

**DISEÑO DE UNA RED CONTRA INCENDIOS PARA LAS INSTALACIONES DE
LA EMPRESA TEXTIL RITCHI S.A.S.**

**DAVID CIFUENTES MEDINA
PAULA ANDREA GARZÓN DELGADILLO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2020**

**DISEÑO DE UNA RED CONTRA INCENDIOS PARA LAS INSTALACIONES DE
LA EMPRESA TEXTIL RITCHI S.A.S.**

**DAVID CIFUENTES MEDINA
PAULA ANDREA GARZÓN DELGADILLO**

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2020**

Nota de aceptación:

Ing. Eric Fabien Navarro Arquez

Ing. Hilda Sofia Soto Lesmes

Bogotá D.C., Febrero de 2020

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretaria General

Dra. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN

Decano Facultad de Ingenierías

Dr. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director del Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. CARLOS MAURICIO VELOZA VILLAMIL

Las directivas de la Fundación Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

A Dios por darme fuerza y sabiduría cuando se me han presentado obstáculos en el camino hacia culminar mis estudios profesionales, resultando en la consecución del presente trabajo de grado.

Especialmente a mis padres, que con su incansable esfuerzo y dedicación, han asegurado que se me sea posible cumplir el sueño de estudiar aquello que me apasiona. A ellos, mi motor y por ellos, para que se sientan orgullosos de la persona que formaron.

Finalmente a Isabel, por siempre estar ahí.

David Cifuentes Medina

A Dios, porque me ha guiado y me ha iluminado en mis decisiones, permitiéndome siempre salir adelante; a mi familia, por darme el apoyo y el ánimo para cumplir esta meta, me han educado para cumplir con mis compromisos siempre con la mejor energía siendo mi mayor ejemplo. A mis amigos y profesores que día a día me enseñaron a saber cómo reaccionar ante diferentes proyectos que se me presenten y a la Universidad de América que permitió formarme como profesional.

A lo largo de la vida, se conocen personas, unas se van, otras se quedan, pero todas aportan un granito de arena para crecer y aprender de la vida. La buena energía es vital para afrontar cada situación, el ver las nuevas oportunidades ante momentos que no parezcan tenerlas, te permite caminar y continuar paso a paso a lograr una meta. Dedico este logro a Dios y a las personas con las que he compartido y me han brindado grandes enseñanzas.

Paula Andrea Garzón Delgadillo

AGRADECIMIENTOS

Extendemos nuestros más sinceros agradecimientos a la Fundación Universidad de América por brindarnos todas las bases teóricas y técnicas para el correcto desarrollo del presente proyecto; y de manera más específica, a los docentes que conforman comité de trabajo de grado del programa de Ingeniería Mecánica, por el apoyo y la atención prestada.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. MARCO TEÓRICO	25
1.1 FUEGO	25
1.1.1 Triangulo de fuego	25
1.1.2 Clases de fuego	25
1.2 INGENIERÍA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	26
1.3 RED DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS	27
1.3.1 Parámetros de diseño	27
1.3.2 Accesorios de red	29
1.4 NORMATIVIDAD	31
1.4.1 National Fire Protection Association (NFPA)	31
1.4.2 Normatividad de protección contra incendios en Colombia	32
1.4.3 Marco legal	32
2. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA Y SUS ÁREAS	34
2.1 CLASIFICACIÓN DE RIESGO SEGÚN NORMATIVIDAD	34
2.1.1 Industria y sector económico	34
2.1.2 Clasificación de riesgo de la empresa según normatividad	34
2.1.3 Plano de planta e identificación de las áreas de la empresa	36
2.1.4 Descripción de las áreas de la empresa	36
2.1.5 Clasificación de riesgo de áreas según normatividad	37
2.1.6 Áreas críticas	38
2.2 PARÁMETROS DE RED CONTRA INCENDIOS SEGÚN NORMATIVIDAD	38
2.2.1 Parámetros característicos	38
2.2.2 Cálculos de pérdidas en sistemas hidráulicos	43
2.3 FLUIDO DE MITIGACIÓN DE INCENDIOS	43
2.3.1 Características inflamables de los elementos y materiales más importantes de la empresa	44
2.3.2 Fluido de mitigación de incendios	45
2.3.3 Selección y descripción de fluido a emplear	49
2.4 CARACTERIZACIÓN GENERAL	49
3. DISEÑO CONCEPTUAL	51
3.1 SISTEMAS QUE COMPONEN LA RED CONTRA INCENDIOS	51
3.1.1 Sistema de almacenamiento	51
3.1.2 Sistema de bombeo	52
3.1.3 Sistema de distribución	52
3.1.4 Sistema de control	52
3.1.5 Sistema estructural	53
3.2 PARÁMETROS DE DISTRIBUCIÓN DE RED EN PLANTA	53
3.2.1 Limitaciones físicas	53

3.2.2 Ubicación actual de tanque de agua	53
3.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	54
3.3.1 Disposición ramificada	54
3.3.2 Disposición anular por zonas	54
3.3.3 Disposición anular total	55
3.4 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS POR EL MÉTODO QFD	55
3.4.1 Establecer los “QUÉ”	56
3.4.2 Análisis de los “QUÉ”	56
3.4.3 Establecer los “CÓMO”	57
3.4.4 Análisis de los “CÓMO”	58
3.4.5 Análisis “QUÉ” vs “CÓMO”	58
3.4.6 Matriz de evaluación	59
3.4.7 Selección de la alternativa más adecuada	60
3.5 PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DETALLADO	61
4. DISEÑO DETALLADO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	63
4.1 DISEÑO HIDRÁULICO	63
4.1.1 Rociadores automáticos	63
4.1.2 Trazado definitivo de red	66
4.1.3 Determinación del caudal necesario	68
4.1.4 Determinación de la presión necesaria	71
4.1.5 Cálculo del tanque de abastecimiento de fluido	77
4.1.6 Sistema de bombeo	78
4.2 SISTEMA ESTRUCTURAL	80
4.2.1 Normatividad de soportes	82
4.2.2 Selección de soportes	82
4.2.3 Plano de soportes en planta	92
4.3 SISTEMA DE CONTROL	92
4.3.1 Válvula de diluvio	92
4.3.2 Válvulas reductoras de presión	93
4.3.3 Válvulas OS&Y	94
4.3.4 Válvulas de control	94
4.3.5 Válvulas de cheque	95
4.3.6 Válvulas riser check	95
4.3.7 Válvulas de alarma	96
4.3.8 Válvula de flotador	96
4.3.9 Válvula siamesa	97
4.4 LISTADO DE MATERIALES	97
4.5 PLANOS	101
4.6 RECOMENDACIONES	101
4.6.1 Instalación	101
4.6.2 Uso	103
4.6.3 Mantenimiento	103

5. PRESUPUESTO GENERAL DE LA RED CONTRA INCENDIOS	106
5.1 COSTOS DE MATERIAL	106
5.2 COSTOS DE FABRICACIÓN	109
5.3 COSTOS DE INGENIERÍA	110
5.4 INVERSIÓN TOTAL	110
5.5 BENEFICIOS DE LA INVERSIÓN	111
6. CONCLUSIONES	112
7. RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA	115
ANEXOS	119

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clasificación de Fuego	26
Cuadro 2. Constante C de Hazen Williams	29
Cuadro 3. Clasificación de Grupos y Subgrupos de Ocupación	35
Cuadro 4. Grupo de Ocupación Alta Peligrosidad (P)	36
Cuadro 5. Clasificación de Áreas de Ocupación según NFPA 13	37
Cuadro 6. Requerimientos de Suministro de Agua	42
Cuadro 7. Clasificación de áreas de ocupación	50
Cuadro 8. Parámetros para el diseño detallado de la RCI	62
Cuadro 9. Valores nominales de factor K de rociadores	65
Cuadro 10. Características de operación de rociadores	66
Cuadro 11. Diámetros de tubería recomendados para riesgo leve	67
Cuadro 12. Diámetros de tubería recomendados para riesgo ordinario	68
Cuadro 13. Tamaños de varillas de soportes colgantes	82
Cuadro 14 a. Distancias máximas entre soportes colgantes	83
Cuadro 14 b. Distancias máximas entre soportes colgantes, unidades internacionales	83
Cuadro 15. Recomendaciones de mantenimiento para los sistemas de la RCI	104

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Ecuación de Hazen-Williams	28
Ecuación 2. Ecuación de Hazen-Williams en unidades internacionales	28
Ecuación 3. Ecuación para hallar caudal necesario	70
Ecuación 4. Ecuación para hallar caudal necesario para gabinetes	71
Ecuación 5. Ecuación de velocidad del fluido	72
Ecuación 6. Ecuación de caída de presión	72
Ecuación 7. Ecuación de pérdidas por fricción	73
Ecuación 8. Ecuación de presión por velocidad	73
Ecuación 9. Ecuación de presión final en el nodo	74
Ecuación 10. Cálculo de volumen de tanque	78
Ecuación 11. Cálculo del peso de la tubería vacía	84
Ecuación 12. Cálculo del volumen de agua en tramo de tubería	84
Ecuación 13. Cálculo del peso de agua en tramo de tubería	85
Ecuación 14. Cálculo del peso del tramo de tubería lleno de agua	85
Ecuación 15. Cálculo del peso requerido para el soporte	85

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Gabinete Clase I	39
Figura 2. Gabinete Clase II	40
Figura 3. Gabinete Clase III	40
Figura 4. Relación Densidad de Descarga vs Área de Cobertura	43
Figura 5. Diagrama de fases del Dióxido de Carbono	48
Figura 6. Sistemas de red contra incendios	51
Figura 7. Ubicación de Tanque subterráneo en planta	53
Figura 8. Detalle de disposición tipo ramificada	54
Figura 9. Detalle de disposición tipo anular por zonas	55
Figura 10. Detalle de disposición tipo anular total	55
Figura 11. Matriz QFD	59
Figura 12. Alternativa de distribución de RCI seleccionada	61
Figura 13. Rociador contra incendios	64
Figura 14. Área de cobertura de rociador seleccionada	64
Figura 15. Área de cobertura de cada rociador	65
Figura 16 a. Distribución definitiva de red contra incendios en planta, primer piso	66
Figura 16 b. Distribución definitiva de red contra incendios en planta, segundo piso	67
Figura 17. Plano de planta con área hidráulicamente más demandante resaltada	69
Figura 18. Relación Densidad de Descarga vs Área de Cobertura	70
Figura 19. Ruta crítica, vista isométrica	75
Figura 20. Ruta crítica, vista de planta	76
Figura 21. Línea de gabinetes clase III	76
Figura 22. Bomba vertical tipo turbina	79
Figura 23. Curva de la Bomba contra incendios seleccionada	80
Figura 24. Soportes colgantes	81
Figura 25. Soportes adosados a muro	81
Figura 26. Soportes sismo-resistentes	81
Figura 27. Soportes colgantes tipo B3100 de la empresa EATON	86
Figura 28 a. Información de Soportes colgantes tipo B3100 de la empresa EATON	87
Figura 28 b. Información de Soportes colgantes tipo B3100 de la empresa EATON	87
Figura 29. Soportes adosados a muro tipo B3066 de la empresa EATON	88
Figura 30. Accesorios para soportes adosados a muro tipo B2000 de la empresa EATON	88
Figura 31. Soportes antisísmicos laterales y longitudinales	89
Figura 32. Accesorios de soportes antisísmicos laterales tipo “sway brace attachment”	90

Figura 33. Accesorios de soportes antisísmicos longitudinales tipo “in-line sway brace attachment”	91
Figura 34. Accesorios de soportes antisísmicos laterales y longitudinales tipo “threaded swivel sway brace attachment”	92
Figura 35. Válvula de diluvio	93
Figura 36. Válvula reductora de presión	93
Figura 37. Válvula OS&Y	94
Figura 38. Válvula de control	94
Figura 39. Válvula de cheque	95
Figura 40. Válvula riser check	95
Figura 41. Válvula de alarma	96
Figura 42. Válvula de flotador	96
Figura 43. Válvula siamesa	97
Figura 44. Manifold a salida de bomba	102
Figura 45. Unión de tubería ranurada	102

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Accesorios requeridos en escenario A	75
Tabla 2. Accesorios requeridos en escenario B	76
Tabla 3. Accesorios requeridos en escenario C	77
Tabla 4. Comparación de resultados de escenarios	77
Tabla 5. Valores mínimos requeridos para selección del sistema de bombeo	78
Tabla 6. Cálculo de cargas requeridas para soportes	86
Tabla 7. Listado de materiales	98
Tabla 8. Cálculo de cargas requeridas para soportes (corrección para tubería de diámetro 4" y 6")	103
Tabla 9. Costos de material	106
Tabla 10. Costos de fabricación	110
Tabla 11. Costos de ingeniería	110
Tabla 12. Inversión total	111

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Propiedades del acero ASTM A-53 de cédula 40	120
Anexo B. Valores de longitud equivalente para acero al carbono de cédula 40	121
Anexo C. Matriz de cálculos hidráulicos	122
Anexo D. Sistema de bombeo	138
Anexo E. Planos de la red contra incendios para las instalaciones de la empresa textil RITCHI S.A.S.	143

GLOSARIO

ACCESORIO: elemento adicional y/o complementario. En redes contra incendio, permiten que las tuberías cumplan su principal función de distribución de fluido.

LISTADO: equipos, materiales o servicios probados y certificados por la autoridad competente como aptos para cumplir una función específica.

MANIFOLD: en hidráulica, consta de una sección de tubería o cámara de donde se derivan varios ramales.

PRESION DINÁMICA: también nombrada como presión de velocidad. Este tipo de presión hace referencia a la fuerza con la que el fluido sale del sistema a través del área de un orificio.

PRESION ESTÁTICA: también nominada como presión total. Es la presión medida en cualquier punto del sistema mientras no exista flujo alguno.

PRESION RESIDUAL: también conocida como presión normal. Hace referencia al valor de presión medido al interior del sistema bajo condiciones de flujo. Determinado por la diferencia entre la presión total y la presión de velocidad.

RIOSTRA: elemento constructivo que colocado oblicuamente permite asegurar la inmovilidad o evitar la deformación de otros elementos de una estructura. Comercialmente, para los soportes de redes contra incendios, se le conoce como "brace pipe".

ROCIADOR AUTOMÁTICO: o "Sprinkler". Dispositivo de control o extinción de incendios que se activa en el momento que su elemento sensible al calor es calentado hasta alcanzar o superar su límite de temperatura, descargando fluido de mitigación de incendios sobre un área específica.

SCHEDULE: o cédula. Valor propio de tubería que define aspectos como diámetros (interno y externo), dimensiones generales y tolerancias de estos elementos.

SOPORTE: dispositivo o conjunto de montaje encargado de sostener cargas; en este caso, aquellas producidas por las tuberías de la red.

SISTEMA DISEÑADO HIDRÁULICAMENTE: red contra incendios diseñada mediante la selección de diámetros de tubería y evaluados según criterios de pérdidas de presión.

SIGLAS

ANSI	Instituto Nacional Americano de Estándares (American National Standards Institute)
COP	Pesos colombianos
NFPA	Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION)
NSR	Norma Sismo Resistente
NTC	Norma Técnica Colombiana
RCI	Red Contra Incendio
TRM	Tasa Representativa del mercado
USD	Dólar Estadounidense
QFD	Quality Function Deployment – Despliegue de la función de calidad

UNIDADES

<i>hp</i>	Caballos de potencia
<i>gal</i>	Galones
<i>gpm</i>	Galones por minuto
<i>gpm/ft²</i>	Galones por minuto, por pie cuadrado
<i>°C</i>	Grados Celsius
<i>Hz</i>	Hertz
<i>h</i>	Horas
<i>lb</i>	Libras
<i>lb/ft</i>	Libras por pie
<i>lb/ft³</i>	Libras por pie cúbico
<i>psi</i>	Libras por pulgada cuadrada
<i>psi/ft</i>	Libras por pulgada cuadrada, por pie
<i>L</i>	Litros
<i>L/min</i>	Litros por minuto
<i>m</i>	Metros
<i>m²</i>	Metros cuadrados
<i>m³</i>	Metros cúbicos
<i>ft – ′</i>	Pies
<i>ft²</i>	Pies cuadrados
<i>ft³</i>	Pies cúbicos
<i>ft/s</i>	Pie por segundo
<i>in – ″</i>	Pulgadas
<i>rpm</i>	Revoluciones por minuto
<i>V</i>	Voltios

RESUMEN

El presente trabajo de grado expone la aplicación ingenieril al diseño de una red contra incendios para la planta de producción de la empresa textil RITCHI S.A.S., mediante el uso de los conocimientos adquiridos a lo largo de los estudios del programa de Ingeniería Mecánica.

En principio, se llevó a cabo la etapa de caracterización que; dentro de su parte investigativa, constó de la revisión bibliográfica de la normatividad específica de los sistemas contra incendios, para obtener información sobre parámetros y elementos necesarios a tener en cuenta en el desarrollo del diseño; y en su parte descriptiva, enunció las características del espacio físico donde se pretende llevar a cabo el proyecto.

A partir de allí, se le dio paso a la etapa de diseño que, en primera instancia confrontó la información obtenida previamente con las características del espacio físico para generar el diseño conceptual de las tres (3) alternativas de solución del problema; estas fueron evaluadas mediante el método QFD y así, se determinó la más adecuada para diseñar de manera detallada. Etapa donde se realizaron los cálculos pertinentes y se generaron los planos de la red contra incendios, junto con la lista de materiales necesarios para su futura implementación y una serie de recomendaciones para su correcta instalación, uso y mantenimiento.

Finalmente, se elaboró el presupuesto general del proyecto, describiendo los costos asociados con la fabricación y puesta en marcha del sistema propuesto.

Palabras clave: Industria Textil, Diseño Hidráulico, Diseño Estructural, Red Contra Incendios.

Key Words: Textile Industry, Hydraulic Design, Structural Design, Fire System.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La empresa textil Ritchi S.A.S. fue fundada en 1980, siendo una de las primeras marcas en fabricar medias veladas en Colombia y que, con el paso de los años llegó posicionarse como la compañía líder en este sector. Tal posición en el mercado nacional, hizo que la organización impulsara su ambicioso plan de expansión, abriendo tiendas en ciudades importantes como: Bogotá, Medellín, Manizales, Pereira, Armenia, Pasto, Yopal e Ipiales.

Dicho crecimiento exponencial, hizo que tuvieran que dividir su proceso productivo en dos plantas; una donde se encontraba el área administrativa de la compañía y se realizaban los tres procesos productivos iniciales que son: texturizado, tejido y confección; y otra donde se llevaba a cabo el teñido, planchado revisado y empacado del producto. Sin embargo, recientemente se tomó la decisión de unificar todas las actividades bajo una sola planta, con el fin de organizar de mejor manera sus procesos de producción.¹

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR) se implementó en el país por primera vez en el año 1998 y al día de hoy, se encuentra vigente en su última edición del año 2010. Tal reglamento basa sus títulos de protección contra incendios en las normas y estándares emitidos por la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NFPA, por sus siglas en Inglés), organización Estadounidense con más de cien años de experiencia en el estudio de la protección contra incendios para edificaciones.

En este reglamento, se clasifica con el mayor grado de riesgo ante la generación y propagación de incendios a ciertas industrias dentro de las que se encuentra la empresa textil Ritchi S.A.S. y dado que, hasta el día de hoy la empresa ha basado sus planes de contingencia de incendios en extintores manuales, se hace evidente la necesidad de contar con una red de extinción de incendios distribuida en la planta de la compañía. Dicho sistema debe cumplir con los parámetros estipulados en la normatividad colombiana; además de adaptarse a los requerimientos específicos de la empresa.

Para toda organización, es imperativo el hecho de contar con planes y sistemas de contingencia ante la posibilidad que ocurra cualquier tipo de evento catastrófico que ponga en riesgo la integridad de la empresa y de sus colaboradores. Dentro de estos eventos se encuentra el incendio, el cual genera consecuencias devastadoras para una compañía si no se tiene un efectivo sistema de mitigación del mismo.

¹ RITCHI S.A.S. Quienes Somos. [Consultado el Mar 5,2019] Disponible en: <http://www.ritchi.com.co/nuestraspoliticas/>

La empresa textil Ritchi S.A.S., desarrolla sus actividades haciendo parte de las industrias clasificadas con el mayor grado de riesgo ante la generación y propagación de incendios, según la NSR-10. Además, tener que trasladar sus operaciones a nuevas instalaciones, hace de vital importancia establecer un sistema de reacción ante el caso en que se presente un evento de este tipo, con el fin de reducir el impacto que tiene este hecho en los activos de la organización.

Es por esto, que el presente proyecto es de gran importancia para la empresa Ritchi S.A.S., ya le brinda el diseño y los lineamientos a seguir para poder realizar la adecuada implementación de una red contra incendios, que proteja tanto a sus activos como a sus colaboradores de un hecho tan peligroso; resolviendo así, el problema de no contar con un sistema de protección de incendios y brindando un mayor grado de seguridad a la hora de desempeñar sus operaciones de producción.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el contexto empresarial actual, se ha vuelto de gran relevancia el hecho de desarrollar programas de mitigación de riesgo ante la posibilidad de que ocurra cualquier tipo de desastre que comprometa la integridad tanto de los activos de la empresa como de los colaboradores de la misma. Un tipo de desastre con las consecuencias más devastadoras es el incendio.

De acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), se clasifica como Categoría I, aquellas edificaciones con mayor riesgo de pérdidas de vidas humanas o con alta amenaza de combustión, dentro de las que se encuentran: bodegas, depósitos e industrias de cualquier magnitud que manejen madera, pinturas, plásticos, algodón, combustible o explosivos de cualquier tipo.²

En el momento en que la empresa textil Ritchi S.A.S. toma la decisión de reubicar sus actividades de producción en una nueva planta; se evalúa el desarrollo de sus labores de fabricación de sus productos en esta nueva locación; se estudian los factores externos a su operación que pueden llegar a afectarlos en un futuro. Estos factores incluyen la posibilidad de que se presente un incendio en las instalaciones de la empresa afectando todo su modelo productivo, más aún que según la NSR-10, este tipo de compañía se encuentra categorizada con el mayor riesgo de presentarse dicho evento.

Por tal razón, el presente proyecto soporta su desarrollo en el planteamiento de la pregunta, ¿Cuál es el diseño de red contra incendios más adecuado para la mitigación de riesgo en las instalaciones de la empresa textil Ritchi S.A.S.,

² MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO SOCIAL. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título J-Requisitos de Protección Contra Incendios en Edificaciones. [En línea]. Recuperado en: 5 MARZO 2019. Formato archivo (pdf). 36 p. Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/10titulo-j-nsr-100.pdf>. p.16.

cumpliendo con la normatividad específica para estos sistemas y con los requerimientos de la compañía?

OBJETIVOS

A continuación, se presentan los objetivos bajo los cuales se guía el desarrollo de este proyecto.

General.

Diseñar una red contra incendios para las instalaciones de la empresa textil Ritchi S.A.S.

Específicos.

- Caracterizar las zonas de la empresa de acuerdo con el nivel de riesgo de incendio presente en cada una de ellas.
- Realizar el diseño conceptual y la evaluación de las alternativas de distribución de la red contra incendios en las instalaciones de la empresa.
- Diseñar de manera detallada el tipo de distribución de red contra incendios seleccionado.
- Elaborar un presupuesto general mediante el análisis de costos del proyecto.

DELIMITACIÓN

El presente proyecto de grado se limita a la elaboración del diseño de una red contra incendios, orientado al sistema de extinción para las instalaciones de la empresa textil Ritchi S.A.S.; dejando al albedrío de la compañía, la eventual construcción e implementación de dicho sistema. Además, es importante resaltar que la cobertura del sistema a diseñar estará limitada a las instalaciones de la planta de la compañía ubicada en la Avenida 68 #13-59 en la ciudad de Bogotá D.C.

Se hace entrega de la matriz general de cálculos y los planos, junto con el listado de materiales y equipos que componen el sistema contra incendios; de la misma manera, se dan recomendaciones correspondientes a la operación y mantenimiento de la red.

Adicionalmente, se determina el presupuesto general de la RCI comprendiendo el estudio de costos de materiales, de construcción y de ingeniería para la puesta en marcha de la misma.

METODOLOGÍA

Definir la metodología establece la manera en que se entra a desarrollar el proyecto, con el fin de dar solución al problema inicialmente propuesto.

El tema expuesto en este documento se enfoca en la investigación aplicada, dado que confronta la teoría con la realidad; por cuanto que sus aspectos descriptivos y experimentales se dirigen al estudio de variables reales y prácticas.

