBAS
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA SCI