1. MARCO TEÓRICO

El desarrollo de este proyecto se basa en la mitigación de impacto ante un incendio enfocándose en la red de extinción de incendios, para lo cual es importante aclarar conceptos claves que ayuden en la identificación y adopción de la mejor alternativa de diseño a implementar en una industria textil, en este caso en la empresa RITCHI S.A.S.

1.1 FUEGO

El fuego proviene de una reacción química de combustión, la cual desprende energía en forma de luz y calor mediante una llama; además, al ser una reacción exotérmica, se generan temperaturas elevadas. Si esta reacción conserva los elementos establecidos por el triángulo de fuego y se mantiene la temperatura mínima de combustión, la llama se expande hasta tal punto en donde se genere una ausencia de alguno de los compuestos de la reacción, consumiendo todo a su paso.

1.1.1 Triángulo de fuego. El triángulo de fuego define los componentes principales que debe tener la reacción química para la producción del fuego, estos son:

- Combustibles
- Chispa
- Oxígeno

Si alguno de los elementos anteriormente mencionados falta, la reacción química se detiene. El calor se puede eliminar por enfriamiento, el oxígeno por exclusión del aire y el combustible por su remoción o gasto completo en la reacción.

Se ha identificado que existe un factor adicional a los nombrados anteriormente, la reacción en cadena interviene decisivamente en la continuación de la llama, por lo cual ya se considera no un triángulo, sino un tetraedro, este último factor es relevante en la formación de un incendio, puesto que permite o no que la llama se expanda en el área.³

1.1.2 Clases de fuego. El fuego se clasifica de acuerdo al material combustible del cual sea producida la reacción, es importante conocer la clase de fuego, puesto que de este desprende la alternativa de mitigación de incendio más conveniente. Las clases de fuegos existentes se observan en el cuadro número 1, en donde se da clasificación, descripción y posible agente de medio de extinción adecuado.

³ EXPPOWER. Triángulo y Tetraedro del Fuego. [Consultado el Mar 5,2019] Disponible en: <http://www.expower.es/triangulo-tetraedro-fuego.htm>

Cuadro 1. Clasificación de Fuego.

<i>Clase de fuego</i>	<i>Descripción</i>	<i>Ejemplo de medio extintor</i>
A	Papel, madera, tela y algunos materiales de hule y plástico	Espuma, flujo con carga, producto químico seco, agua
B	Líquidos inflamables o combustibles, gases inflamables, grasas y materiales similares y algunos materiales de hule y plástico	Bromotrifluorometano, bióxido de carbono, producto químico seco, espuma, flujo con carga
C	Equipo eléctrico energizado	Bromotrifluorometano, bióxido de carbono, producto químico seco
D	Metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio	Polvos especiales, arena

Fuente: elaboración propia, con base en ASFAHL, C. Ray, RIESKE, David. W. Seguridad y salud industrial. 6 ed. México: Prentice-Hall, 2010. ISBN: 9786074429398. p 249.

1.2 INGENIERÍA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

El fuego ha sido un factor de gran importancia para el desarrollo del ser humano y las civilizaciones, pero a su vez puede convertirse en un elemento destructivo si no se le presta la adecuada atención y control. Es por esto que se genera lo que se conoce como la Ingeniería de Protección contra Incendios que, por muchos años se suscribía netamente al trabajo de brigadas contra incendios, pero durante el último siglo se han centrado los esfuerzos en el desarrollo y formación de programas para que los Ingenieros pongan su empeño, conocimiento y pericia en el control del fuego destructivo.

La historia inicial de la ingeniería de protección contra incendios se tiene que remontar a la antigua Roma, donde el emperador romano Neron mandó escribir un Código Constructivo en el que se requería la utilización de materiales resistentes al fuego en las paredes exteriores a las viviendas. Más tarde, en el siglo XII en Londres, se encuentran regulaciones que requerían la construcción de paredes de piedra de 90 cm de ancho y 4,9 m de altura entre edificaciones, con el objetivo de ser barreras corta fuegos. Pero no fue hasta la revolución industrial en Gran Bretaña en el siglo XVIII y más tarde en los EE.UU. en el siglo XIX, cuando se cambia la cara de la ingeniería de protección contra incendios. En esas épocas, se inicia la construcción de fábricas de pisos múltiples, bodegas de gran tamaño, edificios altos y procesos industriales muy riesgosos, los cuales hacen evidente el desarrollo de nuevas tecnologías de protección contra incendios. Fue en el noroeste de EE.UU., a

finales del Siglo XIX, luego de varios espectaculares incendios que nace la NFPA, los seguros contra incendios y la ingeniería moderna en protección contra incendios.⁴

1.3 RED DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Con el fin de mitigar el riesgo de que se presente un incendio, afectando a los activos e individuos que se encuentren en la edificación, construcción de una red de extinción de incendios, esta consiste en el sistema hidráulico adecuado para la extinción de la llama, en este se involucra el trazado de la red, tubería y accesorios basándose en un diseño hidráulico que cumpla con requerimientos normativos adaptados a la edificación.

1.3.1 Parámetros de diseño. En cuanto a los parámetros de diseño para una red contra incendios, se define el estado de un fluido, las principales propiedades a tener en cuenta en el diseño de una red de extinción son presión y caudal involucrando la velocidad del fluido.

1.3.1.1 Presión. Fuerza ejercida por unidad de área en un punto, esta se expresa en Pascales (*Pa*) o Libras por pulgada cuadrada (*psi*). Cuando existe un flujo de un fluido en régimen turbulento a través de una tubería para llegar de un punto a otro, el fluido pierde energía al desplazarse puesto que es afectado por el rozamiento con la tubería generando restricción al movimiento, a este fenómeno ocasionado por la fricción se le denomina pérdidas de presión.

1.3.1.2 Pérdidas de presión. Las pérdidas de presión son las pérdidas de energía del fluido como consecuencia de la fricción con la tubería, para esto es necesario realizar el cálculo de pérdida de carga de energía mediante ecuaciones ya establecidas, según la normatividad existente la ecuación adecuada en este caso es la desarrollada por los ingenieros civiles estadounidenses Allen Hazen y Gardner Steward Williams en 1992.⁵

La utilización de accesorios como válvulas, tees, codos, semicodos, entre otros, aumentan la pérdida de presión significativamente en el fluido, por lo que es ideal usar lo mínimo requerido para que el sistema de bombeo suministre la presión y caudal suficiente sin tener un elevado consumo de energía.

⁴ MONCADA, Jaime A. La Historia de la Ingeniería de Protección contra Incendios. [Consultado el Mar 5,2019] Disponible en: <http://www.nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/387-la-historia-de-la-ingenieria-de-proteccion-contra-incendios>

⁵ MONCADA, Jaime A. Hidrantes y Redes Contra Incendio. [Consultado el Mar 5,2019] Disponible en: <https://www.nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/424-hidrantes-y-redes-contra-incendios>

Ecuación 1. Ecuación de Hazen-Williams.

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

Fuente: NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 322.

En donde:

ΔP : Pérdida por fricción (*psi* por *ft* de tubería)

Q : Caudal (*gpm*)

L : Longitud de la tubería (*ft*)

C : Coeficiente de pérdida por fricción

d : Diámetro interno real de la tubería en in

Para unidades del sistema internacional (SI), se dispone de la ecuación análoga (ecuación número 2).

Ecuación 2. Ecuación de Hazen-Williams en unidades internacionales.

$$\Delta P = 6.05 * \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} * d^{4.87}} \right) * 10^5$$

Fuente: NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 322.

En donde:

ΔP : Pérdida por fricción (*bar* por *m* de tubería)

Q : Caudal (*L/min*)

C : Coeficiente de pérdida por fricción

d : Diámetro interno real de la tubería en *m*

La constante de pérdidas por fricción está definida por la constante C (cuadro número 2).

Cuadro 2. Constante C de Hazen Williams.

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

*Se permite que la autoridad competente admita otros valores C.

Fuente: NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 326.

1.3.1.3 Caudal. El gasto o caudal se define como el volumen de líquido que fluye (es decir que pasa por una sección transversal) en un tiempo determinado. En cuanto a las redes contra incendio, los datos de caudal necesario para garantizar el correcto funcionamiento del sistema están determinados en la normatividad específica emitida por la NFPA.⁶

1.3.2 Accesorios de red. Los accesorios de red son los elementos que componen la red, entre estos, los más relevantes son rociadores, gabinetes, bombas y soportes.

⁶ *Ibíd.*, p. 1.

1.3.2.1 Rociadores. La norma NFPA 13, “Standard for the Installation of Sprinkler Systems”, define un sistema de rociadores como “un sistema que consiste de una red integrada de tuberías diseñada de acuerdo con las normas de ingeniería de protección contra incendio, que incluye una fuente de suministro de agua, una válvula de control, una alarma de flujo de agua y un drenaje. La porción aérea del sistema es una red de tuberías específicamente dimensionada o hidráulicamente diseñada e instalada en una edificación, estructura o área, generalmente a nivel del techo, y a la cual se conectan los rociadores en un patrón sistemático. El sistema es usualmente activado por el calor de un incendio y descarga agua sobre el área incendiada.”⁷

1.3.2.2 Gabinetes. Los gabinetes contraincendios son armarios donde se localizan las mangueras de incendio, válvulas de conexión, martillo, entre otros; esto depende del tipo de sistema a seleccionar enfocado al nivel de riesgo de la edificación. La ubicación de los gabinetes es regida por la normatividad existente, en donde parámetros importantes son la longitud de manguera y chorro de agua; Existen tres tipos de sistemas en donde personal idóneo debe ser el responsable de uso, personal capacitado y cuerpo de bomberos.

Sistema Clase I. Conexiones para manguera.

Sistema Clase II: Estaciones de manguera con un solo tipo de conexión.

Sistema Clase III: Estaciones de manguera con dos tipos de conexión.

1.3.2.3 Bombas contra incendio. La bomba contra incendio es una turbomáquina que transforma energía eléctrica en energía hidráulica, incrementando la energía del fluido, es decir la presión, velocidad o altura. En el caso de las bombas contra incendios, se estipula un conjunto de bombas, en donde sus funciones son enfocadas principalmente en la presión, una de ellas se encarga de mantener la presión en el sistema mientras la red no está en uso y la otra de generar la mayor cantidad de energía necesaria al fluido cuando la red este en operación.

Estas bombas proveen agua de un tanque subterráneo o de tanques que estén en la superficie, al mismo nivel de la bomba, dependiendo la ubicación de la fuente de agua se selecciona el sistema de bombeo adecuado.

⁷ NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 36.

1.3.2.4 Soportes comerciales contra incendio. Las redes contra incendios para su soporte se han caracterizado por usar soportes colgantes como son: tipo pera, clevis, omega y soportes sismo resistentes; estos soportes son usados para facilidad del cliente en la instalación de la edificación y son los considerados como genéricos o comerciales. Sin embargo, muchas veces de acuerdo a la ubicación de la red en planta y a limitaciones físicas, es necesario generar el diseño de soportes especiales bajo cálculos estructurales, garantizando que resistan las cargas y esfuerzos que genera el sistema.

1.4 NORMATIVIDAD

1.4.1 National Fire Protection Association (NFPA). Gracias a la dedicación de un gran número de individuos preocupados por difundir conciencia sobre la importancia de la protección contra incendios, en 1896 se funda en EE.UU. la Asociación Nacional de Protección contra Incendios; NFPA por sus siglas en Inglés; que compendió las ideas de pequeños grupos buscando un fin común que fue la generación de estándares para la protección contra incendios.

Dichos grupos, habían realizado adelantos en el estudio de los diferentes sistemas necesarios para garantizar la integridad de una construcción y de quienes desarrollaran sus actividades diarias en esta ante la posibilidad de que se presentara un incendio.

Debido al inmenso dolor y sufrimiento que ha traído consigo la generación y propagación de incendios en el territorio Norte Americano, la NFPA ha centrado sus esfuerzos en la constante generación de normas para el control y protección de este tipo de fenómeno. Dentro de éstas, las de mayor acogida y desarrollo para la implementación de un efectivo sistema contra incendios son la NFPA 13; Estándar para la instalación de sistemas de rociadores; y la NFPA 70; Código eléctrico nacional.

Es así que, a través de los años, la NFPA ha desarrollado constantes actualizaciones, sumadas a la implementación de nuevos estándares para mostrar el correcto camino a seguir a la hora de construir teniendo en cuenta la necesidad de contar con un sistema de protección contra incendios. De tal manera, que hoy en día, toda normatividad sobre protección contra incendios en el mundo, encuentra sus bases en las publicaciones y patentes de la NFPA.⁸

⁸ NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA). *History of NFPA*. [Consultado el Mar 18,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/About-NFPA/NFPA-overview/History-of-NFPA>

1.4.2 Normatividad de protección contra incendios en Colombia. En Colombia, toda construcción debe basar su correcto desarrollo en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR) que, al día de hoy ha tenido dos versiones, la NSR-98 de 1998 y su actualización en el año 2010, la NSR-10.

Dichas normas han presentado títulos específicos para la correcta implementación de sistemas de protección contra incendios; para ambas versiones son los títulos J y K; donde se puede encontrar la información necesaria para realizar, desde los estudios preliminares hasta la implementación de un sistema de contingencia de generación y propagación de incendios.

Además, como ya se ha mencionado, la normatividad colombiana sobre la protección contra incendios es una de las tantas alrededor del mundo que está basada en los estándares generados por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA).

1.4.3 Marco legal. A continuación, se listan las normas específicas para los sistemas contra incendios, con base en las cuales el presente proyecto se apoyará.

NFPA 1: Código de Incendios (Fire Code).

NFPA 11: Norma para Espumas de Baja, Media y Alta Expansión (Standard for Low, Medium-, and High-Expansion Foam).

NFPA 13: Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores (Standard for the Installation of Sprinkler Systems).

NFPA 14: Norma para la Instalación de Sistemas de Hidrantes y Mangueras (Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems).

NFPA 15: Norma para Sistemas Fijos de Pulverización de Agua para la Protección Contra Incendios (Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection) .

NFPA 16: Norma para la Instalación de Rociadores de Agua-Espuma y Sistemas de Pulverización de Agua-Espuma (Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems).

NFPA 20: Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios (Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection).

NFPA 22: Norma para Tanques de Agua para la Protección contra Incendios Privada (Standard for Water Tanks for Private Fire Protection).

NFPA 24: Norma para la Instalación de Redes Privadas de Bomberos y sus Accesorios (Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances).

NFPA 25: Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua (Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems).

ANSI/MSS SP 58: Norma para perchas y soportes (Pipe Hangers and Supports).

NTC 1669: Norma para la Instalación de Conexiones de Mangueras Contra Incendio.

NTC 2301: Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores.

NSR 10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – 2010

2. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA Y SUS ÁREAS

En este capítulo se busca dar solución al primer objetivo específico presentado anteriormente, caracterizando la empresa y las zonas que la componen de acuerdo con el nivel de riesgo de generación y propagación de incendio, debido a la naturaleza de este tipo de compañía.

2.1 CLASIFICACIÓN DE RIESGO SEGÚN NORMATIVIDAD

Según la norma colombiana NSR 10, Título K, se deben clasificar los establecimientos de acuerdo con su ocupación principal o dominante, con el fin de identificar la categoría de riesgo en la que se ubica para poder determinar las características normativas que debe tener como mínimo el diseño del sistema de protección contra incendios.

Para esto, es importante identificar las materias primas usadas en planta, así como los diferentes elementos ubicados en cada área, con el fin de obtener un apropiado diseño que garantice los óptimos tiempos de respuesta de extinción de incendios.

2.1.1 Industria y sector económico. En principio, se enuncia que la actividad principal de la empresa textil Ritchi S.A.S. consiste en la transformación de materias primas en productos textiles y su consiguiente comercialización, lo que la incluye en la industria manufacturera colombiana y la cataloga dentro del sector secundario o industrial de la economía.

Lo anterior se evidencia en la definición de sector secundario o industrial dada por el Banco de la Republica como aquella que “Comprende todas las actividades económicas de un país relacionadas con la transformación industrial de los alimentos y otros tipos de bienes o mercancías, los cuales se utilizan como base para la fabricación de nuevos productos.”⁹

2.1.2 Clasificación de riesgo de la empresa según normatividad. A continuación, se muestra el cuadro número 3 donde se observa la clasificación de riesgo de incendio establecida por la NSR-10, en su Título K de acuerdo con los Grupos y Subgrupos de ocupación de las edificaciones.

⁹ BANREPCULTURAL. Sectores Económicos. [Consultado el Jul 11,2019] Disponible en: http://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=Sectores_econ%C3%B3micos

Cuadro 3. Clasificación de Grupos y Subgrupos de Ocupación.

Grupos y Subgrupos de ocupación	Clasificación	Sección
A	ALMACENAMIENTO	K.2.2
A-1	Riesgo moderado	
A-2	Riesgo bajo	
C	COMERCIAL	K.2.3
C-1	Servicios	
C-2	Bienes	
E	ESPECIALES	K.2.4
F	FABRIL E INDUSTRIAL	K.2.5
F-1	Riesgo moderado	
F-2	Riesgo bajo	
I	INSTITUCIONAL	K.2.6
I-1	Reclusión	
I-2	Salud o incapacidad	
I-3	Educación	
I-4	Seguridad pública	
I-5	Servicio público	
L	LUGARES DE REUNIÓN	K.2.7
L-1	Deportivos	
L-2	Culturales y teatros	
L-3	Sociales y recreativos	
L-4	Religiosos	
L-5	De transporte	
M	MIXTO Y OTROS	K.2.8
P	ALTA PELIGROSIDAD	K.2.9
R	RESIDENCIAL	K.2.10
R-1	Unifamiliar y bifamiliar	
R-2	Multifamiliar	
R-3	Hoteles	
T	TEMPORAL	K.2.11

Fuente: elaboración propia, con base en MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título K-Requisitos Complementarios. [En Línea]. Recuperado en: 11 JUNIO 2019. Formato archivo (pdf). 72 p. Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/11titulo-k-nsr-100.pdf>. p. 11.

Debido a la naturaleza de la empresa y dado que el principal producto de esta compañía se basa en la fabricación de ropa sintética, se le clasifica por norma dentro del grupo de ocupación P - Alta Peligrosidad (cuadro número 4), lo que significa que está en la categoría con mayor grado de riesgo de generación y propagación de incendio. Además, esto implica que en cuanto a un sistema de protección contra incendios, debe contarse con una combinación de gabinetes y rociadores en las instalaciones de la compañía.

Cuadro 4. Grupo de Ocupación Alta Peligrosidad (P).

Productos combustibles	Industrias de plásticos	Explosivos
Productos inflamables	Álcalis	Ropa sintética
Productos explosivos	Ácidos	Polvorerías
Productos corrosivos	Gas acetileno	Cerillas
Productos tóxicos	Productos piroxilicos	Procesadoras de papel
Industrias de armas y municiones	Estaciones de gasolina	Expendios de Cocinot
Productos químicos tóxicos	Depósitos de algodón	Aceites
Destilerías	Kerosene	
Industrias de pinturas y esmaltes	Expendios de combustibles	

Fuente: elaboración propia, con base en MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título K-Requisitos Complementarios. [En Línea]. Recuperado en: 11 JUNIO 2019. Formato archivo (pdf). 72 p. Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/11titulo-k-nsr-100.pdf>. p. 18.

2.1.3 Plano de planta e identificación de las áreas de la empresa. Al realizar un estudio de la planta física de la empresa, se genera el plano actualizado de la planta de producción de la empresa Ritchi S.A.S. (Anexo E.1), donde se resalta el área de cada espacio de trabajo.

2.1.4 Descripción de las áreas de la empresa. En el plano de áreas demarcadas anteriormente mencionado (Anexo E.2), se evidencian dieciocho categorías de áreas de producción; que, para facilidad en manejo de información, se les asigna una convención de color a continuación descrita:

- Áreas de oficina: morado.
- Áreas de bodega: amarillo.
- Áreas comerciales o puntos de venta: verde.
- Área de maquinaria para hilar: cian.
- Áreas de subestaciones eléctricas: azul oscuro.
- Área de calderas: azul.
- Áreas de costura: verde claro.
- Área de corte: rojo.
- Áreas de máquinas térmicas: marrón.
- Áreas de compresores: azul rey.
- Área de confección: azul claro.
- Área de empaque: fucsia.
- Área de almacenamiento de medias médicas: morado claro.
- Área de taller de mantenimiento: gris.
- Áreas de comedor: carmín.
- Áreas de baño: naranja.
- Áreas de parqueo: verde olivo.
- Área de residuos: rosa.

2.1.5 Clasificación de riesgo de áreas según normatividad. Con base en la información encontrada en la normatividad de la NFPA; específicamente la NFPA 13; se clasifica el riesgo de incendio por áreas de ocupación de la siguiente manera:

Cuadro 5. Clasificación de Áreas de Ocupación según NFPA 13.

Riesgo leve		Iglesias; Clubes; Salones de clase, Hospitales (incluyendo clínicas veterinarias); Centros penitenciarios y de atención psiquiátrica; Librerías (excepto salones con estanterías); Museos; Asilos y hogares de convalecencia; Oficinas (incluyendo procesamiento de datos); Residencias; Áreas de sillas en restaurantes; Teatros y auditorios (excluyendo escenarios y proscenios); Áticos no usados
Riesgo Ordinario	Grupo 1	Salas de exhibición y estacionamiento de automóviles; Panaderías; Fábricas de bebidas; Fábricas de conservas; Manufactura y procesamiento de productos lácteos; Plantas de electrónica; Manufactura de vidrio y productos de vidrio, Lavanderías; Áreas de servicio de restaurantes; Cuartos de mecánica
	Grupo 2	Instalaciones agrícolas; Graneros y establos; Molinos de cereales; Plantas químicas (ordinarias); Productos de confitería; Destilerías; Tintorerías al seco; Molinos de alimentos; Establos de caballos; Manufacturas de bienes de piel; Librerías (salones de grandes estanterías); Tiendas de maquinaria; Trabajos en metales; Centros mercantiles; Molinos de pulpa y papel; Plantas de proceso de papel; Muelles y embarcaderos; Fabricación de plásticos (incluyendo moldeado por soplado, extrusión y mecanizado; excluyendo las operaciones con fluidos hidráulicos combustibles); Oficinas postales; Imprentas y artes gráficas; Garajes de reparación de autos; Áreas de aplicación de resina; Escenarios; Manufacturas textiles; Fábricas de cauchos; Manufacturas de productos de tabaco; Maquinado de madera; Ensamblaje de productos de madera
Riesgo Extra	Grupo 1	Hangares de avión (excepto los regidos por la NFPA 409); Áreas de uso de fluido hidráulico combustible; Fundiciones; Extrusión de metales; Manufactura de tablas de aglomerado y contrachapado; Imprentas (que usan tintas con punto de inflamación menor a 38°C); Recuperación, composición, secado, molido y vulcanizado de cauchos; Aserraderos; Selección, apertura, mezclado, peinado o cardado de textiles, combinación de algodón, fibras sintéticas, lana o estopa; Tapizado con goma espuma
	Grupo 2	Saturación de asfalto; Pulverización de líquidos inflamables; Revestimiento con líquido; Templado con aceite en tina abierta; Procesamiento de plásticos; Limpieza con solventes; Barnizado y pintado por inmersión; Sistemas de elevación y estacionamiento de vehículos con dos vehículos apilados verticalmente.

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 32.

Por esto, las dieciocho (18) categorías de áreas en la empresa donde se desarrolla el presente proyecto presentan el siguiente nivel de riesgo de generación y propagación de incendio:

- Áreas de oficina: Riesgo leve.
- Áreas de bodega: Riesgo extra – grupo 1.
- Áreas comerciales o puntos de venta: Riesgo ordinario – grupo 2.
- Área de maquinaria para hilar: Riesgo extra – grupo 1.
- Áreas de subestaciones eléctricas: Riesgo ordinario – grupo 1.
- Área de calderas: Riesgo extra – grupo 1.
- Áreas de costura: Riesgo ordinario – grupo 2.
- Área de corte: Riesgo ordinario – grupo 2.

- Áreas de máquinas térmicas: Riesgo extra – grupo 1.
- Áreas de compresores: Riesgo ordinario – grupo 2.
- Área de confección: Riesgo ordinario – grupo 2.
- Área de empaque: Riesgo ordinario – grupo 2.
- Área de almacenamiento de medias médicas: Riesgo extra – grupo 1.
- Área de taller de mantenimiento: Riesgo ordinario – grupo 2.
- Áreas de comedor: Riesgo ordinario – grupo 1.
- Áreas de baño: Riesgo leve.
- Áreas de parqueo: Riesgo ordinario – grupo 1.
- Área de residuos: Riesgo leve.

2.1.6 Áreas críticas. De acuerdo con la información obtenida anteriormente, se evidencia que las áreas dentro de la empresa con mayor grado de riesgo en cuanto a la generación y propagación de incendio son en las que se tiene maquinaria para hilar, máquinas térmicas, calderas y aquellas donde se almacenan las materias primas para la elaboración de prendas; clasificadas como áreas de riesgo Extra – grupo 1.

2.2 PARÁMETROS DE RED CONTRA INCENDIOS SEGÚN NORMATIVIDAD

Teniendo en cuenta la clasificación de riesgo de la edificación, se debe diseñar un sistema combinado, es decir, aquel que debe suministrar agua tanto a conexión de mangueras contra incendio como a rociadores automáticos, por lo cual es importante determinar los parámetros básicos con los que debe cumplir dicha red establecidos por la norma. Entre estos parámetros se encuentran los correspondientes a caudales, distancias y presiones.

2.2.1 Parámetros característicos. De acuerdo a la normatividad específica para redes contra incendio, se estipulan ciertos caudales y presiones que deben ser generados por los elementos de expulsión del fluido empleado, es decir mangueras y rociadores.

2.2.1.1 Sistema de gabinetes. En un sistema de gabinetes (también nombradas estaciones de manguera), es importante identificar el área que se espera cubrir con estos, para poder determinar la distancia que debe haber de uno a otro.

Las estaciones de manguera deben contar con un gabinete utilizado para alojar lo correspondiente a la manguera, soportes, boquillas, válvulas de conexión a manguera y algunas veces extintor; estos deben ubicarse a una altura no menor de 0,9 m ni mayor de 1,5 m del suelo.

De acuerdo con el riesgo de la edificación a proteger, se utiliza uno de tres tipos de estaciones de manguera: clase I, clase II o clase III.

El gabinete clase I consta de una conexión para manguera de 2 ½"; cómo se puede observar en la figura número 1. Este debe ubicarse en las salidas de emergencia y son para uso exclusivo de bomberos o autoridad competente. Se usan en sistemas húmedos y en edificios con gran altura que tengan un sistema automático o semiautomático; en caso de edificios no clasificados como gran altura, deben ser sistemas automáticos, semiautomáticos o manuales.

En el caso de que la salida de emergencia esté a una distancia superior de 45,7 m desde la conexión de manguera para las edificaciones que no tengan sistema de rociadores o de 36,6 m en las que si tengan este sistema, se debe instalar una de estas conexiones de manguera adicional.¹⁰

Figura 1. Gabinete Clase I.



Fuente: CORTES O. Análisis y aplicaciones de los requerimientos de los sistemas de tuberías verticales para conexión de mangueras. Congreso Internacional de Protección Contra Incendios. 2019

El gabinete clase II; observado en la figura número 2; tiene conexiones de manguera de diámetro 1 ½", se usan para sistemas húmedos excepto donde exista peligro de congelación y en edificios protegidos con rociadores automáticos. Se debe contar con personal entrenado para el uso de este equipo.

El área de recorrido máximo hasta el punto de descarga partiendo del punto del gabinete es de 39,7 m; en el caso en que se utilice una manguera con menor diámetro, el recorrido máximo es de 36,6 m.¹¹

¹⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Norma para la Instalación de Conexiones de Mangueras Contra Incendio. NTC-1669. Bogotá D.C.: El instituto, 2009. p. 31.

¹¹ *Ibíd.*, p. 32.

Figura 2. Gabinete Clase II.



Fuente: CORTES O. Análisis y aplicaciones de los requerimientos de los sistemas de tuberías verticales para conexión de mangueras. Congreso Internacional de Protección Contra Incendios. 2019

En el caso de las estaciones clase III; cómo la que se observa en la figura número 3; se tiene conexiones de manguera de 1 ½” y de 2 ½”. Estas son las más completas, y están diseñadas para el uso de bomberos y personal entrenado; el recorrido más extenso que puede existir entre la conexión de manguera y la descarga es de 36,6 m.¹²

Figura 3. Gabinete Clase III.



Fuente: CORTES O. Análisis y aplicaciones de los requerimientos de los sistemas de tuberías verticales para conexión de mangueras. Congreso Internacional de Protección Contra Incendios. 2019

¹² *Ibíd.*, p. 32.

Presiones y caudales. La normatividad determina los valores de presión y caudal respectivos a cada tipo de gabinetes:

La presión máxima en el sistema debe ser de 350 *psi*, se debe asegurar que la presión residual de salida máxima en cada manguera de 1 ½" sea de 100 *psi*, en caso de que la presión estática exceda más de 175 *psi*, se debe suministrar un dispositivo de regulación que garantice una presión residual y estática de 100 *psi* para este tipo de diámetro o de 175 *psi* para otro diámetro.

La presión residual mínima de operación en conexión de mangueras en el punto más lejano es de 100 *psi* en la salida de 2 ½" y de 65 *psi* en las de 1 ½".

En cuanto a caudales hidráulicos, para sistemas con estaciones clase I y clase III se debe garantizar un caudal de 500 *gpm* en la red principal más remota, el punto más lejano de descargue del agua debe tener un caudal de 250 *gpm* (946 *L/min*). Sin embargo, si la red principal abastece tres (3) o más conexiones de mangueras se debe calcular una salida de 250 *gpm/gabinete* para los tres (3) gabinetes más lejanos y para la salida más alta que se encuentre; por otro lado, se debe asegurar que el caudal más alto que se pueda tener en cada línea del sistema de gabinetes no exceda los 1250 *gpm* (4731 *L/min*) o 1000 *gpm* en aquellos sistemas que cuentan con gran cantidad de rociadores.

Para un sistema combinado con protección parcial automática de rociadores, el caudal mínimo debe ser de 250 *gpm* más el caudal necesario para rociadores o el caudal mínimo de 250 *gpm* más 150 *gpm* si es una ocupación de riesgo leve o 500 *gpm* si es una ocupación de riesgo ordinario.

En el caso de sistemas clase II, el caudal mínimo en el punto más lejano a la bomba en el punto más alto, debe ser de 100 *gpm*.

Otros parámetros a tener en cuenta. En el caso de tener una red contra incendio con sistemas de mangueras clase I y clase III el diámetro mínimo que debe tener la tubería es de 4"; si el sistema es combinado (sistema de mangueras y rociadores) el diámetro mínimo de la red principal es de 6"; pero si se cuenta con un sistema de rociadores automáticos, se puede establecer diámetro mínimo de 4".¹³

En cuanto a las válvulas encontradas en la red contra incendios, es importante la correcta ubicación de aquellas que permitan aislar cada una de las redes principales sin interrumpir el abastecimiento de las demás; cuando es un sistema combinado, es necesario contar con una válvula de control y una válvula cheque, la cual pueda

¹³ *Ibíd.*, p. 33.

controlar el flujo de la derivación en caso de emergencia el mismo diámetro de la derivación.¹⁴

2.2.1.2 Sistema de rociadores. En un sistema de rociadores automáticos, se precisa identificar en principio el riesgo del área que se espera proteger con los mismos; acción realizada en la primera parte del presente capítulo; y de esta manera, tomar la información necesaria de la normatividad para aplicar en el diseño de la red contra incendios.

Dicha información incluye parámetros importantes como presión, caudal, densidad de descarga y área de cobertura; datos vitales para realizar más adelante el diseño hidráulico del sistema más adecuado para cada área.

Parámetros generales. La normativa específica para los sistemas de rociadores automáticos (NFPA 13), dicta ciertos datos para el correcto diseño de la red de acuerdo con el nivel de riesgo del área a proteger, como:

Si se diseña una red contra incendios basada en cálculos hidráulicos, la presión mínima residual de cada rociador debe ser de 7 *psi* según lo establecido en la norma NFPA 13. Por otro lado, si se diseña con base en cédula de tubería, el cuadro número 6 presenta los requerimientos de suministro de agua para el sistema de rociadores, según el nivel de riesgo que presenta el área a proteger.

Cuadro 6. Requerimientos de Suministro de Agua.

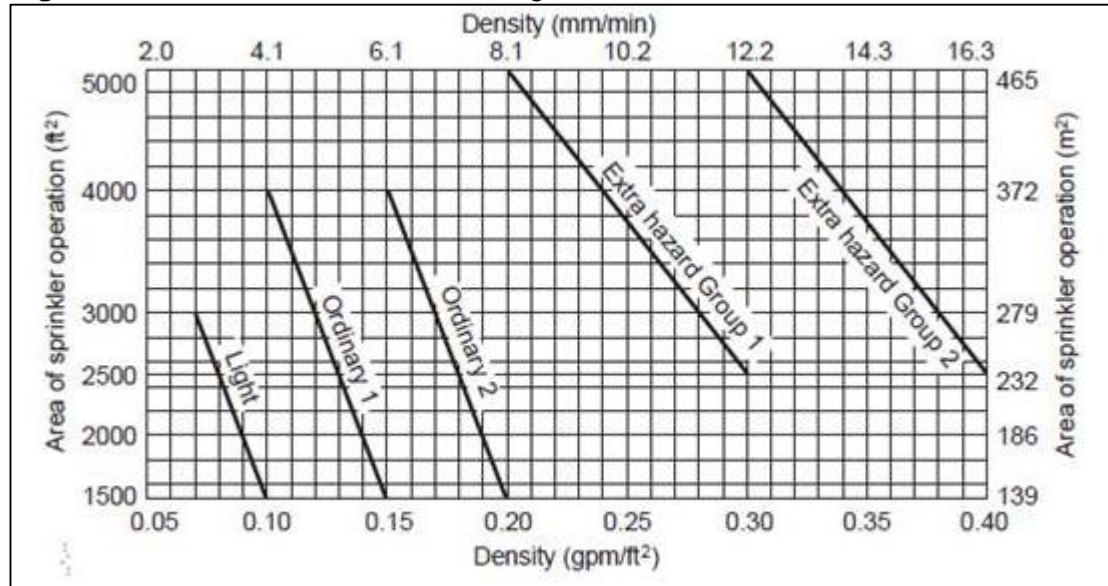
<i>Occupancy Classification</i>	<i>Minimum Residual Pressure Required</i>		<i>Acceptable Flow at Base of Riser (Including Hose Stream Allowance)</i>		<i>Duration (minutes)</i>
	<i>psi</i>	<i>bar</i>	<i>gpm</i>	<i>L/min</i>	
Light hazard	15	1	500–750	1900–2850	30–60
Ordinary hazard	20	1.4	850–1500	3200–5700	60–90

Fuente: NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 547 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 161.

En la figura número 4 se observa la relación entre la densidad de descarga de fluido por rociador con el área que ese cubre, lo anterior ligado al nivel de riesgo que presenta el área a proteger.

¹⁴ *Ibíd.*, p. 26.

Figura 4. Relación Densidad de Descarga vs Área de Cobertura.



Fuente: NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 547 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 162.

2.2.2 Cálculos de pérdidas en sistemas hidráulicos. De acuerdo con lo estipulado en la norma NTC 1669, el diseño de una red contra incendios debe basarse en la ecuación de HAZEN-WILLIAMS (Ecuaciones número 1 y 2), utilizada para el cálculo de pérdidas por fricción.

2.3 FLUIDO DE MITIGACIÓN DE INCENDIOS

Parámetro muy importante a definir para el correcto desarrollo del proyecto. Con base en sus características se podrá estimar el comportamiento del mismo dentro del sistema y así, determinar las pérdidas que representa el uso de este.

Para la correcta elección del fluido de mitigación de incendios a utilizar, se deben tener en cuenta los elementos en la empresa con mayor grado de generación y propagación de incendio, las características físicas de la planta de producción y la disponibilidad de dicho fluido en las instalaciones.

2.3.1 Características inflamables de los elementos y materiales más importantes de la empresa.

2.3.1.1 Fibras Sintéticas. Las principales materias primas que generan un alto nivel de riesgo de un incendio encontradas en las instalaciones de una planta textil, son las fibras sintéticas; existen diferentes tipos, pero las más relevantes a la hora de producir lencería, producto principal de la empresa Ritchi S.A.S., son el rayón, las acrílicas, el nylon, el poliéster y el spandex.¹⁵

El rayón o también llamado viscosa es una fibra sintética con la característica de proceder de una celulosa, en este caso pasta de madera, la cual es tratada químicamente. Esta es usada principalmente para proveer característica al tejido del tal forma que le de resistencia, suavidad y sea absorbente a teñirse con colores intensos y duraderos; Un tipo de fibra sintética que hace parte de este grupo es el acetato, este es un éster de la celulosa y es muy utilizado de igual forma debido a su capacidad para aceptar colores y dar una buena caída al textil.¹⁶

Puesto que estas fibras son provenientes de la celulosa, tienen un riesgo de inflamabilidad alto, sin embargo, a pesar de que tienen una temperatura promedio de ignición de 400°C, este compuesto tiende a carbonizarse, pero no a fundirse en presencia de llama.

Por otro lado, están las fibras sintéticas que tienen como base principal los polímeros sintetizados desarrollados por la industria petroquímica, entre estas se encuentran las acrílicas (polivinilo), el nylon (poliamida), el poliéster y el spandex (poliuretano).

Este tipo de fibras tienen una temperatura de ignición entre 400°C y 600°C, un poco más elevada que las fibras a base de celulosa nombradas anteriormente; sin embargo, el comportamiento de estas frente al proceso de combustión, es que estas tienden a fundirse ardiendo con intensidad y generando gases nocivos para la salud además de una gran cantidad de humo.

¹⁵ NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Manual de Protección contra Incendios. 4 ed. España: Mapfre, 1993. 2213 p. ISBN: 8471006456. p. 685.

¹⁶ OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT). Cap 89: Industrias Textiles y de la Confección. En: Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 3 ed. Madrid, España: La entidad, 2001. Vol 3. ISBN: 8484170470. p. 89-15.

2.3.1.2 Subestaciones eléctricas. Las subestaciones encontradas en la planta tienen el objetivo de establecer los niveles de voltaje adecuados para transmitir y distribuir la energía de acuerdo al nivel de tensión necesario en las diferentes áreas. Además, dirige el flujo de energía evitando las pérdidas, operando de forma óptima, dando seguridad en la red eléctrica.¹⁷

El equipo de mayor cuidado en la subestación es el transformador de potencia, pues este cuenta con una carga de aceite, la cual puede derramarse y puede llegar a generar un calor de combustión suficiente para arruinar edificaciones. De acuerdo a esto, es importante que se tengan muros corta fuegos, para evitar la propagación de llama en caso de presentarse; el principal sistema para extinción de incendios es el de agua fraccionada cumpliendo con lo establecido en la norma NFPA 15.¹⁸

2.3.2 Fluido de mitigación de incendios. Antes de hablar del fluido de mitigación de incendios, se debe revisar el proceso de combustión y como el fluido actuará frente a este. Lo anterior va de la mano con la descripción y clasificación de áreas realizada anteriormente.

Las principales opciones que se tienen para controlar, reducir o eliminar un incendio se basan en el triángulo del fuego, en donde se pueden evidenciar cuatro posibles soluciones:

- Disminuir o eliminar la cantidad de oxígeno presente en el ambiente.
- Separar la cantidad de combustible que genera la reacción de combustión.
- Disminuir la temperatura presente en la llama o incendio.
- Ahogar el fuego aplicando algún producto químico que cambie la reacción química o que elimine el incendio.

2.3.2.1 Proceso de combustión. El proceso de combustión hace referencia al desenvolvimiento de una reacción química exotérmica, es decir liberadora de calor; esta tiene la característica de producir calor más velozmente de lo que se disipa, se desarrolla al estar presente los tres principales componentes del triángulo del fuego (oxígeno, combustible y fuente de ignición) y aumenta la temperatura tan velozmente que puede llegar a generar una luz visible.

¹⁷ GAS NATURAL FENOSA. Subestaciones Eléctricas. [En Línea]. Recuperado en: 25 JULIO 2019. Formato archivo (pdf). 100 p. Disponible en: https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/5724/mod_resource/content/0/Curso_Subestaciones._Univ_Laboral_Haciadama_Parte1.pdf. p. 6.

¹⁸ CORREA M. Salud y seguridad en el trabajo. Sistemas para la Protección contra Incendios en Subestaciones. [En Línea]. Recuperado en: 25 JULIO 2019. Formato archivo (pdf). 7 p. Disponible en: [http://sg.cier.org.uy/Publicaciones/Revista.nsf/0a293b20eacdf8a903257133003ea67d/1196bcd9e8b1deac8325782c00486664/\\$FILE/06_SistemasparalaProteccion.pdf](http://sg.cier.org.uy/Publicaciones/Revista.nsf/0a293b20eacdf8a903257133003ea67d/1196bcd9e8b1deac8325782c00486664/$FILE/06_SistemasparalaProteccion.pdf). p. 3.

Una llama es la consecuencia de generarse una reacción de combustión gaseosa en donde se presenta una zona mucho más caliente que la de sus alrededores y se emite una luz; a este tipo de combustión se le denomina combustión con llama.

Existe otro tipo de combustión, combustión incandescente, esta se produce principalmente en materiales porosos; el oxígeno caliente fluye por los poros del material, haciendo que las partículas del mismo lleguen a la temperatura de ignición, es posible que solo una parte del material presente llama al inicio, sin embargo, al poseer elevadas temperaturas internamente durante el proceso de calentamiento, puede verse envuelto en llamas el material de un momento a otro.

Al tener claro en que consiste el proceso de combustión se puede determinar que con ausencia en alguno de los componentes principales del fuego, la reacción exotérmica desaparece, en este punto es importante tener en cuenta los límites de explosividad del combustible así como sus características principales al estar en presencia de elevadas temperaturas, por lo cual, como se mencionó antes, se debe identificar cual es el método para poder extinguir la llama usando un fluido adecuado.

2.3.2.2 Extinción con agua. El agua es uno de los fluidos más utilizados en la extinción de incendios debido a sus propiedades, economía y disponibilidad. Es usada principalmente porque ayuda con el enfriamiento de la reacción exotérmica, diluyendo la cantidad de oxígeno presente y generando desestabilidad en la combustión.

Se puede aplicar agua sobre algunos líquidos inflamables, aquellos que son hidrofílicos, generando una dilución en el mismo, aunque tarda mayor tiempo y un uso considerable de agua, puede ser una solución. Se debe tener cuidado cuando el líquido es hidrofóbico, en este caso la aplicación del agua puede empeorar la situación.¹⁹

El agua es un fluido fácil de almacenar a presiones y temperaturas normales, su punto de ebullición son los 100°C, cuando es utilizado en un incendio al estar en contacto con el sólido que presenta llama, tiende a bajar la temperatura del sólido, además de generar vapor lo cual disminuye la cantidad de oxígeno que llega a la reacción.

En las redes contra incendio es posible aplicar este fluido de formas diferentes, se utilizan mangueras y rociadores; la primera consta de un chorro continuo y directo al lugar donde se genera la reacción exotérmica, de tal forma que enfría el sólido o

¹⁹ FREMAP. Guía Básica Sobre Prevención de Incendios. [En Línea]. Recuperado en: 25 JULIO 2019. Formato archivo (pdf). 40 p. Disponible en: https://www.icv.csic.es/prevencion/Documentos/manuales/Guia_basica_sobre_Prevencion_de_Incendios.pdf. p. 14.

líquido al que se esté aplicando; en el caso de rociadores, este fracciona el fluido, generando pequeñas gotas sobre la zona de combustión, haciendo que se bloquee la radiación de calor y formando moléculas de vapor de agua que aíslan el oxígeno presente para evitar la reacción.

Sin embargo, se debe tener cuidado si se aplica a metales que puedan reaccionar y generar vapores volátiles que contribuyan con la reacción, en este caso se deben utilizar otros métodos de extinción.

2.3.2.3 Extinción con espumas acuosas. La extinción con espumas acuosas se usa en caso de tener un líquido inflamable²⁰, estas espumas consisten en una masa de burbujas las cuales pueden ser espesas y viscosas, o pueden ser más líquidas y tener la facilidad de extenderse fácilmente.

De acuerdo al tipo de líquido inflamable se selecciona cual usar, el principio fundamental de este tipo de extinción consiste en cubrir el área donde se presenta la llama, al estar en contacto con el calor emitido, las espumas se separan y generan vapor de agua, como las espumas son menos densas que el fluido inflamable, es importante que estas se apliquen por encima del área de combustión, de tal forma que enfrían y evitan o paran la reacción exotérmica.

Cabe aclarar, que para poder utilizar este tipo de extinción es importante contar con la cantidad de recurso necesario para cubrir totalmente el área de llama, si no es así, la reacción volverá a elevar su temperatura llegando nuevamente a su intensidad original.

Usualmente en este tipo de casos no se usa agua puesto que la gran mayoría de líquidos inflamables son hidrofóbicos, cuando se aplica el agua y el fluido inflamable llega a ser más liviano, el agua tenderá a bajar y el fluido flotará y continuará quemándose. En el caso de fluidos que son miscibles en agua, se necesitará una gran cantidad de esta para poder solubilizarse y hacer que el líquido inflamable deje de ser reactivo.

2.3.2.4 Extinción con gases inertes. Se necesita un volumen mínimo del gas inerte para evitar la combustión de diversos vapores o sólidos, lo que busca este tipo de extinción es disminuir la cantidad de oxígeno presente en la reacción, cambiándolo por un gas inerte en donde no ocurra la combustión.

Para este tipo de extinción es importante que el lugar sea hermético, si no es así la cantidad de gas inerte aplicado tenderá a desaparecer y no cumplirá con su objetivo de dilución en el ambiente en el caso de ser vapor lo que está causando la

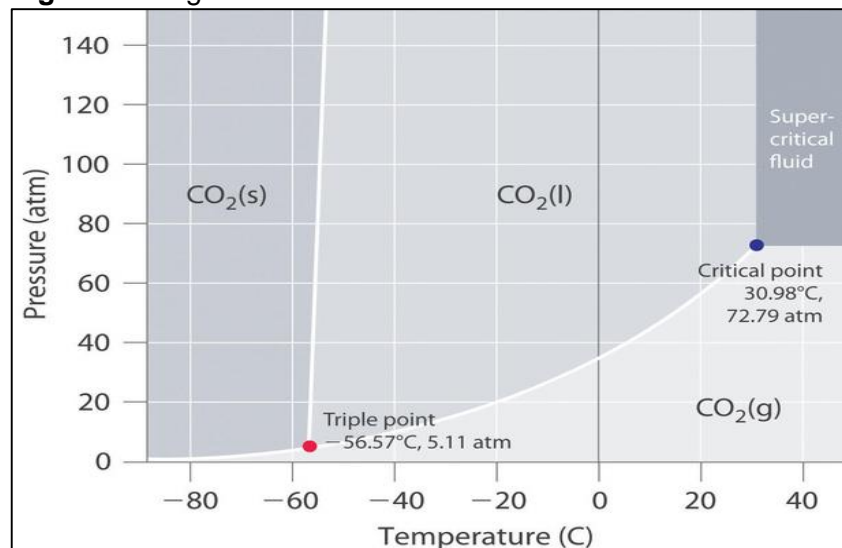
²⁰ NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Manual de Protección contra Incendios. Op. Cit., p. 815.

combustión; si es un sólido es importante que este cubra todo el sólido que está en llamas.

Éste es usado principalmente cuando hay presencia de vapores combustibles, los gases inertes más utilizados son el CO_2 y nitrógeno los cuales deben cumplir con un porcentaje de volumen mínimo en la reacción para evitar la combustión en vapores.

Sin embargo, es muy usual ver cilindros de CO_2 como método para mitigación de incendios en fuentes eléctricas, el CO_2 al estar comprimido en el cilindro tiende a estar en estado líquido con una presión que lo mantenga comprimido a la temperatura que se encuentre, en el momento que es liberado al exterior, al encontrarse con una menor presión, se convierte instantemente en gas en forma de hielo seco²¹ como se muestra en el diagrama de fases del Dióxido de Carbono en la figura número 5.

Figura 5. Diagrama de fases del Dióxido de Carbono.



Fuente: PETRUCCI. General Chemistry. [Consultado el Jul 25,2019] Disponible en: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Map%3A_General_Chemistry_\(Petrucci_et_al.\)](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Map%3A_General_Chemistry_(Petrucci_et_al.))

²¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Extintores Portátiles Contra Incendios. NTC-2885. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. p. 68.

2.3.2.5 Extinción con halogenados. Este tipo de extinción consiste en la aplicación de productos químicos derivados del petróleo con modificaciones en la molécula, algunos átomos de hidrogeno son sustituidos por flúor, cloro o bromo. Funcionan muy parecido a los gases inertes, sin embargo, poseen una gran ventaja referente a la cantidad necesaria, con menor volumen de este producto comparado con el de los gases inertes, se puede mitigar el incendio.

Sin embargo, al ser tan poco amigable con el medio ambiente, generando daños en la capa de ozono; Colombia ha decidido continuar con lo establecido en el Protocolo de Montreal, empezando a eliminar y evitar el uso de este tipo de productos.²²

2.3.2.6 Extinción con agentes químicos secos. Existen siete tipos principales de agentes químicos secos para la extinción de incendios, entre estos están bicarbonato sódico, cloruro sódico, bicarbonato potásico, cloruro potásico, sulfuro potásico, urea más bicarbonato potásico y fosfato mono-amoniaco, este último es muy utilizado para incendios profundos de gran magnitud.

La principal función consta en absorber el calor generado de la combustión, impedir la radiación de energía y formar una capa sobre la superficie que se incendia, impidiendo el escape de vapores inflamables, no obstante, el principal problema de este tipo de extinción es la gran corrosión que presentan los materiales después de estar en presencia de estos químicos, lo cual causa daños graves en máquinas o equipos eléctricos.

2.3.3 Selección y descripción de fluido a emplear. De acuerdo con las características anteriormente descritas, el fluido ideal a utilizar para la mitigación de incendio es el agua puesto que presenta las características adecuadas para la extinción de incendios en todas las áreas de la planta, teniendo en cuenta que para ciertas áreas solo es ideal el uso de rociadores.

2.4 CARACTERIZACIÓN GENERAL

En principio, según la norma colombiana NSR-10, la empresa textil Ritchi S.A.S. se encuentra catalogada dentro del grupo de riesgo “Alta Peligrosidad” (P); aquel con mayor grado de peligrosidad en cuanto a generación y propagación de incendios; lo que hace que requiera un sistema contra incendios combinado gabinetes-rociadores automáticos.

²² MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Sustancias Agotadas de Ozono en el Sector de Extinción de Incendios. [En Línea] Recuperado en: 25 JULIO 2019. Formato archivo (pdf). 16 p. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Boletines_de_Ozono/Boletin_Ozono_No._41.pdf. p. 4.

En cuanto a las áreas de ocupación, se definieron 18 clases dentro de la empresa, demarcadas con un código de color asignado y se les clasificó de acuerdo con su nivel de riesgo; según lo estipulado por la norma NFPA 13. Esto se evidencia en el cuadro número 7.

Cuadro 7. Clasificación de áreas de ocupación.

Clasificación De Riesgo		Área	Código De Color
Leve		Oficina	
		Residuos	
		Baño	
Ordinario	Grupo 1	Subestaciones eléctricas	
		Comedor	
		Parqueo	
	Grupo 2	Comercial o punto de venta	
		Costura	
		Corte	
		Compresores	
		Confección	
		Empaque	
		Taller de mantenimiento	
Extra	Grupo 1	Bodega	
		Maquinaria para hilar	
		Calderas	
		Máquinas térmicas	
		Almacenamiento de medias médicas	

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se define que el fluido de mitigación adecuado a utilizar en la red contra incendios para la empresa textil Ritchi S.A.S. es agua, debido a sus aptitudes para extinción del fuego y su disponibilidad en las instalaciones de la compañía.

3. DISEÑO CONCEPTUAL

En el desarrollo de este capítulo, se inicia con la descripción de los sistemas que conforman la red contra incendios, para luego describir y presentar de manera esquemática, las alternativas de solución propuestas para darle una adecuada respuesta a la problemática presente en la empresa textil Ritchi S.A.S.

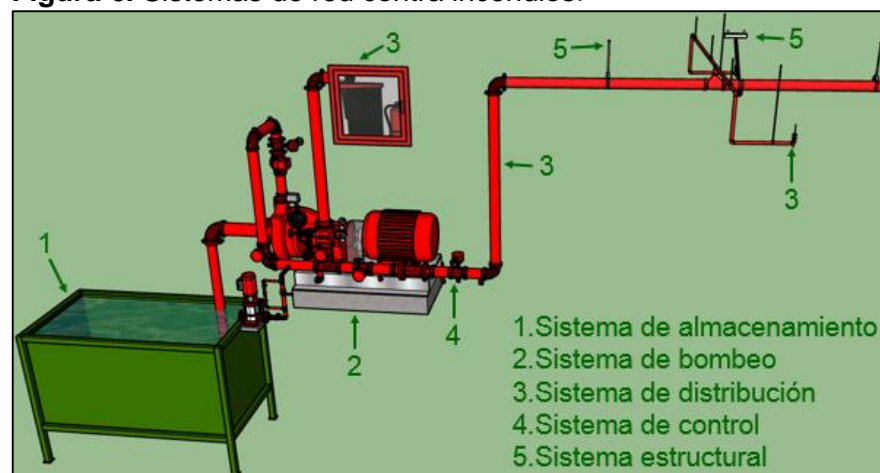
Cabe aclarar que las alternativas se encuentran enfocadas a la distribución de la red contra incendios a lo largo de la planta de producción, puesto que la normatividad específica para estos sistemas ya brinda información necesaria sobre los demás elementos que la componen.

Una vez se han establecido, se realiza su evaluación mediante el método QFD que proporciona la mejor opción de distribución de red para continuar con la elaboración del diseño detallado en los capítulos siguientes.

3.1 SISTEMAS QUE COMPONEN LA RED CONTRA INCENDIOS

A continuación, se presentan de manera gráfica (figura número 6) y se describen cada uno de los sistemas que componen la red contra incendios.

Figura 6. Sistemas de red contra incendios.



Fuente: elaboración Propia.

3.1.1 Sistema de almacenamiento. Este sistema comprende el tanque donde se almacena el fluido a ser abastecido por la red al momento de que se presente un incendio.

La empresa Ritchi S.A.S. cuenta con un tanque subterráneo de agua con las siguientes dimensiones: 25 m de largo, 25 m de ancho y 1,7 m de altura; lo que equivale a un volumen de 1.062,5 m³.

Sin embargo, cabe resaltar que la boquilla de succión del sistema de bombeo no tocará el fondo del tanque, sino que la norma recomienda que se encuentre a una distancia de $6'' = 0,1524\text{ m}$; lo que implica un volumen muerto de $95,25\text{ m}^3$ y un volumen disponible total de $967,25\text{ m}^3$.

3.1.2 Sistema de bombeo. Para las redes contra incendios, el sistema de bombeo cuenta con una bomba principal; encargada de extraer el fluido del tanque y distribuirlo a través de la malla de tubería extendida a lo largo de la planta de producción; y una bomba de presurización denominada “jockey”; que mantiene la presión constante en la red para su correcto funcionamiento. Este conjunto de bombas debe cumplir con las especificaciones de la norma NFPA 20.

3.1.3 Sistema de distribución. La distribución en planta comprende la malla de tubería junto con sus accesorios (codos, semi-codos, tees, filtros, juntas rígidas o flexibles, etcétera), además de los rociadores automáticos y gabinetes contra incendios.

Dicho sistema debe adaptarse específicamente a las condiciones físicas de las instalaciones de la compañía. Cabe aclarar que los gabinetes se instalarán a lo largo del corredor principal de la empresa; a excepción de uno ubicado en el área de mayor dimensión y por ende, mayor demanda hidráulica; siendo cinco en total y ubicados de tal forma que su cobertura sea aprovechada al máximo; recordando que el barrido máximo de cada gabinete es de 39.7 m .

En cuanto a los rociadores, estos pueden tener diferentes configuraciones de distribución en las áreas de la empresa. Es por esto que, se plantean y evalúan las diferentes alternativas de solución enfocadas a la manera en que se encontrarán repartidos los rociadores en la planta de la compañía.

3.1.4 Sistema de control. En cuanto al control, se tienen elementos como válvulas, sensores y reguladores distribuidos en la extensión de la red para mantener las condiciones de operación adecuadas.

- Las válvulas permiten al usuario la apertura/ cierre del sistema cuando se le requiera (Casos de emergencia, mantenimiento, inspección, entre otros)
- Los sensores facilitan el monitoreo de las condiciones de operación del sistema.
- Los Reguladores son los encargados de dar control a las variables (Presión y caudal) establecidas en el diseño de la RCI.

3.1.5 Sistema estructural. El sistema estructural se basa en el uso de los soportes comerciales necesarios para dar restricción de movimiento, evitando que existan desplazamientos que afecten la integridad de los elementos de la red contra incendios a lo largo de las instalaciones de la empresa.

La selección de los soportes a utilizar se basa en el diámetro y material de la tubería, además de las condiciones del área donde se instalará, si es intemperie o espacio cubierto.

3.2 PARÁMETROS DE DISTRIBUCIÓN DE RED EN PLANTA

A la hora de proponer las alternativas de solución relacionadas con la distribución de la red contra incendios en la planta física de la empresa textil, se deben tener en cuenta aquellos aspectos propios de la edificación que influyan en la instalación de tal sistema.

3.2.1 Limitaciones físicas. Como se puede evidenciar en el plano general de la empresa (anexo E.1), la edificación cuenta con un corredor central que comunica la mayoría de las áreas de producción de la misma. Por dicho corredor, se extiende la tubería principal de la red contra incendios para ser distribuida hacia las diferentes áreas de producción.

Cabe resaltar que la empresa cuenta con una planta arquitectónica ya construida, por lo cual, a la hora de determinar la distribución adecuada se debe tener en cuenta la menor afectación posible a la estructura.

3.2.2 Ubicación actual de tanque de agua. Actualmente, la empresa cuenta con un tanque subterráneo de agua, lo que define la ubicación del sistema de bombeo; punto de partida de la RCI.

Dicho tanque se encuentra ubicado en la zona noroccidental de la compañía como se puede observar en la Figura número 7.

Figura 7. Ubicación de Tanque subterráneo en planta.



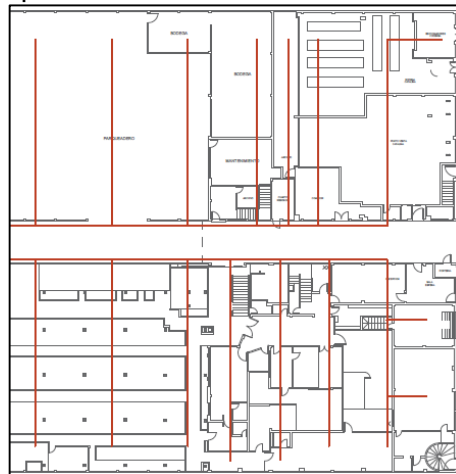
Fuente: elaboración Propia.

3.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A continuación, se presentan las tres alternativas de distribución de red contra incendios a lo largo de las instalaciones de la empresa.

3.3.1 Disposición ramificada. Éste tipo de red tiene como objetivo comunicar el fluido desde un punto inicial hasta varios puntos finales, se deriva la red en varias ramas de tal forma que se suministre el flujo de agua necesaria hasta el punto final, ya sea gabinete o rociador. En el caso de Ritchi S.A.S., esta consiste en impulsar el fluido desde la bomba la cual debe estar adyacente a los tanques de agua y derivar en 3 ramas principales, de tal forma que cada una suministre el fluido a cada lado de la compañía que se separa por el corredor y una línea especial para gabinetes. De dicha disposición se observa un detalle en la figura número 8 y su respectiva ilustración general se encuentra en el anexo E.3.

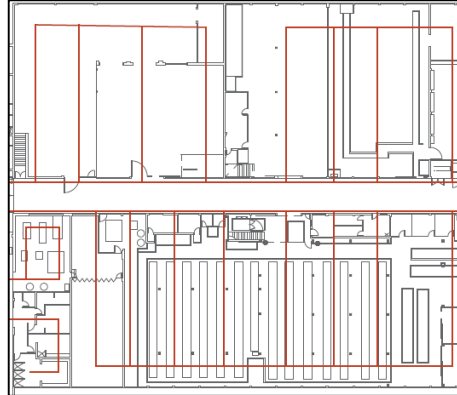
Figura 8. Detalle de disposición tipo ramificada.



Fuente: elaboración Propia.

3.3.2 Disposición anular por zonas. Esta alternativa, de acuerdo con clasificaciones generales por área, se derivan ramificaciones que se convierten por área en redes tipo anillo. De tal forma que se clasifiquen en promedio de acuerdo a nivel de riesgo el número de puntos finales que se tengan en cada área. De dicha disposición se observa un detalle en la figura número 9 y su respectiva ilustración se encuentra en el anexo E.4.

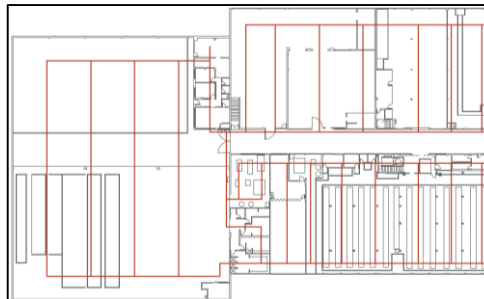
Figura 9. Detalle de disposición tipo anular por zonas.



Fuente: elaboración Propia.

3.3.3 Disposición anular total. Este tipo de red consiste en la conexión de cada punto con otros puntos por lado y lado, de tal forma que siempre exista una conexión entre los fluidos, a este tipo de red también se le llama anillo. En el caso de Ritchi S.A.S., se propone la red tipo anillo general de tal forma que siempre esté conectado cada punto final con varias líneas adyacentes, se tiene un anillo principal que conecta ambos lados de la compañía y en cada lado se realiza una malla de conexión entre puntos finales. De dicha disposición se observa un detalle en la figura número 10 y su respectiva ilustración se encuentra en el anexo E.5.

Figura 10. Detalle de disposición tipo anular total.



Fuente: elaboración Propia.

3.4 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS POR EL MÉTODO QFD

El método de evaluación QFD permite tener en cuenta los requerimientos específicos del cliente; en este caso, la empresa textil Ritchi S.A.S.; para dar una adecuada respuesta técnica. De esta forma, el sistema a diseñar se adaptará de la mejor manera a los gustos y necesidades de la compañía.

3.4.1 Establecer los “QUÉ”. A la hora de establecer los “qué”, se hace un sondeo a aquellas condiciones que el cliente espera del sistema a diseñar, obviando aspectos implícitos en el mismo desarrollo del proyecto como que funcione de manera correcta o que sea seguro.

Es por esto que, a continuación, se presentan los “qué” a analizar en la matriz QFD para escoger la mejor alternativa de solución a la necesidad de la empresa textil Ritchi S.A.S.

- Que el sistema no obstruya en exceso las áreas de producción.
- Que el sistema sea de fácil operación.
- Que no se requiera una gran cantidad de adecuaciones a la infraestructura de la planta de producción para la instalación del sistema.
- Que el costo del sistema sea lo menos elevado posible.
- Que se tenga un fácil acceso al sistema para su mantenimiento.
- Que el sistema esté adecuadamente demarcado en su totalidad.
- Que el sistema cumpla con los parámetros estipulados por la normatividad nacional e internacional.
- Que el sistema se adapte correctamente a los recursos con los que cuenta la compañía.
- Que el sistema responda de la manera más oportuna ante una situación de emergencia.

En la matriz general QFD, los “qué” se enuncian en la parte izquierda de la misma.

3.4.2 Análisis de los “QUÉ”. Es importante realizar un estudio de cómo se relacionan los “qué” entre sí comparado su relevancia en cada alternativa de solución planteada. Dentro de la matriz QFD, este estudio se presenta en la parte derecha.

En principio, se le da una calificación de importancia a cada “qué” según la opinión del cliente en una escala de 1 a 5, donde 1 representa poco importante y 5 representa muy importante). De esto resalta que para la compañía es de suma importancia que el sistema no requiera gran cantidad de adecuaciones a la planta física para su instalación, no presente un costo muy elevado, cumpla con los parámetros establecidos por la norma y se adapte de la mejor manera a los recursos con los que cuenta la compañía.

A continuación, se califica el cumplimiento de cada “qué” en cada una de las alternativas de solución propuestas; además de en la situación actual del sistema contra incendios en la empresa (una limitada cantidad de extintores); con una escala de 1 a 5 (donde 1 representa bajo cumplimiento y 5 representa alto cumplimiento).

Se determina una calificación objetivo, valor establecido ideal al que se debe acercar la evaluación de la alternativa propuesta para cada “qué”.

Después, se establece lo que se conoce como el ratio de mejora, que relaciona la calificación objetivo con la calificación del sistema actual en la compañía. Este dato, proporciona una visión clara en cuanto a que tan lejos se encuentra la calificación del sistema actual de la calificación deseada del sistema.

Se adiciona una columna llamada argumento de venta, que consiste en calificar la fortaleza de cada “qué” en cuanto a su relevancia como parámetro de venta del sistema al público, en una escala de 1 a 1.5 (donde 1 es no tan fuerte y 1.5 es muy fuerte).

Se procede a hacer la ponderación absoluta y relativa. La absoluta se da como el producto de las columnas de importancia de cada “qué”, de ratio de mejora y de argumento de venta. La relativa se da como el cociente del producto entre cien y la ponderación absoluta correspondiente, con la sumatoria de las ponderaciones absolutas.

Finalmente, se determina el orden de importancia de los “qué”, donde el más importante es aquel con la mayor ponderación relativa y el menos importante es aquel con la menor ponderación relativa.

Del anterior estudio se puede concluir que aquellos aspectos del sistema más importantes son que el sistema se adapte a los recursos disponibles en la empresa, se adapte a los parámetros establecidos por la normatividad específica de estos y responda de la manera más oportuna a cualquier situación de emergencia.

3.4.3 Establecer los “CÓMO”. En cuanto a los “cómo”, se dan como aquellas respuestas técnicas propuestas por los diseñadores para los requerimientos solicitados por la compañía, anteriormente enunciados (“QUÉ”).

- Volumen que ocupa la red contra incendios.
- Altura desde el suelo que tiene la tubería principal del sistema.
- Longitud total del trazado de tubería de red contra incendios, en las instalaciones de la empresa.
- El nivel de modificación que requiere la infraestructura de la compañía para la instalación del sistema.
- El caudal de fluido medido en los elementos finales de la red.
- La presión medida en los puntos extremos del sistema.
- La demarcación de la red contra incendios a lo largo de su recorrido.
- Contar con sistemas de control para las diferentes variables de la red.
- Brindar las recomendaciones de uso necesarias para el correcto uso del sistema.
- Los datos de consumo de energía eléctrica de la red contra incendios.

- La información referente al suministro de fluido necesario para el correcto funcionamiento del sistema.
- Contar con sistemas automáticos a lo largo de la red.
- Rapidez con que el sistema contra incendios reacciona frente a una situación de emergencia en las instalaciones de la empresa textil.

Dentro de la matriz general QFD, los “cómo” son enunciados en la parte superior de la misma.

3.4.4 Análisis de los “CÓMO”. De la misma manera que con los “qué”, se realiza un estudio de la forma en que se relacionan los “cómo” entre sí, comparado su relevancia en cada alternativa de solución planteada. Dentro de la matriz QFD, este estudio se presenta en la parte inferior.

En cuanto al análisis de los “cómo”, se dan datos más concretos de cada alternativa de solución para cada una de las respuestas técnicas enunciadas. Lo anterior, en aras de proponer un objetivo técnico esperado.

De este estudio se concluye que todas las alternativas cumplen en su mayoría los objetivos propuestos, ya que son netamente dirigidas a la distribución de la red contra incendios en la planta de la empresa. Destaca la diferencia presente en que tanto se ve afectada la infraestructura de la empresa, lo que también se refleja en el volumen que ocupa la red y el trazado total de la misma.

3.4.5 Análisis “QUÉ” vs “CÓMO”. Ésta representa la etapa más significativa en el proceso de evaluación QFD ya que se da la interacción entre los deseos del cliente y las respuestas técnicas a estos. Dentro de la matriz general QFD, este estudio se ubica en la parte central.

En principio, se califica el impacto de cada “cómo” en cada “qué” utilizando una escala donde 0 representa ninguna relación entre estos, 1 representa una baja relación, 3 representa una relación media y 9 representa una alta relación entre dichos ítems.

Después, en la fila denominada orientación deseada, se asigna una flecha en dirección norte si se espera que el “cómo” correspondiente tenga un valor alto, o una flecha en dirección sur si se espera que el “cómo” tenga un bajo valor.

Para la fila de ponderación absoluta se necesitan realizar ciertas operaciones simultáneas, ya que se da como la sumatoria de los productos de la relación del “qué” con el “cómo”, con la ponderación relativa del “qué” correspondiente.

Para la fila de ponderación relativa, se realiza de la misma manera que la ponderación relativa del análisis de los “qué”, como el cociente entre cien por la ponderación absoluta y la sumatoria de las ponderaciones absolutas.

Del mismo modo, se asigna el orden de importancia a cada “cómo” donde aquel con la ponderación relativa más alta será el más importante, y análogamente, aquel con la ponderación relativa más baja será el menos importante.

De este estudio se concluye que los “cómo” con mayor relevancia son aquellos que tienen que ver directamente con el espacio que ocupará el sistema contra incendios en las instalaciones de la empresa.

3.4.6 Matriz de evaluación. En la figura número 11 se presenta la matriz general QFD del presente proyecto.

Figura 11. Matriz QFD.

	Volumen que ocupa la red (m ³)	Altura del suelo (m)	Longitud de trazado de red (m)	Afectación a la infraestructura (0...10)	Caudal en elementos finales (m ³ /s)	Presión en puntos finales (psi)	Demarcación (0-1)	Sistemas de control (0-1)	Recomendaciones de operación (0-1)	Consumo de energía eléctrica (V)	Suministro de agua (m ³)	Sistemas automáticos (0-1)	Rapidez de activación (s)	Importancia para el usuario (1...5)
Que no obstruya las áreas de producción	9	9	9	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4
Que sea fácil de operar	0	0	0	0	0	0	1	9	9	0	0	9	9	4
Que no requiera gran cantidad de adecuaciones a la infraestructura	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Que no tenga un costo elevado	3	3	3	9	0	0	3	9	0	9	9	9	0	5
Que sea de fácil acceso para su mantenimiento	0	9	9	9	0	0	9	9	3	0	0	3	0	3
Que esté bien demarcada	3	3	3	3	0	0	9	3	0	0	0	0	0	2
Que cumpla con los parámetros normativos	3	0	0	0	9	9	3	3	9	0	3	9	3	5
Que se adapte a los recursos de la compañía	9	9	9	9	0	0	0	0	0	9	9	0	0	5
Que responda de manera rápida a una situación de emergencia	3	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	9	3

Estado Actual: Extintores (1...5)	Alternativa No. 1: Disposición Ramificada (1...5)	Alternativa No. 2: Disposición Anular por Zonas (1...5)	Alternativa No. 3: Disposición Anular Total (1...5)
5	3	2	2
4	5	5	5
5	3	2	1
5	3	3	2
5	3	2	2
1	5	5	5
2	5	5	5
1	5	5	5
1	5	4	4

Objetivo	Ratio de Mejora	Argumento de Venta (1...1,5)	Ponderación Absoluta	Ponderación Relativa (%)	Orden de Importancia
3	0,6	1,2	2,9	2,8	8
5	1,3	1,4	7	6,9	5
3	0,6	1,3	3,9	3,8	7
3	0,6	1,5	4,5	4,4	6
4	0,8	1,2	2,9	2,8	9
4	4	1	8	7,8	4
5	2,5	1,5	19	18	2
5	5	1,5	38	37	1
4	4	1,3	16	15	3

Orientación Deseada	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↑
Ponderación Absoluta	529	499	499	457	165	165	180	251	236	371	426	321	255
Ponderación Relativa	12	11	11	10	3,8	3,8	4,1	5,8	5,4	8,5	9,8	7,4	5,8
Orden de Importancia	1	3	2	4	13	12	11	9	10	6	5	7	8

Valoración Técnica	m ³	m	m	0.10 m ³ /s	psi	0-1	0-1	0-1	0-1	V	m ³	0-1	s
Estado Actual	0,1	0	0	0	0	15	0	0	1	0	0	0	20
Alternativa No.1	126	11	825	7	0,1	350	1	1	1	220	110	1	2,5
Alternativa No.2	137	11	910	8	0,1	350	1	1	1	220	110	1	2,5
Alternativa No.3	140	11	930	9	0,1	350	1	1	1	220	110	1	2,5
Objetivo Técnico	126	11	825	7	0,1	350	1	1	1	220	110	1	2,5

Fuente: elaboración Propia.

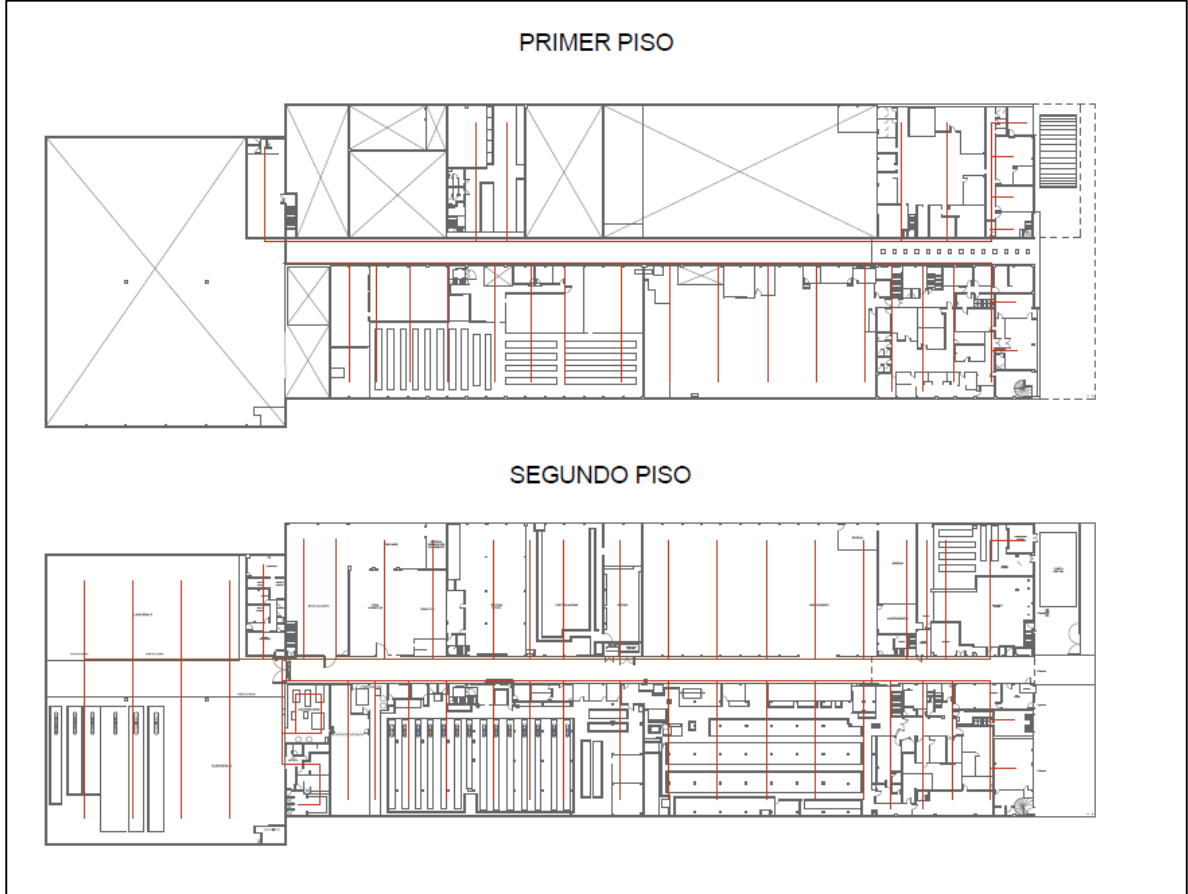
3.4.7 Selección de la alternativa más adecuada. Tras haber estudiado como se relacionan los deseos del cliente con las respuestas técnicas a dichos deseos y la manera en que cada alternativa responde a dicha relación; se resalta:

En cuanto a los “qué”, el hecho que aquellos con el menor valor de ratio de mejora (0,6), correspondan a la no obstrucción de las áreas de producción, la menor cantidad de adecuaciones a la infraestructura y un costo no elevado.

Para los “cómo”, los aspectos con mayor grado de importancia; que además, tienen una orientación deseada hacia la reducción; son el volumen que ocupa la red, la longitud de trazado de la red y la adecuación a la infraestructura.

De lo anterior, se puede concluir que la alternativa propuesta que mejor se adapta corresponde a la red contra incendios en disposición ramificada a través de las instalaciones de la empresa textil Ritchi S.A.S. (evidenciada en la figura número 12); dado que para su implementación requiere la menor cantidad de materiales y adecuaciones a la infraestructura de las tres alternativas propuestas, lo que influye directamente en menores costos de materiales y procesos, menor volumen de ocupación y menor longitud de trazado de red. Cabe aclarar que el hecho que la red no abarque tanto espacio y materiales como las demás alternativas, no implica que esto afecte en su correcta operación o que deje de cumplir con algún parámetro establecido por la normatividad nacional e internacional.

Figura 12. Alternativa de distribución de RCI seleccionada.



Fuente: elaboración Propia.

3.5 PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DETALLADO

Con base en lo desarrollado a lo largo del presente capítulo, se determinan los parámetros más relevantes a tener en cuenta para llevar a cabo de la mejor manera el diseño detallado de la RCI en el siguiente capítulo. Dicha información se presenta en el cuadro número 8.

Cuadro 8. Parámetros para el diseño detallado de la RCI.

Sistema	Componente	Características
ALMACENAMIENTO	Tanque Subterráneo	Ya construido en la empresa, capacidad de 967,25 m ³
BOMBEO	Módulo de Bombas	A seleccionar con base en diseño hidráulico
DISTRIBUCIÓN	Gabinetes	A lo largo del corredor principal de la empresa y uno en área de maquinaria para hilar
	Rociadores automáticos	Disposición ramificada
	Tubería	A seleccionar por tramos para llevar a cabo el diseño hidráulico
	Accesorios	A seleccionar según distribución de red en planta para llevar a cabo el diseño hidráulico
CONTROL	Válvulas	A ubicar según las recomendaciones normativas
	Reguladores	A ubicar según las necesidades de cada área
ESTRUCTURAL	Soportes	A seleccionar según distribución de red en planta

Fuente: elaboración Propia.

4. DISEÑO DETALLADO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

En el desarrollo de este capítulo, se busca definir en su totalidad la red contra incendios específica para la empresa Ritchi S.A.S. con base en la alternativa seleccionada en el capítulo previo.

En principio, se realiza el diseño hidráulico que cuenta con el trazado definitivo de la red a lo largo de las instalaciones de la empresa y los cálculos necesarios para poder seleccionar el sistema de bombeo más adecuado.

En este diseño se determinarán los siguientes aspectos:

- Dimensiones geométricas (Diámetros y longitudes)
- Ubicación y áreas de cobertura de rociador automático
- Ubicación y cantidad de accesorios necesarios para el sistema
- Pérdidas de presión y presión necesaria para el sistema
- Caudal mínimo que debe generar la bomba
- Selección de bomba

Posterior, se realiza el diseño estructural de la red, que brinda la información necesaria para determinar el tipo y número de soportes que se utilizarán de acuerdo con los requerimientos dados por la distribución de la RCI, definidos en el diseño hidráulico.

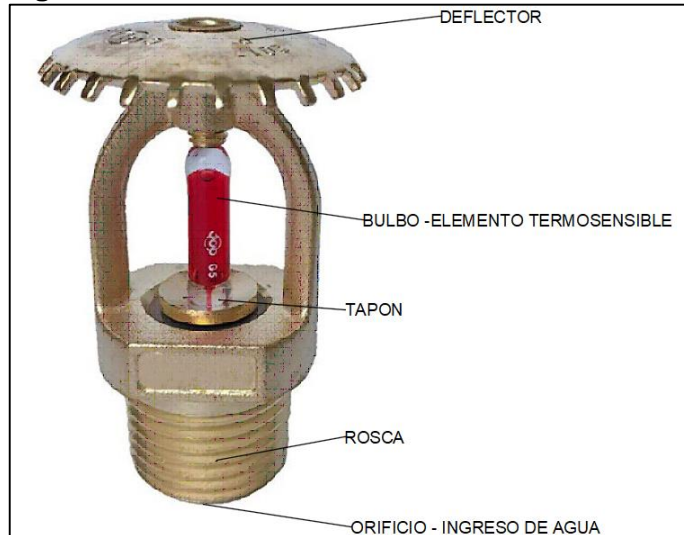
Finalmente, se detalla la información referente a los materiales y procesos necesarios para la correcta implementación del sistema en un futuro.

4.1 DISEÑO HIDRÁULICO

Esta es la etapa más importante del diseño, ya que aporta los datos necesarios para realizar la selección del sistema de bombeo más adecuado para la RCI de acuerdo con las máximas pérdidas de presión en la red y el caudal necesario para la misma; además, se definen los elementos de distribución del fluido en la totalidad de las áreas de la planta de producción.

4.1.1 Rociadores automáticos. Se debe discutir el tipo de rociadores a utilizar, ya que, con la información específica de estos elementos, se llega a definir ciertas características necesarias para detallar la RCI. En la figura número 13, se observa un rociador automático junto con sus partes.

Figura 13. Rociador contra incendios.



Fuente: elaboración propia, con base en INTEREMPRESAS. Fires extinguished in hardly some seconds, 2012. [Consultado el Dic 17,2019] Disponible en: <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/61306-Incendios-extinguidos-en-apenas-unos-segundos.html>

En primera instancia, se determina el área de cobertura para cada rociador; seleccionada como 12 m^2 , dado que se tiene una clasificación de riesgo tipo Extra – grupo 1, se hace el diseño del sistema mediante cálculos hidráulicos y se toma un área de descarga de $0,245 \text{ gpm}/\text{ft}^2$ (como se ilustra en la figura número 14).

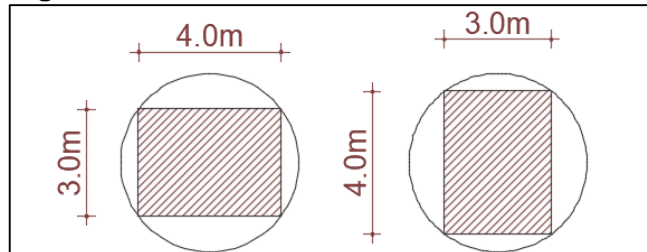
Figura 14. Área de cobertura de rociador seleccionada.

Tipo de construcción	Tipo de sistema	Área de protección		Espaciamiento máximo	
		pie ²	m ²	pie	m
Todas	Cédula de tubería	90	8.4	12*	3.7*
Todas	Calculado hidráulicamente con densidad de $\geq 0.25 \text{ gpm}/\text{pie}^2$ (10.2 mm/min)	100	9	12*	3.7*
Todas	Calculado hidráulicamente con densidad de $< 0.25 \text{ gpm}/\text{pie}^2$ (10.2 mm/min)	130	12	15	4.6

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 90.

El área de cobertura anteriormente determinada se representa de manera óptima como un rectángulo, que para este caso, se seleccionan sus dimensiones de 3 m * 4 m. Lo anterior se evidencia en la figura número 15.

Figura 15. Área de cobertura de cada rociador.



Fuente: elaboración Propia.

En segunda instancia, se determina el factor propio del rociador “K”; dato que depende del nivel de riesgo a proteger y necesario a la hora de realizar cálculos hidráulicos; que para este caso se manejará con valor de $5,6 \text{ gpm}/\sqrt{\text{psi}}$ para áreas de riesgo leve y $8 \text{ gpm}/\sqrt{\text{psi}}$ para áreas de riesgo ordinario o extra. La norma NFPA 13 aporta valores nominales para la correcta selección de rociadores; información ilustrada en el cuadro número 9.

Cuadro 9. Valores nominales de factor K de rociadores.

Nominal K-Factor		Nominal Orifice Size	
U.S. [gpm/ (psi) ^{1/2}]	Metric [L/min/ (bar) ^{1/2}]	in.	mm
1.4	20	¼	6.4
1.9	27	5/16	8.0
2.8	40	3/8	10
4.2	60	7/16	11
5.6	80	½	12
8.0	115	17/32	14
11.2	160	5/8	16
14.0	200	¾	20

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 348.

Finalmente, se escoge el tipo de bulbo o también llamado elemento sensible que debe tener el rociador según la necesidad de temperatura de operación del mismo. El cuadro número 10 muestra las características de los rociadores según su

temperatura de operación, estipulados por la norma NFPA 13; por lo que se determina que el bulbo adecuado para las condiciones de trabajo en la compañía es de tipo ordinario, dado que maneja un temperatura de 57°C a 77°C, temperatura superior a la encontrada en el área, este elemento se caracteriza por ser de color naranja o rojo.

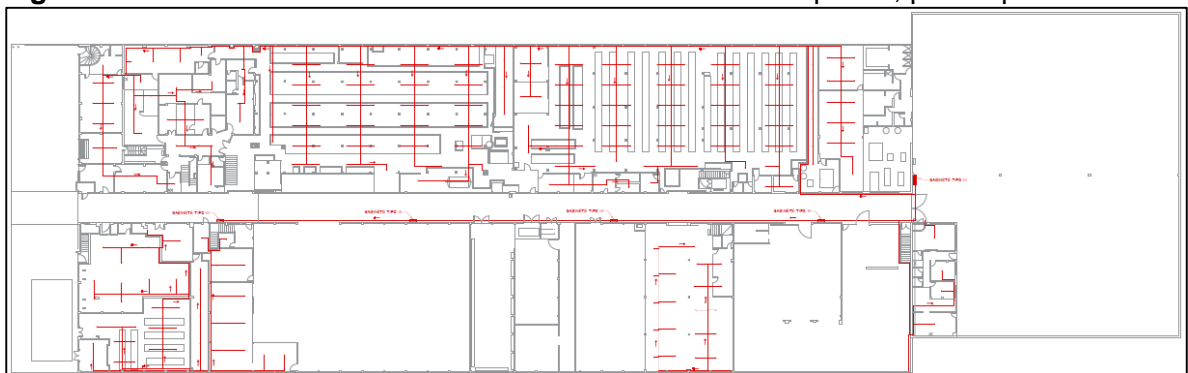
Cuadro 10. Características de operación de rociadores.

Maximum Ceiling Temperature		Temperature Rating		Temperature Classification	Color Code	Glass Bulb Colors
°F	°C	°F	°C			
100	38	135–170	57–77	Ordinary	Uncolored or black	Orange or red
150	66	175–225	79–107	Intermediate	White	Yellow or green
225	107	250–300	121–149	High	Blue	Blue
300	149	325–375	163–191	Extra high	Red	Purple
375	191	400–475	204–246	Very extra high	Green	Black
475	246	500–575	260–302	Ultra high	Orange	Black
625	329	650	343	Ultra high	Orange	Black

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 50.

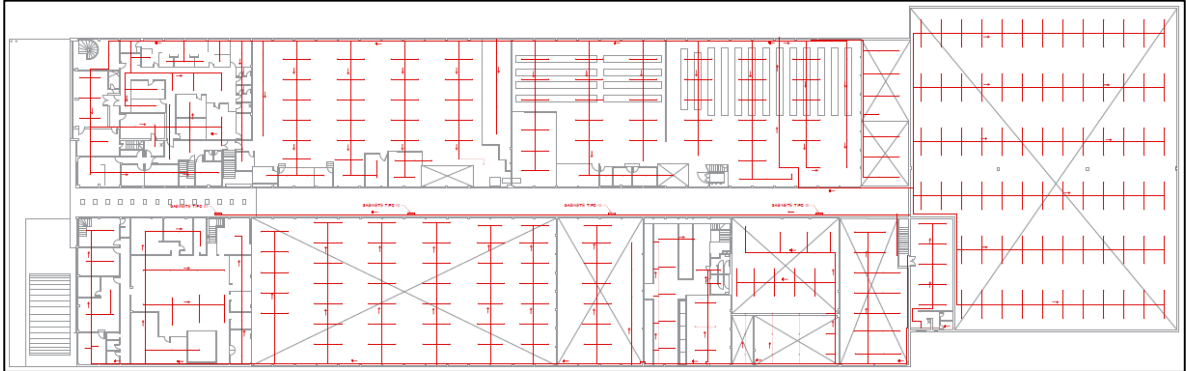
4.1.2 Trazado definitivo de red. De acuerdo con el parámetro de área de cobertura anteriormente descrito y recordando que los gabinetes se instalarán a lo largo del corredor principal de la empresa; a excepción de uno ubicado en el área de mayor extensión y por ende, mayor demanda hidráulica, siendo cinco en total; se establece la distribución definitiva de red de manera ramificada (Anexos E.6). Distribución ilustrada en la figura número 16 (a y b).

Figura 16 a. Distribución definitiva de red contra incendios en planta, primer piso.



Fuente: elaboración Propia.

Figura 16 b. Distribución definitiva de red contra incendios en planta, segundo piso.



Fuente: elaboración Propia.

Las ilustraciones anteriormente presentadas son una gran herramienta a la hora de identificar las rutas críticas a evaluar, donde se presentan los mayores valores de pérdidas de presión en la red, debido a las tuberías y sus correspondientes accesorios.

Además, es importante especificar que el tipo de tubería a utilizar en la totalidad de la red contra incendios en las instalaciones de la empresa textil Ritchi S.A.S. es acero al carbono ASTM A-53 de cédula 40; material establecido por la norma técnica colombiana NTC-3470 para instalaciones de gas y conducción de fluidos; y sus propiedades se pueden apreciar en el anexo A.

Adicionalmente, la norma NFPA 13 brinda herramientas para seleccionar el diámetro óptimo a utilizar en cada tramo de la red, según el número de rociadores que abastece dicho tramo y el nivel de riesgo del área a proteger, como se muestra en los cuadros número 11 y 12; cabe notar que para riesgo Extra se hace uso del mismo cuadro que para riesgo Ordinario.

Cuadro 11. Diámetros de tubería recomendados para riesgo leve.

Steel		Copper	
1 in. (25 mm)	2 sprinklers	1 in. (25 mm)	2 sprinklers
1¼ in. (32 mm)	3 sprinklers	1¼ in. (32 mm)	3 sprinklers
1½ in. (40 mm)	5 sprinklers	1½ in. (40 mm)	5 sprinklers
2 in. (50 mm)	10 sprinklers	2 in. (50 mm)	12 sprinklers
2½ in. (65 mm)	30 sprinklers	2½ in. (65 mm)	40 sprinklers
3 in. (80 mm)	60 sprinklers	3 in. (80 mm)	65 sprinklers
3½ in. (90 mm)	100 sprinklers	3½ in. (90 mm)	115 sprinklers
4 in. (100 mm)	See Section 8.2	4 in. (100 mm)	See Section 8.2

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2016. 495 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 269.

Cuadro 12. Diámetros de tubería recomendados para riesgo ordinario.

Steel		Copper	
1 in. (25 mm)	2 sprinklers	1 in. (25 mm)	2 sprinklers
1¼ in. (32 mm)	3 sprinklers	1¼ in. (32 mm)	3 sprinklers
1½ in. (40 mm)	5 sprinklers	1½ in. (40 mm)	5 sprinklers
2 in. (50 mm)	10 sprinklers	2 in. (50 mm)	12 sprinklers
2½ in. (65 mm)	20 sprinklers	2½ in. (65 mm)	25 sprinklers
3 in. (80 mm)	40 sprinklers	3 in. (80 mm)	45 sprinklers
3½ in. (90 mm)	65 sprinklers	3½ in. (90 mm)	75 sprinklers
4 in. (100 mm)	100 sprinklers	4 in. (100 mm)	115 sprinklers
5 in. (125 mm)	160 sprinklers	5 in. (125 mm)	180 sprinklers
6 in. (150 mm)	275 sprinklers	6 in. (150 mm)	300 sprinklers
8 in. (200 mm)	See Section 8.2	8 in. (200 mm)	See Section 8.2

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2016. 495 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 270.

Se aclara que en el desarrollo del presente proyecto, se utiliza tuberías de diámetro máximo 6" para distribución de rociadores automáticos y se evita el uso de tuberías con diámetros de 3½" y 5" debido a la dificultad que se presenta el tratar de obtener dicho material en el mercado. La selección de diámetros de tubería a utilizar por tramos en las diferentes áreas de la empresa se observa en el anexo E.7.

4.1.3 Determinación del caudal necesario. El primer criterio necesario para la selección del sistema de bombeo adecuado, es el caudal requerido para el correcto funcionamiento de la red.

Con base en el propósito de las normas de la NFPA para la protección contra incendios; donde se especifica que el diseño de la red está supuesto al evento en que se dé un único incendio dentro de la edificación²³; se centran los esfuerzos en la mitigación en un punto definido, especificando un área de cobertura contra incendio.

Tal área debe estar inscrita en lo que se denomina como el “área hidráulicamente más demandante”; aquella que tiene el más alto nivel de riesgo y la mayor extensión dentro de la empresa, no necesariamente debe ser el área más alejada del sistema de bombeo.

²³ NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. Op. Cit., p. 19.

Para el caso específico de la empresa Ritchi S.A.S., el área hidráulicamente más demandante se encuentra en la parte posterior del primer piso con una extensión de 18.977 ft^2 (1.763 m^2) y un nivel de riesgo Extra-grupo1, llamada “maquinaria para hilos” y resaltada en la figura número 17.

Figura 17. Plano de planta con área hidráulicamente más demandante resaltada.

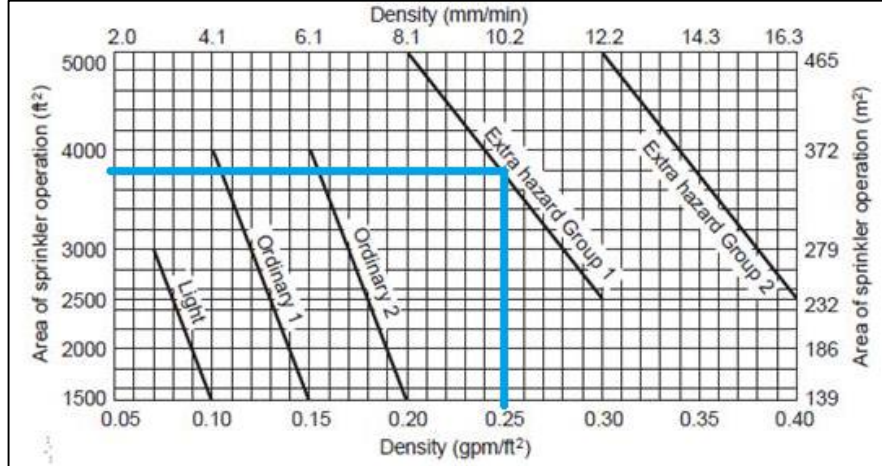


Fuente: elaboración propia.

El área de cobertura contra incendio se determina entonces, con ayuda de la gráfica de relación Densidad de Descarga vs Área de Cobertura. Partiendo de que el nivel de riesgo más alto en la empresa es Extra - grupo 1 y para un área de cobertura por rociador de 12 m^2 , se toma una densidad de descarga de $0,245 \text{ gpm/ft}^2$.

Dicho valor de densidad de descarga se cruza con el nivel de riesgo del área, para hallar el área de cobertura de incendio requerida. Como se muestra en la figura número 18.

Figura 18. Relación Densidad de Descarga vs Área de Cobertura.



Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 547 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 162.

Del ejercicio anterior, se determina que para una densidad de descarga de $0,245 \text{ gpm}/\text{ft}^2$ se requiere un área de cobertura de incendio de 3900 ft^2 ($362,32 \text{ m}^2$).

Con el valor obtenido, se utiliza la ecuación número 3 para determinar el caudal teórico necesario.

Ecuación 3. Ecuación para hallar caudal necesario.

$$Q_T = (d * Ac) + Q_G$$

Fuente: Elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 547 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 42.

En donde:

Q_T : Caudal teórico de descarga (gpm).

d : Densidad de descarga = $0,245 \text{ gpm}/\text{ft}^2$

Ac : Área de cobertura = 3.900 ft^2

Q_G : Caudal para gabinetes por norma NFPA 13= 500 gpm

La anterior operación resulta en un caudal teórico de descarga en el sistema de rociadores de 1.455,5 *gpm*.

En cuanto al sistema de mangueras, la norma NFPA 14, determina que para una tubería vertical, el caudal mínimo que debe suplir el sistema debe ser la sumatoria del caudal requerido en los tres últimos gabinetes (ecuación número 4). Recordando que se instalan 5 gabinetes a lo largo del corredor central de la empresa, y sabiendo que el gabinete número 5 es el más alejado numerándose de forma descendente en cuanto a distancia de la bomba.

Ecuación 4. Ecuación para hallar caudal necesario para gabinetes.

$$Q_{mangueras} = Q_{G5} + Q_{G4} + Q_{G3}$$

Fuente: Elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas de Montantes y Mangueras. NFPA 14. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 78 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=14>. p. 26.

En donde:

$Q_{mangueras}$: Caudal teórico requerido de mangueras (*gpm*)

Q_{G5} : Caudal teórico requerido de gabinete # 5 = 250 *gpm*

Q_{G4} : Caudal teórico requerido de gabinete # 4 = 250 *gpm*

Q_{G3} : Caudal teórico requerido de gabinete # 3 = 250 *gpm*

Tal operación da como resultado un valor de caudal necesario para gabinetes de 750*gpm*.

Comparando los valores de caudal necesario obtenidos, se concluye que el caudal de descarga necesario para el correcto funcionamiento de la red contra incendios en las instalaciones de la empresa textil Ritchi S.A.S. es de 1.455,5 *gpm*.

Cabe resaltar que el valor obtenido anteriormente es netamente teórico para el caso del área hidráulicamente más demandante en total; se verificará si suple las necesidades de la RCI al realizar los cálculos de pérdidas de presión en los recorridos más críticos de la red.

4.1.4 Determinación de la presión necesaria. Para determinar correctamente la presión necesaria para la red contra incendios, se deben evaluar diferentes escenarios mediante el uso de la ecuación de Hazen-Williams (ecuaciones número 1 y 2) y comparar sus resultados, hallando los valores más adecuados para la selección del sistema de bombeo.

Se realiza una matriz de cálculos para evaluar cada caso con los siguientes parámetros:

- Velocidad

Ecuación 5. Ecuación de velocidad del fluido.

$$V = \left(\frac{0.4085 * Q_T}{\emptyset \text{ interno}} \right)^2$$

Fuente: NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 547 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 322.

En donde:

V : Velocidad del fluido (ft/s)

Q_T : Caudal teórico en nodo (gpm)

$\emptyset \text{ interno}$: Diámetro interno de la tubería (" $- in$ ")

- Caída de Presión

Ecuación 6. Ecuación de caída de presión.

$$\Delta P = \frac{4.52 * Q_T^{1.85} * L_{equiv}}{C^{1.85} * \emptyset \text{ interno}^{4.87}}$$

Fuente: NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 547 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 322.

En donde:

ΔP : Caída de presión (psi/ft)

Q_T : Caudal teórico en nodo (gpm)

L_{equiv} : Longitud equivalente (ft). Anexo B.

C : Constante C de Hazen Williams

$\emptyset \text{ interno}$: Diámetro interno de la tubería (" $- in$ ")

- Perdidas por fricción

Ecuación 7. Ecuación de pérdidas por fricción.

$$P_f = \Delta P * L_{equiv}$$

Fuente: Elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 547 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 322.

En donde:

P_f : Pérdidas por fricción (*psi*)

ΔP : Caída de presión (*psi/ft*)

L_{equiv} : Longitud equivalente (*ft*). Anexo B.

- Presión por Velocidad

Ecuación 8. Ecuación de presión por velocidad.

$$P_v = \frac{0.001123 * Q_t^2}{(\phi \text{ interno})^4}$$

Fuente: NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 547 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 322.

En donde:

P_v : Presión por velocidad (*gpm*)

Q_T : Caudal teórico en nodo (*gpm*)

$\phi \text{ interno}$: Diámetro interno de la tubería (*" – in*)

- Presión final en nodo

Ecuación 9. Ecuación de presión final en el nodo.

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

Fuente: NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 547 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 323.

En donde:

P : Presión final en el nodo (psi)

Q_T : Caudal teórico en nodo (gpm)

K : Factor K del rociador (gpm/\sqrt{psi}).

4.1.4.1 Escenario A. Debido a la naturaleza de la empresa y habiendo ya establecido el área hidráulicamente más demandante, se evalúa en primera instancia, el caso del rociador más alejado dentro del área anteriormente mencionada partiendo desde el sistema de bombeo. La correspondiente ilustración de este caso se encuentra en el anexo E.8.

En este caso, se tienen los siguientes parámetros:

- Tipo de riesgo: Extra – grupo 1
- Densidad de descarga = $0,245 \text{ gpm}/ft^2$
- Área de Diseño de operación = 3800 ft^2
- Área de cobertura por rociador = 130 ft^2
- Número de rociadores por área de operación = 30
- Constante de rociador $K = 8 \text{ gpm}/\sqrt{psi}$

La matriz de cálculos para este escenario específico se observa en el anexo C.1. y los accesorios a tener en cuenta en esta matriz son los observados en la tabla número 1.

Tabla 1. Accesorios requeridos en escenario A.

Accesorios-escenario A					
Tees	Codos	Válvula Mariposa	Válvula Compuerta	Válvula Cheque	Semicodos
36	37	3	1	1	2

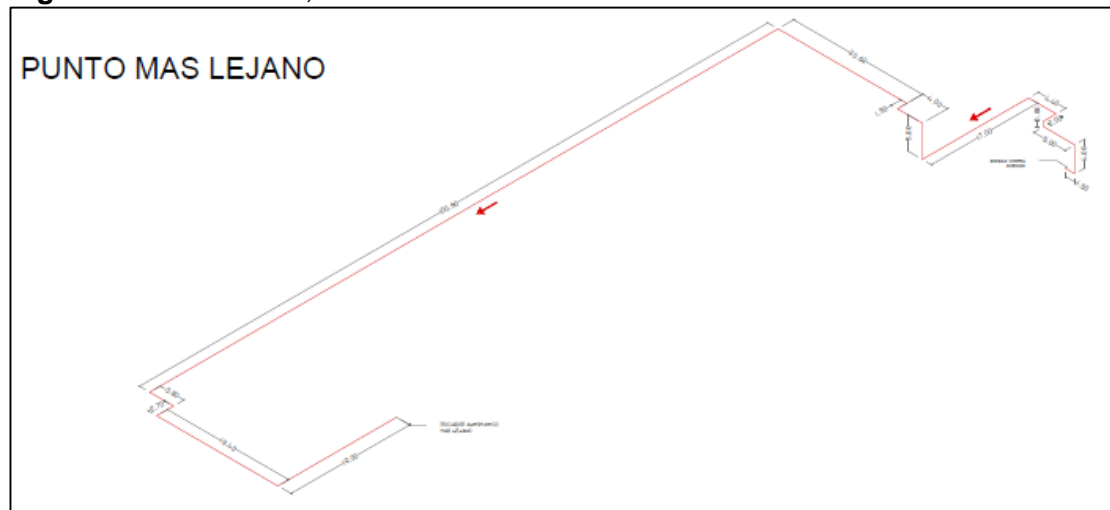
Fuente: elaboración propia.

4.1.4.2 Escenario B. Como se mencionó anteriormente, con ayuda de la distribución de la red contra incendios en la planta de la empresa se define la ruta crítica (ilustrada en las figuras número 19 y 20), la cual depende del rociador más lejano de la red partiendo del punto de ubicación del sistema de bombeo. La correspondiente ilustración detallada de este caso se encuentra en el anexo E.9.

Dicho punto más lejano de red, corresponde a un nodo en área de oficinas del segundo piso con las siguientes características:

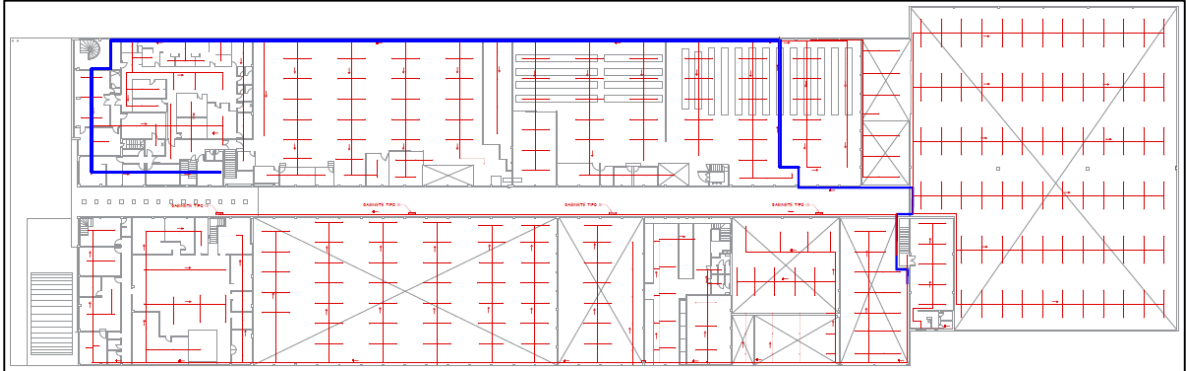
- Tipo de riesgo: Leve
- Densidad de descarga = $0,115 \text{ gpm}/\text{ft}^2$
- Área de Diseño de operación = 1.500 ft^2
- Área de cobertura por rociador = 130 ft^2
- Número de rociadores por área de operación = 12
- Constante de rociador $K = 5,6 \text{ gpm}/\sqrt{\text{psi}}$

Figura 19. Ruta crítica, vista isométrica.



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Ruta crítica, vista de planta.



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el caudal requerido de descarga en el último rociador (31,85 *gpm*), el cual resulta de la multiplicación entre la densidad de descarga ya definida como 0,245 *gpm/ft²* y el área de cubrimiento de cada rociador (12 *m²* = 130 *ft²*).

La matriz de cálculos para este escenario específico se observa en el anexo C.2. y los accesorios a tener en cuenta en esta matriz son los observados en la tabla número 2.

Tabla 2. Accesorios requeridos en escenario B.

Accesorios-escenario B						
Tees	Codos	Válvula Mariposa	Válvula Compuerta	Válvula Cheque	Semicodos	
11	22	1	5	5	0	

Fuente: elaboración propia.

4.1.4.3 Escenario C. En este caso, se evalúa la línea de tuberías que recorre el corredor central de la empresa y abastece a los cinco (5) gabinetes clase III. Se tiene especial enfoque en los tres (3) gabinetes más alejados del punto de bombeo.

Dicho escenario se ilustra en la figura número 21.

Figura 21. Línea de gabinetes clase III.



Fuente: elaboración propia.

La correspondiente ilustración detallada de este caso se encuentra en el anexo E.10.

La matriz de cálculos para este escenario específico se observa en el anexo C.3. y los accesorios a tener en cuenta en esta matriz son los observados en la tabla 3.

Tabla 3. Accesorios requeridos en escenario C.

Accesorios-escenario C					
Tees	Codos	Válvula Mariposa	Válvula Compuerta	Válvula Cheque	Semicodos
7	26	4	0	1	4

Fuente: elaboración propia.

4.1.4.4 Comparación de resultados. De acuerdo con los estudios realizados anteriormente, se obtiene la tabla de resultados número 4, donde se enmarcan los valores de presión y caudal mínimos necesarios en cada escenario para realizar una correcta selección del sistema de bombeo.

Tabla 4. Comparación de resultados de escenarios.

Escenario	Presión(<i>psi</i>)	Caudal(<i>gpm</i>)
A	145,3	1.522,24
B	122,9	231
C	112,86	750

Fuente: elaboración propia.

Se evidencia que los valores de presión y caudal necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de la red contra incendios son de 1.522,24 *gpm* y 145,3 *psi* respectivamente. Sin embargo, la norma indica que al caudal se le debe sumar un valor de caudal de confiabilidad según el tipo de riesgo presente en el área a proteger; que para riesgo tipo Extra – grupo 1 es equivalente a 500 *gpm*; por lo que el valor de caudal necesario ahora sería de 2.022,24 *gpm*.

Cabe notar que el valor de caudal calculado en la parte inicial del capítulo en curso (1455,5 *gpm*) es menor al obtenido en el estudio de pérdidas de presión, por lo que se utiliza el último determinado.

4.1.5 Cálculo del tanque de abastecimiento de fluido. La determinación del volumen de fluido disponible necesario para la red, se basa en el cálculo de caudal de descarga previamente realizado y el tiempo mínimo que se requiere, el sistema permanezca activo en caso se presente un incendio en la planta de producción; para este caso en específico, dicho tiempo debe ser de mínimo noventa (90) minutos debido al tipo de riesgo Extra – grupo 1. Esto se evidencia con el uso de la ecuación número 10.

Ecuación 10. Cálculo de volumen de tanque.

$$V_T = Q_{Tfd} * t$$

Fuente: Elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 547 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 42.

En donde:

V_T : Volumen del tanque de suministro (*gal*)

Q_{Tfd} : Caudal teórico de descarga = 2.022,24 *gpm*

t : Tiempo de descarga = 90 *min**

Después de realizar dicha operación, se determina que el volumen del tanque de suministro necesario para el sistema contra incendios debe ser de mínimo 182.001,6 *gal* (668,95 m^3).

Cabe recordar que la empresa cuenta con un tanque subterráneo de agua con un volumen disponible de 967,25 m^3 , lo que implica que suple en su totalidad el volumen requerido por la red en el tiempo determinado por norma.

4.1.6 Sistema de bombeo. Una vez se han determinado los dos criterios más relevantes para la correcta selección de la bomba principal (tabla número 5), se realiza la búsqueda de información comercial sobre el sistema más adecuado a escoger.

Tabla 5. Valores mínimos requeridos para selección del sistema de bombeo.

	Presión Mínima (<i>psi</i>)	Caudal Mínimo (<i>gpm</i>)
SISTEMA DE BOMBEO	145,3	2.022,24

Fuente: elaboración propia.

Cabe recordar que dicho sistema de bombeo debe contar con las certificaciones necesarias, otorgadas por los organismos correspondientes para garantizar que se cuenta con las especificaciones impuestas por la normativa de protección contra incendios. Para el caso específico de la empresa textil Ritchi S.A.S., la única clase

* Dado que el máximo nivel de riesgo presente en la instalaciones es tipo Extra, se toma el mayor tiempo de descarga determinado por la norma para el riesgo tipo Ordinario; que se observa en el cuadro número 6 y corresponde a 90 minutos.

de bomba autorizada para ser utilizada es la vertical tipo turbina (figura número 22) dado que el suministro de agua está por debajo de la línea central de descarga.

Figura 22. Bomba vertical tipo turbina.

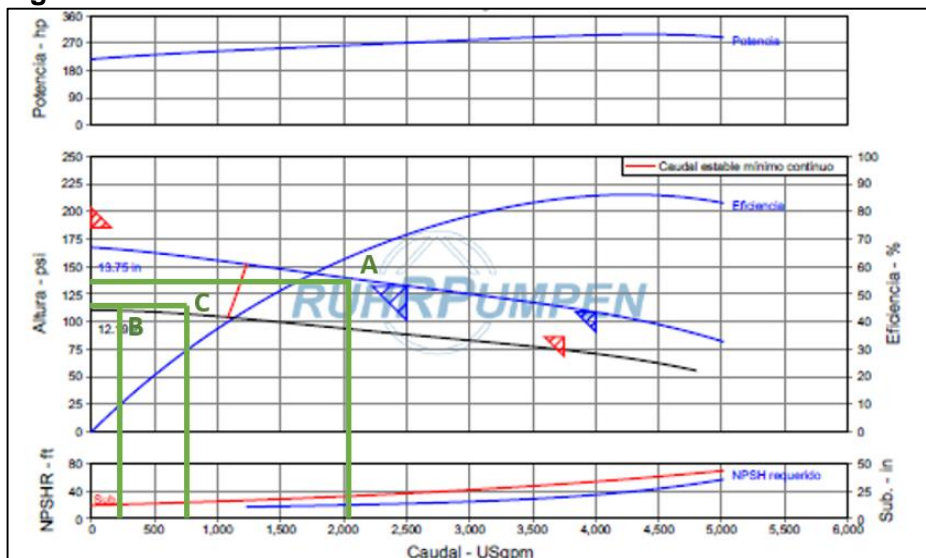


Fuente: elaboración propia, con base en RUHRPUMPEN. Sistemas contra incendio. [Consultado el Oct 30,2019]. Disponible en: <http://www.ruhrpumpen.com/downloads/94-bombas-contra-incendio-brochure-es/file>. p. 5.

Con los requerimientos mínimos obtenidos anteriormente, se pide orientación a la empresa productora de bombas RUHRPUMPEN, quienes recomiendan como sistema de bombeo principal su modelo VTP 18D-410 con una capacidad de 2.500 *gpm* y tres etapas de bombeo; además, para completar el sistema de bombeo para la red contra incendios en cuestión, sugieren la adición de la bomba Jockey modelo SP 40-15-50. La información detallada sobre los equipos anteriormente mencionados se encuentra en el anexo D (1 y 2).

Este tipo de bomba cumple con las especificaciones generadas en el diseño, como se puede observar en la figura número 23, la presión ofrecida por la bomba, es superior a la presión máxima requerida en los tres escenarios.

Figura 23. Curva de la Bomba contra incendios seleccionada.



Fuente: elaboración propia, con base en RUHRPUMPEN. Sistemas contra incendio. [Consultado el Oct 30,2019]. Disponible en: <http://www.ruhrpumpen.com/downloads/94-bombas-contra-incendio-brochure-es/file>. p. 5.

4.2 SISTEMA ESTRUCTURAL

En cuanto al sistema estructural, se debe determinar el tipo y número de soportes que se instalarán en la red a lo largo de las instalaciones de la empresa con el fin de darle estabilidad al sistema.

En áreas internas se hace uso de soportes colgantes (Figura número 24) anclados al cielorraso o a perfiles estructurales ubicados en el techo de la zona; mientras que en áreas externas, tubería cercana a muro y donde se tenga tubería de diámetro mayor a seis (6) pulgadas en áreas interiores, se utilizan soportes adosados a muro, junto con su respectiva abrazadera dependiendo del diámetro de tubería a soportar (Figura número 25). Adicionalmente, a lo largo de la red y en puntos finales, se usan soportes sismo resistentes para brindar mayor seguridad al sistema frente al evento de un sismo (Figura número 26).

Figura 24. Soportes colgantes.



Fuente: TUVALREP. Abrazadera tipo pera. [Consultado el Oct 15,2019] Disponible en: <https://tuvalrep.com.co/producto/abrazadera-tipo-pera/>

Figura 25. Soportes adosados a muro.



Fuente: TUVALREP. Soporte mensula. [Consultado el Oct 15,2019]. Disponible en: <https://tuvalrep.com.co/producto/soporte-mensula/>

Figura 26. Soportes sismo-resistentes.



Fuente: TEXIN LTDA. Soportes. [Consultado el Oct 15,2019]. Disponible en: <http://texin.com.co/index.php/productos/soportes>

4.2.1 Normatividad de soportes. Las normas emitidas por la NFPA establecen que, cada soporte colgante y adosado a muro para redes contra incendio debe tener la capacidad de soportar cinco veces el peso de la tubería llena de agua, más 250 lb (115 kg).²⁴

Además, dichas normas fijan datos relevantes como los diámetros de varillas a utilizar para anclar el soporte colgante al cielorraso, espesores de lámina para soportes fijos a muros y las distancias entre soportes según el diámetro de tubería y el material de la misma. Por lo que se debe buscar proveedores que tengan en cuenta los parámetros ya mencionados.

4.2.2 Selección de soportes. Según el tipo de tubería utilizada en las diferentes áreas de la empresa y si dicho tramo de red está a la intemperie o en un espacio cubierto, se realiza la correspondiente selección del soporte que mejor se adapta a las necesidades específicas.

4.2.2.1 Soportes colgantes. Para la correcta selección de este tipo de soportes, la norma NFPA 13 aporta herramientas para seleccionar el tamaño de las varillas para los soportes (cuadro número 13) y para determinar las distancias máximas entre soportes (cuadro número 14 a y b).

Cuadro 13. Tamaños de varillas de soportes colgantes.

Tamaño de tubería		Diámetro de varilla	
pulg.	mm	pulg.	mm
Hasta 4, inclusive	100	3/8	10
5	125	1/2	13
6	150		
8	200		
10	250	5/8	16
12	300	3/4	20

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 142.

En la red contra incendios de este proyecto, se utilizan tuberías con diámetro nominal máximo de seis (6) pulgadas, se estipula que los diámetros de las varillas

²⁴ Ibíd., p. 142.

para los soportes colgantes a seleccionar son de 3/8 " (10 mm) para tuberías de 4" o menor, y de 1/2 " (13 mm) para tubería de 6" de diámetro.

Cuadro 14 a. Distancias máximas entre soportes colgantes.

	Tamaño nominal de tubería (pulg.)											
	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8
Tubería de acero, excepto de pared delgada roscada	NA	12-0	12-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0
Tubería de acero de pared delgada roscada	NA	12-0	12-0	12-0	12-0	12-0	12-0	NA	NA	NA	NA	NA
Tubo de cobre	8-0	8-0	10-0	10-0	12-0	12-0	12-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0
CPVC	5-6	6-0	6-6	7-0	8-0	9-0	10-0	NA	NA	NA	NA	NA
Tubería de hierro dúctil	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15-0	NA	15-0	NA	15-0	15-0

NA: No aplicable.

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 149.

Cuadro 14 b. Distancias máximas entre soportes colgantes, unidades internacionales.

	Tamaño nominal de tubería (mm)											
	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150	200
Tubería de acero, excepto de pared delgada roscada	NA	3.7	3.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
Tubería de acero de pared delgada roscada	NA	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	NA	NA	NA	NA	NA
Tubo de cobre	2.4	2.4	3.0	3.0	3.7	3.7	3.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
CPVC	1.7	1.8	2.0	2.1	2.4	2.7	3.0	NA	NA	NA	NA	NA
Tubería de hierro dúctil	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4.6	NA	4.6	NA	4.6	4.6

NA: No aplicable.

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 149.

En cuanto a las distancias entre soportes colgantes, se define que en los puntos donde se utilice tubería con diámetro nominal de 1" y 1 1/4", los soportes deben estar separados una distancia máxima de 12 ft (3,7 m); mientras que donde se tenga tubería con diámetros nominales de 1 1/2", 2", 3", 4" y 6", se tiene una distancia máxima entre soportes de 15 ft (4,6 m).

Adicionalmente, se requiere hacer un estudio de la carga a soportar por cada soporte; como lo indica la NFPA 13; y así, poder realizar la adecuada selección.

Para esto, se necesita determinar los siguientes parámetros:

- Peso de tubería vacía

Ecuación 11. Cálculo del peso de la tubería vacía.

$$W_{Tubería\ vacía} = W_{Tubería} * l$$

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 142.

En donde:

$W_{Tubería\ vacía}$: Peso de la tubería vacía (*lb*)

$W_{Tubería}$: Peso de la tubería según el catálogo del fabricante (*lb/ft*). Anexo A

l: Distancia máxima entre soportes (*ft*)

- Volumen de agua en tramo de tubería

Ecuación 12. Cálculo del volumen de agua en tramo de tubería.

$$V = \frac{\pi * d_i^2}{4} * l$$

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 142.

En donde:

V: Volumen de agua en tramo de tubería (*ft³*)

d_i : Diámetro interno de tubería (*ft*)

l: Distancia máxima entre soportes (*ft*)

- Peso de agua en tramo de tubería

Ecuación 13. Cálculo del peso de agua en tramo de tubería.

$$W_{\text{Agua}} = V * \gamma$$

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 142.

En donde:

W_{Agua} : Peso de agua en tramo de tubería (*lb*)

V : Volumen de agua en tramo de tubería (ft^3)

γ : Peso específico del agua = $62,43 \frac{lb}{ft^3}$

- Peso de tramo de tubería lleno de agua

Ecuación 14. Cálculo del peso del tramo de tubería lleno de agua.

$$W_{\text{Tubería con agua}} = W_{\text{Tubería vacía}} + W_{\text{Agua}}$$

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 142.

En donde:

$W_{\text{Tubería con agua}}$: Peso del tramo de tubería lleno de agua (*lb*)

$W_{\text{Tubería vacía}}$: Peso de la tubería vacía (*lb*)

W_{Agua} : Peso de agua en tramo de tubería (*lb*)

- Peso requerido para el soporte

Ecuación 15. Cálculo del peso requerido para el soporte.

$$W_{\text{soporte}} = (5 * W_{\text{Tubería con agua}}) + 250lb$$

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 142.

En donde:

$W_{Soporte}$: Peso requerido para el soporte (*lb*)

$W_{Tubería\ con\ agua}$: Peso del tramo de tubería lleno de agua (*lb*)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras hacer las operaciones anteriormente mencionadas para cada tipo de tubería utilizada (tabla número 6).

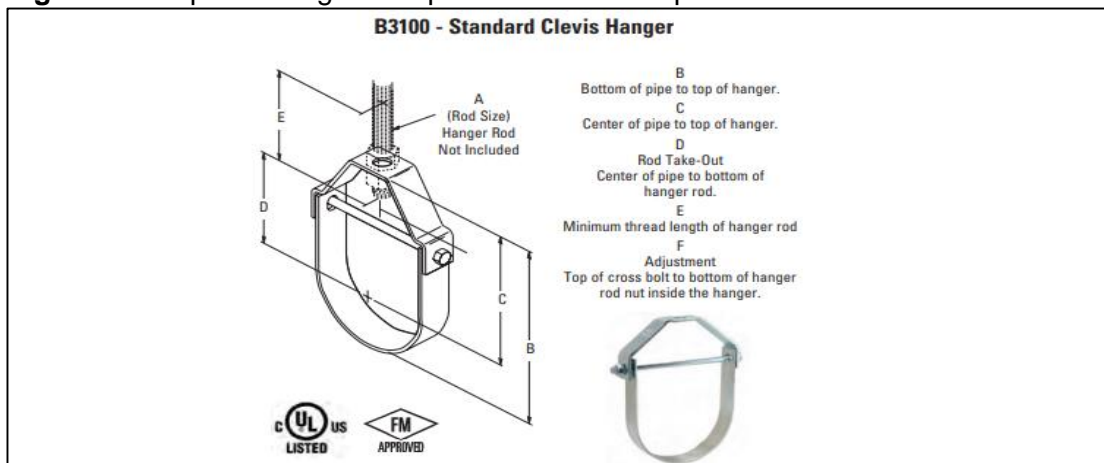
Tabla 6. Cálculo de cargas requeridas para soportes.

Tubería				Distancia máxima entre soportes	Peso Tubería vacía	Volumen de agua	Peso de agua	Peso Tubería con agua	Peso soporte
Diámetro Nominal	Diámetro Interno	Diámetro Interno	Peso						
" – in	" – in	ft	lb	ft	lb	ft ³	lb	lb	lb
1	1,049	0,08741667	1,67992044	12	20,1590453	0,07202108	4,49627584	24,6553211	373,276606
1,25	1,38	0,115	2,27797212	12	27,3356654	0,12464269	7,78144305	35,1171084	425,585542
1,5	1,61	0,13416667	2,72147111	15	40,8220667	0,21206569	13,2392607	54,0613274	520,306637
2	2,067	0,17225	3,65550688	15	54,8326032	0,34954219	21,8219189	76,654522	633,27261
2,5	2,444	0,20366667	5,79908536	15	86,9862804	0,48867605	30,5080456	117,494326	837,47163
3	3,068	0,25566667	7,58652071	15	113,797811	0,7700685	48,0753765	161,873187	1059,36594
4	4,026	0,3355	10,7985286	15	161,977929	1,3260692	82,7865004	244,764429	1473,82215
6	6,065	0,50541667	18,9853409	15	284,780113	3,00940237	187,87699	472,657103	2613,28551

Fuente: elaboración propia.

Con los resultados obtenidos, se pueden escoger aquellos soportes comerciales que estén diseñados para soportar las cargas necesarias y cumplan con los requerimientos establecidos por la norma. En específico, se extrae del catálogo de la empresa EATON, los soportes colgantes tipo B3100 (figura número 27) que se adaptan a los valores anteriormente obtenidos.

Figura 27. Soportes colgantes tipo B3100 de la empresa EATON.



Fuente: elaboración propia con base en EATON. *Pipe hangers and supports*. [En Línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 356 p. Disponible en: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/support-systems/pipe-hangers/pipe-straps/pipe-hanger-and-supports-ca310001en.pdf>. p. 52.

Del catálogo anteriormente mencionado, se extrae la información de los soportes colgantes para este caso (figura número 28 a y b).

Figura 28 a. Información de Soportes colgantes tipo B3100 de la empresa EATON.

Part No.	Nominal Pipe Size		Rod Size A		B		C		D	
	in.	(mm)	Std	NFPA**	in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)
B3100-1/2	1/2"	(15)	3/8"-16	3/8"-16	2 1/8"	(54.0)	1 3/4"	(44.4)	1 5/16"	(23.8)
B3100-3/4	3/4"	(20)	3/8"-16	3/8"-16	2 1/2"	(63.5)	2"	(50.8)	1 1/8"	(28.6)
B3100-1	1"	(25)	3/8"-16	3/8"-16	2 7/8"	(73.0)	2 1/4"	(57.1)	1 3/8"	(34.9)
B3100-1 1/4	1 1/4"	(32)	3/8"-16	3/8"-16	3 1/2"	(88.9)	2 11/16"	(68.2)	1 13/16"	(46.0)
B3100-1 1/2	1 1/2"	(40)	3/8"-16	3/8"-16	4"	(101.6)	3 1/16"	(77.8)	2 1/4"	(57.1)
B3100-2 *	2"	(50)	3/8"-16	3/8"-16	4 1/2"	(114.3)	3 5/16"	(84.1)	2 1/2"	(63.5)
B3100-2 1/2 *	2 1/2"	(65)	1/2"-13	3/8"-16	5 3/8"	(136.5)	3 15/16"	(100.0)	3 1/16"	(77.8)
B3100-3 *	3"	(80)	1/2"-13	3/8"-16	6 1/2"	(165.1)	4 3/4"	(120.6)	3 15/16"	(100.0)
B3100-3 1/2	3 1/2"	(90)	1/2"-13	3/8"-16	7 1/4"	(184.1)	5 1/4"	(133.3)	4 1/16"	(103.2)
B3100-4 *	4"	(100)	5/8"-11	3/8"-16	7 3/4"	(196.8)	5 1/2"	(139.7)	5 1/2"	(139.7)
B3100-5 *	5"	(125)	5/8"-11	1/2"-13	8 3/4"	(222.2)	6 1/8"	(155.6)	6"	(152.4)
B3100-6 *	6"	(150)	3/4"-10	1/2"-13	10 5/16"	(261.9)	6 15/16"	(176.2)	7"	(177.8)
B3100-8	8"	(200)	3/4"-10	1/2"-13	12 3/4"	(323.8)	8 7/16"	(214.3)	7 1/8"	(181.0)

Fuente: elaboración propia con base en EATON. *Pipe hangers and supports*. [En Línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 356 p. Disponible en: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/support-systems/pipe-hangers/pipe-straps/pipe-hanger-and-supports-ca310001en.pdf>. p. 52.

Figura 28 b. Información de Soportes colgantes tipo B3100 de la empresa EATON.

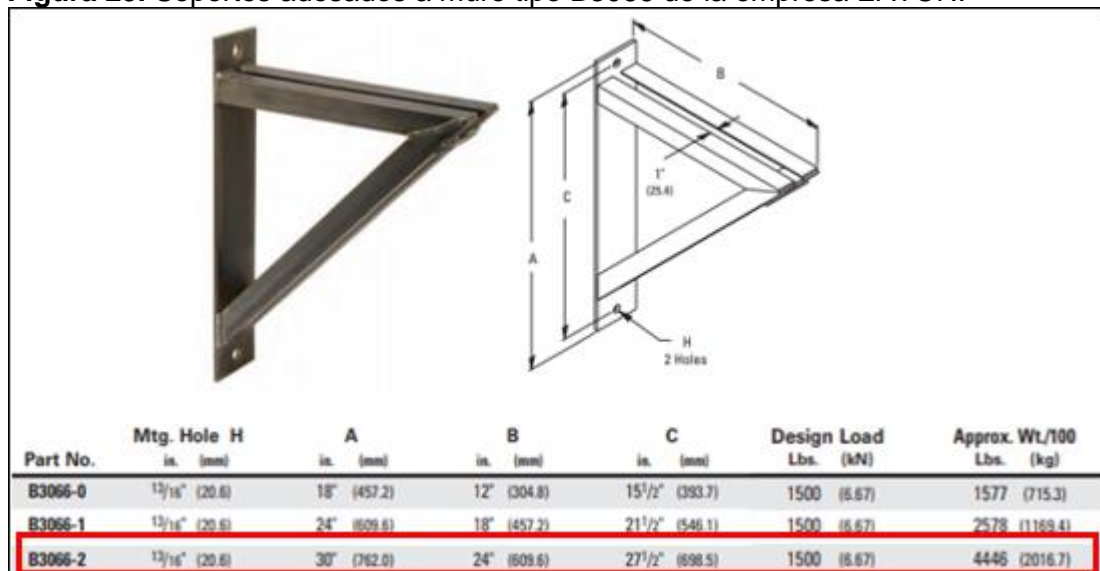
Part No.	E		Adjustment F		Design Load		Approx. Wt./100	
	in.	(mm)	in.	(mm)	Lbs.	(kN)	Lbs.	(kg)
B3100-1/2	2 1/2"	(63.5)	7/16"	(11.1)	730	(3.25)	25	(11.3)
B3100-3/4	2 1/2"	(63.5)	1/2"	(12.7)	730	(3.25)	29	(13.1)
B3100-1	2 1/2"	(63.5)	5/8"	(15.9)	730	(3.25)	35	(15.9)
B3100-1 1/4	2 1/2"	(63.5)	7/8"	(22.2)	730	(3.25)	40	(18.1)
B3100-1 1/2	2 1/2"	(63.5)	1 3/16"	(30.2)	730	(3.25)	42	(19.0)
B3100-2 *	2 1/2"	(63.5)	1 5/8"	(41.3)	730	(3.25)	52	(23.6)
B3100-2 1/2 *	2 1/2"	(63.5)	2"	(50.8)	1350	(6.00)	90	(40.8)
B3100-3 *	2 1/2"	(63.5)	2"	(50.8)	1350	(6.00)	110	(49.9)
B3100-3 1/2	2 1/2"	(63.5)	2"	(50.8)	1350	(6.00)	142	(64.4)
B3100-4 *	2 1/2"	(63.5)	2"	(50.8)	1430	(6.36)	132	(59.9)
B3100-5 *	2 1/2"	(63.5)	2"	(50.8)	1430	(6.36)	215	(97.5)
B3100-6 *	3"	(76.2)	2"	(50.8)	1940	(8.63)	320	(145.1)
B3100-8	3 1/2"	(88.9)	2 5/16"	(58.7)	2000	(8.89)	485	(220.0)

Fuente: elaboración propia con base en EATON. *Pipe hangers and supports*. [En Línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 356 p. Disponible en: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/support-systems/pipe-hangers/pipe-straps/pipe-hanger-and-supports-ca310001en.pdf>. p. 53.

4.2.2.2 Soportes fijos a muros. Para este tipo de soportes, se tiene como referencia los resultados de cargas requeridas para los soportes colgantes (tabla número 6) para su correcta selección.

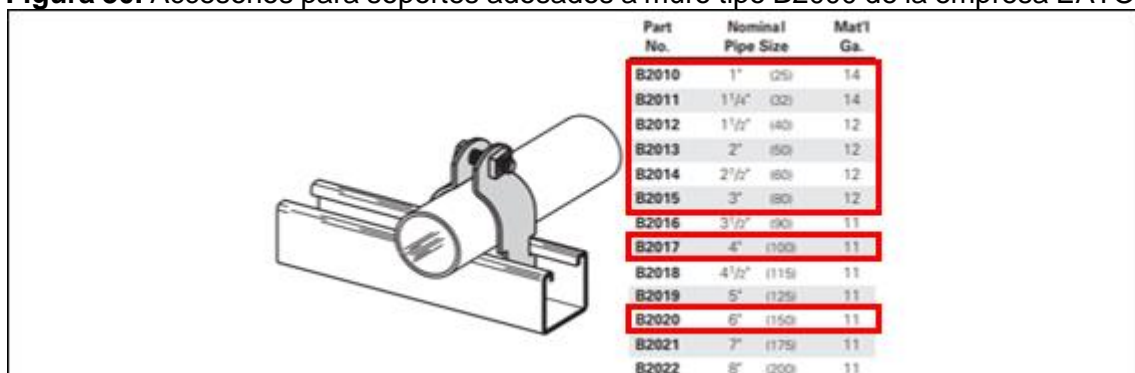
De la misma manera que con los soportes colgantes, se extrae del catálogo de la empresa EATON, aquellos soportes adosados a muro (figura número 29) y sus respectivos accesorios (figura número 30) que mejor se adaptan a las necesidades anteriormente expuestas.

Figura 29. Soportes adosados a muro tipo B3066 de la empresa EATON.



Fuente: elaboración propia con base en EATON. *Pipe hangers and supports*. [En Línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 356 p. Disponible en: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/support-systems/pipe-hangers/pipe-straps/pipe-hanger-and-supports-ca310001en.pdf>. p. 226.

Figura 30. Accesorios para soportes adosados a muro tipo B2000 de la empresa EATON.



Fuente: elaboración propia con base en EATON. *Pipe hangers and supports*. [En Línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 356 p. Disponible en: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/support-systems/pipe-hangers/pipe-straps/pipe-hanger-and-supports-ca310001en.pdf>. p. 20.

4.2.2.3 Soportes antisísmicos. Dada la naturaleza protectora de la red contra incendios, se espera de esta, tener una vida útil amplia en la reacción ante un incendio en la edificación. Sin embargo, se deben contemplar aquellos eventos externos que pongan en riesgo la integridad de la construcción y por ende, de la RCI, como lo es un movimiento telúrico. Se debe tener en cuenta que a la hora en que se presenta un fenómeno natural como estos, en una red de tuberías, los elementos experimentan dos tipos de movimientos a medida que las ondas se propagan, uno lateral y otro longitudinal.

La normatividad ha establecido una serie de criterios para minimizar el daño a los sistemas contra incendios y permitir su funcionamiento continuo a la hora que se presente un sismo. La NFPA 13 establece que ante estos hechos, se utilizan soportes con riostras para darle mayor rigidez al sistema, además de garantizar que la red se mueva solidariamente con la edificación. Por otro lado, la norma ANSI MSS SP 58 estandariza las distancias entre soportes y exige el uso de soportes específicos para movimientos laterales y longitudinales, con separaciones máximas de 40 ft (12,2 m) y 80 ft (24,4 m) respectivamente²⁵.

Los soportes antisísmicos laterales y longitudinales se ilustran de mejor manera en la figura número 31.

Figura 31. Soportes antisísmicos laterales y longitudinales.




Fuente: elaboración propia con base en EATON. *Pipe hangers and supports*. [En Línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 356 p. Disponible en: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/support-systems/pipe-hangers/pipe-straps/pipe-hanger-and-supports-ca310001en.pdf>. p. 187.

²⁵ AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. *Pipe Hangers and Supports – Materials, Design, Manufacture, Selection, Application, And Installation*. ANSI/MSS SP-58. Washington, DC, E.E.U.U.: La entidad, 2018. 105 p. [Consultado el Oct 30,2019] Disponible en: <https://webstore.ansi.org/standards/mss/ansimsssp582018>. p. 39.

Por consiguiente, se procede a realizar la selección de los elementos que componen los soportes antisísmicos laterales (figuras número 32 y 34) y longitudinales (figuras número 33 y 34) dentro del catálogo de productos ofrecidos por la empresa EATON.

Figura 32. Accesorios de soportes antisísmicos laterales tipo “sway brace attachment”.



Pipe Size in. (mm)	Part Number & Approx. Wt./100				Design Load - Lbs.		
	1" (24mm) Brace Pipe		1 1/4" (32mm) Brace Pipe		For Brace Pipe Size 1" / 1 1/4"		
	Lbs.	(kg)	Lbs.	(kg)	Sch. 7 1" / 1 1/4"	Sch. 10 1" / 1 1/4"	Sch. 40 1" / 1 1/4"
1" (25)	1001-1 X 1	100.0 (45.3)	1001-1 X 1 1/4	118.0 (53.5)	-- / --	1000 / 1000	1000 / 1000
1 1/4" (32)	1001-1 1/4 X 1	100.0 (45.3)	1001-1 1/4 X 1 1/4	114.0 (51.7)	1000 / 1000	1000 / 1000	1000 / 1000
1 1/2" (40)	1001-1 1/2 X 1	100.0 (45.3)	1001-1 1/2 X 1 1/4	115.0 (52.1)	1000 / 1000	1500 / 1500	1500 / 1500
2" (50)	1001-2 X 1	108.0 (49.0)	1001-2 X 1 1/4	121.0 (54.8)	1000 / 1000	2015 / 2015	2015 / 2015
2 1/2" (65)	1001-2 1/2 X 1	138.6 (62.8)	1001-2 1/2 X 1 1/4	160.4 (72.7)	1600 / 1600	2015 / 2765	2015 / 2765
3" (80)	1001-3 X 1	147.2 (66.7)	1001-3 X 1 1/4	168.7 (76.5)	1600 / 1600	2015 / 2765	2015 / 2765
4" (100)	1001-4 X 1	160.9 (73.0)	1001-4 X 1 1/4	182.4 (82.7)	1600 / 1600	2015 / 2765	2015 / 2765
6" (150)	1001-6 X 1	190.0 (86.2)	1001-6 X 1 1/4	211.4 (95.9)	1600 / 1600	2015 / 2765	2015 / 2765
8" (200)	1001-8 X 1	217.4 (98.6)	1001-8 X 1 1/4	238.8 (108.3)	1600 / 1600	2015 / 2765	2015 / 2765

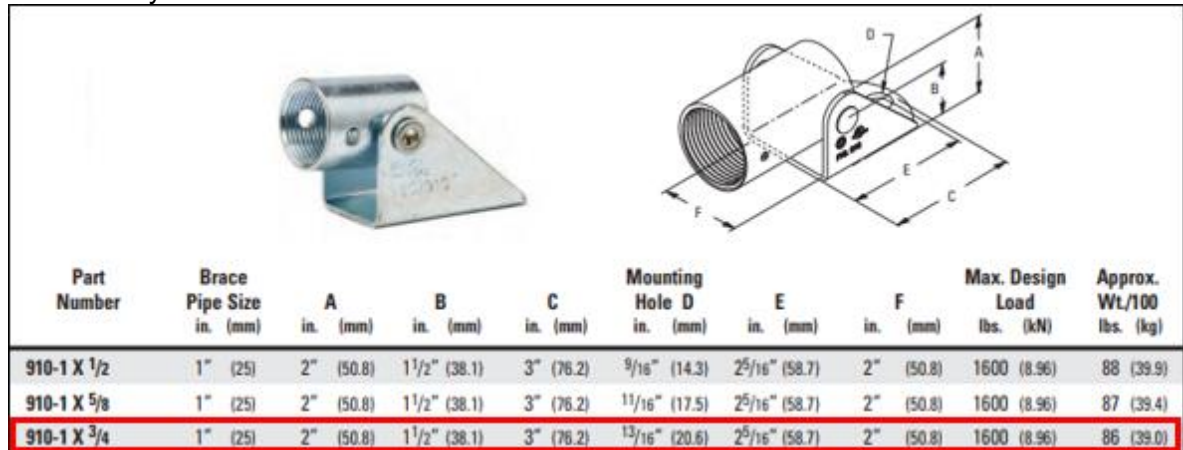
Fuente: elaboración propia con base en EATON. *Pipe hangers and supports*. [En Línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 356 p. Disponible en: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/support-systems/pipe-hangers/pipe-straps/pipe-hanger-and-supports-ca310001en.pdf>. p. 200.

Figura 33. Accesorios de soportes antisísmicos longitudinales tipo “in-line sway brace attachment”.

Pipe Part No.	Size in. (mm)	Pipe			Bolt Size	FM Max. Rec. Load Longitudinal & Lateral**				Approx. Wt./100 lbs. (kg)
		A in. (mm)	C in. (mm)	D in. (mm)		30°-44° lbs. (kN)	45°-59° lbs. (kN)	60°-74° lbs. (kN)	75°-90° lbs. (kN)	
4LA-1	1" (25)	3 ¹³ / ₃₂ " (91.2)	1 ⁵ / ₁₆ " (33.5)	1 ⁵ / ₁₆ " (33.5)	3/8"-16	680 (3.02)	970 (4.31)	1190 (5.29)	1320 (5.87)	119 (54.0)
4LA-1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄ " (32)	3 ²⁹ / ₃₂ " (99.3)	1 ³ / ₈ " (35.3)	1 ³ / ₈ " (35.3)	3/8"-16	680 (3.02)	970 (4.31)	1190 (5.29)	1320 (5.87)	123 (55.8)
4LA-1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂ " (40)	4 ⁵ / ₃₂ " (105.7)	1 ¹ / ₂ " (38.5)	1 ¹ / ₂ " (38.5)	3/8"-16	680 (3.02)	970 (4.31)	1190 (5.29)	1320 (5.87)	127 (57.6)
4LA-2	2" (50)	5 ¹¹ / ₃₂ " (135.6)	2 ¹ / ₃₂ " (51.9)	2 ¹ / ₁₆ " (51.9)	3/8"-16	680 (3.02)	970 (4.31)	1190 (5.29)	1320 (5.87)	142 (64.4)
4LA-2 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂ " (65)	5 ²⁷ / ₃₂ " (148.7)	2 ⁵ / ₁₆ " (58.5)	2 ⁵ / ₁₆ " (58.5)	3/8"-16	680 (3.02)	970 (4.31)	1190 (5.29)	1320 (5.87)	173 (78.5)
4LA-3	3" (80)	6 ¹ / ₂ " (164.9)	2 ⁵ / ₈ " (66.6)	2 ⁵ / ₈ " (66.6)	3/8"-16	680 (3.02)	970 (4.31)	1190 (5.29)	1320 (5.87)	187 (84.8)
4LA-3 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂ " (90)	7.407" (188.1)	2 ⁷ / ₈ " (73.1)	2 ⁷ / ₈ " (73.1)	3/8"-16	680 (3.02)	970 (4.31)	1190 (5.29)	1320 (5.87)	198 (89.8)
4LA-4	4" (100)	7 ¹³ / ₃₂ " (190.8)	3 ¹ / ₈ " (79.5)	3 ¹ / ₈ " (79.5)	3/8"-16	680 (3.02)	970 (4.31)	1190 (5.29)	1320 (5.87)	209 (94.8)
4LA-6	6" (150)	10 ⁹ / ₈ " (289.9)	4 ⁹ / ₁₆ " (115.9)	4 ⁹ / ₁₆ " (115.9)	1/2"-13	1620 (7.20)	Note 1	Note 3	Note 5	521 (236.3)
4LA-8	8" (200)	12 ¹³ / ₁₆ " (325.5)	5 ⁹ / ₁₆ " (143.7)	5 ²¹ / ₃₂ " (143.7)	1/2"-13	1620 (7.20)	Note 2	Note 4	Note 6	629 (285.3)

Fuente: elaboración propia con base en EATON. *Pipe hangers and supports*. [En Línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 356 p. Disponible en: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/support-systems/pipe-hangers/pipe-straps/pipe-hanger-and-supports-ca310001en.pdf>. p. 178.

Figura 34. Accesorios de soportes antisísmicos laterales y longitudinales tipo “threaded swivel sway brace attachment”.



Fuente: elaboración propia con base en EATON. *Pipe hangers and supports*. [En Línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 356 p. Disponible en: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/support-systems/pipe-hangers/pipe-straps/pipe-hanger-and-supports-ca310001en.pdf>. p. 190.

4.2.3 Plano de soportes en planta. De la misma forma, se presenta el plano de detalles de los soportes seleccionados, indicando las distancias máximas entre ellos según el tamaño de tubería a soportar (anexo número E.11).

4.3 SISTEMA DE CONTROL

En cuanto al sistema de control, la normativa aporta una serie de elementos a disponer a lo largo de la red contra incendios para garantizar ciertos parámetros de operación y en caso de una activación accidental, poder detener el flujo de fluido y evitar pérdidas.

La NFPA 13 estipula el tipo y ubicación de válvulas adecuadas en la red de tuberías; resaltando que sean accesibles y no presenten obstrucciones, además de estar correctamente señalizadas; del siguiente modo.

4.3.1 Válvula de diluvio. Este tipo de válvulas se ubican a la salida del sistema de bombeo y permiten el flujo de fluido hacia el sistema de distribución de una manera controlada y constante, para que no haya daños en los demás elementos de la red; además, reduce la presión de salida de la bomba al valor necesario. Un ejemplo de este tipo de elemento se puede apreciar en la figura número 35.

Figura 35. Válvula de diluvio.



Fuente: CLA-VAL. Válvula de diluvio contra incendios de diafragma tubular (FM). [Consultado el Sept 15,2019]. Disponible en: <https://www.cla-val-latinamerica.com/vlvula-de-diluvio-contra-incendios-de-diafragma-tubular-fm-p-196.html>

4.3.2 Válvulas reductoras de presión. Este tipo de válvulas se ubican a la salida del sistema de bombeo, a la entrada de cada área de producción y/o en la línea de gabinetes, dado que se deben garantizar unos valores de presión adecuados para la correcta operación de la red contra incendios, esta ayuda a regular la presión requerida para cada línea, de acuerdo a las presiones obtenidas en los cálculos hidráulicos. Un ejemplo de este tipo de elemento se puede apreciar en la figura número 36.

Figura 36. Válvula reductora de presión.



Fuente: CLA-VAL. Soluciones de protección contra incendios para aplicaciones no costeras y en tierra. [En línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 16 p. Disponible en: https://www.cla-val-latinamerica.com/documents/Spanish%20/SBOn_and_Offshore_Fire_Products.pdf. p. 5.

4.3.3 Válvulas OS&Y. Este tipo de válvulas de compuerta de vástago ascendente se utilizan para controlar el flujo de salida del sistema de bombeo hacia el resto de la red de tuberías que distribuye el fluido. Un ejemplo de este tipo de elemento se puede apreciar en la figura número 37.

Figura 37. Válvula OS&Y.



Fuente: PRODESEG S. A. Válvula de compuerta OS&Y. [Consultado el Sept 15,2019] Disponible en: <https://prodeseg.com.co/producto/valvula-de-compuerta-osy-de-4-flanchada-certificada-ul-fm-wilkins/>

4.3.4 Válvulas de control. Este tipo de válvulas (normalmente de mariposa, tipo wafer) permiten el cierre del paso de fluido; dispuesta para casos en que el sistema se active de manera accidental. La norma recomienda que se instale una válvula de este tipo cada vez que haya una derivación de la línea de tubería principal hacia cada área a proteger. Es importante que cuente con una señalización, de tal forma que la válvula esté normalmente abierta. Un ejemplo de este tipo de elemento se puede apreciar en la figura número 38.

Figura 38. Válvula de control.



Fuente: KSB. Válvula de mariposa para aplicaciones contra incendios. [Consultado el Sept 15,2019] Disponible en: https://www.ksb.com/ksb-es/Noticias/Archivo_de_Prensa/archivo-de-prensa-2016/v%C3%A1lvula-de-mariposa-para-aplicaciones-contra-incendios/1087500/

4.3.5 Válvulas de cheque. Este tipo de válvulas permiten el paso de fluido en un solo sentido y reducen el golpe de ariete provocado por el retorno de fluido. Al igual que con las válvulas de control, la norma recomienda que se instale una válvula de este tipo cada vez que haya una derivación de la línea de tubería principal. Un ejemplo de este tipo de elemento se puede apreciar en la figura número 39.

Figura 39. Válvula de cheque.



Fuente: CLA-VAL. Soluciones de protección contra incendios para aplicaciones no costeras y en tierra. [En línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 16 p. Disponible en: https://www.cla-val-latinamerica.com/documents/Spanish%202/SBOn_and_Offshore_Fire_Products.pdf. p. 8.

4.3.6 Válvulas riser check. Este tipo de válvulas; al igual que las tipo cheque; permiten el paso de fluido en un solo sentido pero cuenta con indicadores de presión que muestran los valores de dicha variable en la entrada y salida de la válvula; además, tiene una válvula de drenaje en caso que sea necesaria realizar una prueba. La norma indica que este tipo de instrumento debe instalarse en las líneas principales de la red contra incendios. Un ejemplo de este tipo de elemento se puede apreciar en la figura número 40.

Figura 40. Válvula riser check.



Fuente: TYCO. *Model CV-1FR grooved-end riser check valves 2 inch to 12 inch (DN50 to DN300).* [En línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 6 p. Disponible en: https://tyco-fire.com/TD_TFP/TFP/TFP950_08_2018.pdf. p. 1.

4.3.7 Válvulas de alarma. Este tipo de válvulas son de cheque y generan una señal sonora mediante accionamiento de una alarma hidroneumática, una vez la presión de la línea varié, indicando que se tiene un flujo de agua. Se recomienda la instalación de este tipo de válvulas en las derivaciones a las diferentes áreas de producción para que sea fácil de identificar el punto en que el sistema se activa. Un ejemplo de este tipo de elemento se puede apreciar en la figura número 41.

Figura 41. Válvula de alarma.



Fuente: TYCO. *Model AV-1-300 alarm check valve.* [En línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 20 p. Disponible en: https://tyco-fire.com/TD_TFP/TFP/TFP910_12_2016.pdf. p. 1.

4.3.8 Válvula de flotador. Este tipo de válvulas se ubica en la entrada del tanque de almacenamiento de agua, de tal manera que cuando el nivel del tanque está por debajo de cierto valor, se permite el abastecimiento de fluido hasta llegar al nivel requerido donde la válvula cierra impidiendo el exceso de agua. Un ejemplo de este tipo de elemento se puede apreciar en la figura número 42.

Figura 42. Válvula de flotador.



Fuente: CLA-VAL. Soluciones de protección contra incendios para aplicaciones no costeras y en tierra. [En línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 16 p. Disponible en: https://www.cla-val-latinamerica.com/documents/Spanish%202/SBOn_and_Offshore_Fire_Products.pdf. p. 7.

4.3.9 Válvula siamesa. Este tipo de válvulas se ubica en la parte externa de la edificación y se reserva para uso exclusivo del cuerpo de bomberos. Para este caso específico, se le ubica en la fachada de la planta de la empresa Ritchi S.A.S. y es abastecida por la línea de tubería de los gabinetes clase III. Un ejemplo de este tipo de elemento se puede apreciar en la figura número 43.

Figura 43. Válvula siamesa.



Fuente: ASPERCOL. Siamesas y bifurcaciones. [Consultado el Nov 15,2019]. Disponible en: <https://www.aspercol.com/siamesas.php>

4.4 LISTADO DE MATERIALES

Se genera el listado correspondiente a los materiales; y sus correspondientes cantidades; necesarios para la puesta en marcha de la red contra incendios. Lo anterior se observa en la tabla número 7.

Tabla 7. Listado de materiales.

Artículo	Diámetro (in)	Cantidad	Unidad
Codo A.C. SCH 40	6	5	Unidad
	4	2	Unidad
	3	8	Unidad
	2 1/2	5	Unidad
	2	20	Unidad
	1 1/2	2	Unidad
	1 1/4	2	Unidad
	1	399	Unidad
Gabinete clase III (con accesorios)	N.A.	5	Unidad
Reducción ranurada	12 x 8	1	Unidad
	8 x 6	3	Unidad
	8 x 4	1	Unidad
	6 x 4	11	Unidad
	6 x 2 1/2	18	Unidad
	4 x 3	8	Unidad
	4 x 2 1/2	14	Unidad
	4 x 2	5	Unidad
	4 x 1 1/2	3	Unidad
	3 x 2 1/2	5	Unidad
	3 x 2	9	Unidad
	3 x 1 1/2	56	Unidad
	2 1/2 x 2	5	Unidad
	2 x 1 1/2	12	Unidad
	1 1/2 x 1 1/4	60	Unidad
1 1/2 x 1	458	Unidad	
1 1/4 x 1	8	Unidad	
Rociador K 8	1	184	Unidad
Rociador K 5,6	1	750	Unidad
Semicodos A.C. SCH 40	6	12	Unidad
	4	8	Unidad
	3	8	Unidad
	2 1/2	8	Unidad
	2	12	Unidad
	1 1/2	8	Unidad
Bomba Jockey (y sus accesorios)	N.A.	1	Unidad
Bomba Vertical tipo turbina (y sus accesorios)	N.A.	1	Unidad

Tabla 7. (Continuación)

Artículo	Diámetro (in)	Cantidad	Unidad
Soportes colgantes	3	10	Unidad
	2 1/2	80	Unidad
	2	140	Unidad
	1 1/2	88	Unidad
	1 1/4	50	Unidad
	1	647	Unidad
Soportes adosados a muro con accesorios	6	37	Unidad
	4	27	Unidad
	3	8	Unidad
	2 1/2	8	Unidad
	2	5	Unidad
Soportes antisísmicos	6	46	Unidad
	4	28	Unidad
	3	12	Unidad
	2 1/2	60	Unidad
	2	90	Unidad
	1	174	Unidad
Tee A.C. SCH 40	8	4	Unidad
	6	23	Unidad
	4	40	Unidad
	3	60	Unidad
	2 1/2	5	Unidad
	2	14	Unidad
	1 1/2	294	Unidad
	1 1/4	99	Unidad
Tubería A.C. ASTM A-53 SCH 40	1	140	Unidad
	8	3	Metros
	6	249	Metros
	4	263	Metros
	3	176	Metros
	2 1/2	256	Metros
	2	433	Metros
	1 1/2	231	Metros
	1 1/4	185	Metros
1	797	Metros	

Tabla 7. (Continuación)

Artículo	Diámetro (in)	Cantidad	Unidad
Uniones Tubería A.C. SCH40	12	1	Unidad
	8	8	Unidad
	6	32	Unidad
	4	33	Unidad
	3	22	Unidad
	2 1/2	33	Unidad
	2	55	Unidad
	1 1/2	29	Unidad
	1 1/4	23	Unidad
Válvulas de alarma	1	101	Unidad
	6	9	Unidad
	4	4	Unidad
Válvula de cheque	2 1/2	8	Unidad
	6	3	Unidad
	4	2	Unidad
	3	2	Unidad
	2 1/2	34	Unidad
Válvula de control tipo wafer	2	8	Unidad
	6	6	Unidad
	4	3	Unidad
	3	3	Unidad
Válvula de diluvio	2 1/2	32	Unidad
Válvula de flotador	8	1	Unidad
Válvula mariposa	3	1	Unidad
	2 1/2	10	Unidad
Válvula OS&Y	1 1/2	10	Unidad
	8	1	Unidad
	6	3	Unidad
Válvula reductora de presión	4	1	Unidad
	6	3	Unidad
	4	9	Unidad
	3	4	Unidad
	2	6	Unidad
Válvula siamesa	4	1	Unidad
Válvula riser check	6	3	Unidad
	4	1	Unidad

Fuente: elaboración propia

4.5 PLANOS

Los planos correspondientes al diseño detallado de la red contra incendios en las instalaciones de la empresa textil Ritchi S.A.S. se encuentran en la sección de anexos, específicamente el anexo A de E.10 a E.20.

Sin embargo, a continuación, se listan para facilitar su uso.

- E.5 Plano de distribución definitiva de red contra incendios, vista de planta
- E.6 Plano de distribución definitiva de red contra incendios, vista isométrica
- E.7 Plano de selección de tubería en red contra incendios, vista de planta
- E.8 Plano de escenario A, vista de planta e isométrica
- E.9 Plano de escenario B, vista de planta e isométrica
- E.10 Plano de escenario C, vista de planta e isométrica
- E.11 Plano de detalles de la red contra incendios

4.6 RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las recomendaciones para el uso y mantenimiento adecuado de la red contra incendios para garantizar su correcto funcionamiento.

4.6.1 Instalación. Para la instalación de la red contra incendios en las instalaciones de la empresa textil Ritchi S.A.S., se tienen las siguientes recomendaciones con el fin de garantizar su correcta puesta en marcha.

4.6.1.1 Materiales y equipos. Se recomienda ceñirse de la mejor manera posible al uso de los materiales y equipos presentados en este proyecto, dado que todo cálculo y consideración se ha realizado con base en los mismos, de tal forma que cualquier cambio implica una etapa de rediseño para comprobar la funcionalidad de los nuevos elementos en la red planteada.

4.6.1.2 Manifold a salida de bomba. Detallando las características de la bomba seleccionada, se observa que la salida de la misma es de diámetro 12". Por esto se recomienda, instalar una reducción concéntrica de 12" a 8" para hacer lo que se conoce como un manifold, de donde se derivan los diferentes ramales de red hacia las áreas de producción. Un elemento como estos se ilustra en la figura número 44.

En dicho manifold se instalan; en orden a partir de la reducción anteriormente mencionada; la válvula de diluvio del sistema, la derivación para conectar la bomba Jockey, la válvula OS&Y principal y las cuatro (4) derivaciones para los diferentes ramales principales de la red contra incendios (tres de diámetro 6" para el sistema de rociadores y una de diámetro 4" para la línea de gabinetes).

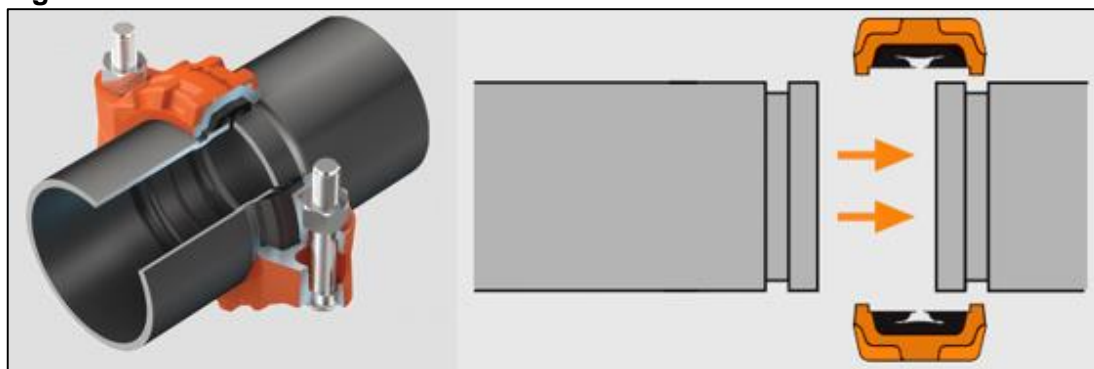
Figura 44. Manifold a salida de bomba.



Fuente: A. L. FIRE PROTECTION. Custom-welded-control-valve-header. [Consultado el Nov 15,2019] Disponible en: <https://alfirect.com/custom-welded-control-valve-header/>

4.6.1.3 Unión de tubería ranurada. Debe señalarse que en este tipo de aplicación de redes contra incendio, los tramos de tubería y sus respectivos accesorios (codos, tees, reductores de diámetro, etc) se unen entre sí mediante el uso de acoples sobre los elementos previamente ranurados. Como se ilustra en la figura número 45.

Figura 45. Unión de tubería ranurada.



Fuente: elaboración propia, con base en VICTAULIC. Tecnología ranurada. [Consultado el Nov 15,2019] Disponible en: <https://es.victaulic.com/grooved-technology/>

4.6.1.4 Unión de tubería roscada. Para los puntos finales de red, como lo son los rociadores automáticos, los gabinetes contra incendio y las válvulas siamesas, la tubería debe sufrir un proceso de roscado para la correcta fijación de estos elementos.

4.6.1.5 Soportes. En una sección anterior del presente capítulo se mostraron los criterios para la correcta selección de soportes de acuerdo con el diámetro de la tubería; sin embargo, se evidencia que los aquellos soportes colgantes producidos

por la empresa consultada (EATON), no cumplen los requisitos de carga dictados por la norma NFPA 13 para las tuberías de cuatro (4) y seis (6) pulgadas de diámetro.

Es por esto, que para casos en que se usen dichas dimensiones de material, se recomienda una distancia máxima de separación entre soportes de 14 *ft* y 10 *ft* para diámetros de 4" y 6" respectivamente. Lo anterior, se comprueba realizando los cálculos de carga respectivos, mostrados en la tabla número 8.

Tabla 8. Cálculo de cargas requeridas para soportes (corrección para tubería de diámetro 4" y 6").

TUBERÍA				Distancia máxima entre soportes	Peso Tubería vacía	Volumen de agua	Peso de agua	Peso Tubería con agua	Peso soporte
Diámetro Nominal	Diámetro Interno	Diámetro Interno	Peso						
" – in	" – in	ft	lb	ft	lb	ft ³	lb	lb	lb
4	4,026	0,3355	10,7985286	14	151,1794	1,23766459	77,2674004	228,446801	1392,234
6	6,065	0,50541667	18,9853409	10	189,853409	2,00626825	125,251327	315,104735	1825,52368

Fuente: elaboración propia.

4.6.2 Uso. A la hora de decidir implementar una red contra incendios en las instalaciones de una empresa, no se debe esperar que dicho sistema sea la única herramienta de respuesta ante el evento de un incendio; adicionalmente, para minimizar el impacto negativo no solo a los activos de la compañía, sino de manera más relevante, a los colaboradores de la misma, se recomienda implementar una serie de actividades dentro del cronograma general como lo son:

- Capacitar regularmente sobre reacción ante eventos de incendio.
- Instaurar un programa de brigadistas.
- Capacitar de manera general sobre la red contra incendios, identificando sus componentes y la función de estos.
- Capacitar a los encargados de área en cuanto a ubicación y operación de válvulas de control para impedir flujo de agua, en caso de activación accidental de red.
- Realizar periódicamente simulacros de incendio en planta.
- Incluir red contra incendios en programa de mantenimiento de la empresa.

4.6.3 Mantenimiento. En cuanto al mantenimiento de la red contra incendios, se proporcionan recomendaciones por sistema y respectivos componentes, dando las actividades de inspección y su correspondiente periodicidad. Lo anterior, con el fin de contar con una ruta a seguir para evitar fallos inesperados en un futuro. Esto se ilustra en el cuadro número 15.

Sin embargo, cabe resaltar que, para componentes específicos como las bombas y válvulas, se debe hacer un especial seguimiento de acuerdo con las instrucciones de mantenimiento dadas por los respectivos fabricantes. Además, se debe seguir con lo recomendado por la norma NFPA 20, norma que indica el mantenimiento que debe tener la red contra incendio periódicamente.

Cuadro 15. Recomendaciones de mantenimiento para los sistemas de la RCI.

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	TANQUE SUBTERRÁNEO	Verificar estado de paredes	Posible desgaste en paredes	Anual	Remover corrosión y recubrir
		Inspección de filtros	Material particulado en agua succionada	Trimestral	Limpieza o cambio de filtro
			Parada de bomba		
		Verificar nivel de agua	Falla en suministro de agua	Mensual	Mantenimiento sensor nivel de agua
Fugas - Filtraciones	Semestral				
SISTEMA DE BOMBEO	BOMBA DE MANTENIMIENTO DE PRESIÓN (Jockey Pump) Y BOMBA CENTRÍFUGA	Verificación de lubricación	Ruido	Trimestral	Lubricar
			Desgaste en Piezas		
			Recalentamiento		
		Verificación estado de sellos	Fugas	Semestral	Cambio de sellos
		Verificación de alineación	Ruido	Bimensual	Alineación de ejes
			Vibración		
			Falla prematura de rodamiento		
Desgaste de juntas					
SISTEMA DE CONTROL	VÁLVULA APERTURA Y CIERRE / VÁLVULA REGULADORA	Verificación visual	Falta de maneral o piezas	Trimestral	Adecuación de componentes
		Prueba de desconexión de derivaciones	Fugas	Trimestral	Cambio de componente
		Verificación dispositivos de apertura rápida	Lubricación	Trimestral	Lubricar
		Verificación de alarma sonora en campana de válvula	Válvula no actua correctamente	Trimestral	Revisar y/o cambiar componentes
		Verificar presión en rangos adecuados	Válvula no actua correctamente	Trimestral	Revisar y/o cambiar componentes
	MANÓMETROS	Verificación de calibración de manómetros	Registro equivocado de presión	Cuatrimestral	Cambiar manómetro

Cuadro 15. (Continuación)

Sistema	Componente	Actividad	Falla	Periodicidad	Procedimiento	
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	ROCIADORES	Inspección visual a nivel de piso	Fugas	Anual	Cambiar el rociador	
			Corrosión			
			Daño físico			
			Perdida de fluido sensible al calor			
			Carga externa en el componente			
			Pintura externa			
		Prueba	Incorrecto funcionamiento	20 Años despues de instalados y cada 10 años a partir de entonces	Cambiar el rociador	
	TUBERÍA	Verificación visual	Corrosión	Bimensual	Remover corrosión y recubrir	
			Fugas			Ajustar juntas o cambiar pieza
			Mala señalización			Señalizar
		Prueba de presión	Fugas	Semestral	Ajustar juntas o cambiar pieza	
	GABINETE	Verificación de estado de válvulas de salida	Falta de maneral	Semestral	Colocar maneral	
			No cierre total de válvula		Cambio de componente	
			No sello por parte de empaques			
		Verificación de estado de manguera	Fuga	Anual	Cambio de manguera	
			Moho			
			Acople de rosca dañado			
Verificación visual de gabinete		Daños físicos	Anual	Reparación y/o cambio de componentes		
	Vidrio agrietado					
	Corrosión					
	Lubricación visagras	No apertura de gabinete	Semestral	Lubricar		
SISTEMA ESTRUCTURAL	SOPORTES	Inspección visual	Desprendimiento del apoyo	Cuatrimestral	Reparación y/o cambio de componentes	

Fuente: elaboración propia.

5. PRESUPUESTO GENERAL DE LA RED CONTRA INCENDIOS

Este capítulo busca aportar un panorama general respecto a la inversión total, asociada con el sistema contra incendios diseñado para la planta de producción de la empresa textil Ritchi S.A.S.

Si bien el presente trabajo de grado sólo cuenta con la etapa de diseño de la red, se tiene en cuenta los costos correspondientes a la fabricación de la misma para dar un criterio de toma de decisiones, si en un futuro los representantes de la empresa deciden llevar a cabo su implementación.

Cabe notar que los costos presentados a continuación son a la fecha de publicación de este proyecto, están sujetos a variar en el tiempo.

5.1 COSTOS DE MATERIAL

Con base en la tabla de material requerido para la implementación de la red contra incendios determinada en el capítulo anterior, se realizan las correspondientes cotizaciones para determinar el costo de dichos elementos. Lo anterior se ilustra en la tabla número 9.

En caso de las bombas, se realiza una conversión dado que su precio de venta se encuentra en dólares estadounidenses tomando la TRM promedio (para el mes de noviembre de 2019) de 3.385,54 *COP/USD*.

Tabla 9. Costos de material.

Artículo	Diámetro (in)	Cantidad Unidades	Costo Unitario (COP/unidad)	Costo Total (COP)
Codo A.C. SCH 40	6	5	45.150	225.750
	4	2	22.530	45.060
	3	8	11.670	93.360
	2 1/2	5	13.501	67.505
	2	20	7.057	141.140
	1 1/2	2	7.531	15.062
	1 1/4	2	4.075	8.150
	1	399	3.000	1.197.000
Gabinete clase III (con accesorios)	N.A.	5	1.157.640	5.788.200

Tabla 9. (Continuación)

Artículo	Diámetro (in)	Cantidad Unidades	Costo Unitario (COP/unidad)	Costo Total (COP)
Reducción ranurada	12 x 8	1	96.800	96.800
	8 x 6	3	82.740	248.220
	8 x 4	1	85.250	85.250
	6 x 4	11	72.510	797.610
	6 x 2 1/2	18	65.982	1.187.676
	4 x 3	8	25.040	200.320
	4 x 2 1/2	14	25.040	350.560
	4 x 2	5	25.040	125.200
	4 x 1 1/2	3	25.040	75.120
	3 x 2 1/2	5	22.540	112.700
	3 x 2	9	21.052	189.468
	3 x 1 1/2	56	21.052	1.178.912
	2 1/2 x 2	5	15.482	77.410
	2 x 1 1/2	12	12.548	150.576
	1 1/2 x 1 1/4	60	10.570	634.200
1 1/2 x 1	458	10.570	4.841.060	
1 1/4 x 1	8	9.857	78.856	
Rociador K 8	1	184	37.500	6.900.000
Rociador K 5,6	1	750	16.850	12.637.500
Semicodos A.C. SCH 40	6	12	56.850	682.200
	4	8	21.520	172.160
	3	8	13.250	106.000
	2 1/2	8	12.540	100.320
	2	12	6.150	73.800
	1 1/2	8	3.850	30.800
Bomba Jockey (y sus accesorios)	N.A.	1	(USD) 2.957	10.011.042
Bomba Vertical tipo turbina (y sus accesorios)	N.A.	1	(USD) 70.233	237.776.631
Soportes colgantes	3	10	31.383	313.830
	2 1/2	80	27.730	2.218.400
	2	140	24.062	3.368.680
	1 1/2	88	21.580	1.899.040
	1 1/4	50	23.647	1.182.350
	1	647	17.479	11.308.913
Soportes adosados a muro con accesorios	6	37	240.374	8.893.838
	4	27	240.374	6.490.098
	3	8	240.374	1.922.992
	2 1/2	8	240.374	1.922.992
	2	5	240.374	1.201.870

Tabla 9. (Continuación)

Artículo	Diámetro (in)	Cantidad Unidades	Costo Unitario (COP/unidad)	Costo Total (COP)
Soportes antisísmicos	6	46	92.635	4.261.210
	4	28	86.740	2.428.720
	3	12	81.153	973.836
	2 1/2	60	80.500	4.830.000
	2	90	80.245	7.222.050
	1	174	70.100	12.197.400
Tee A.C. SCH 40	8	4	75.642	302.568
	6	23	62.540	1.438.420
	4	40	42.541	1.701.640
	3	60	18.542	1.112.520
	2 1/2	5	19.580	97.900
	2	14	11.542	161.588
	1 1/2	294	7.850	2.307.900
	1 1/4	99	6.542	647.658
Tubería A.C. ASTM A-53 SCH 40 * 6m	1	140	4.520	632.800
	8	1	1.500.000	1.500.000
	6	42	1.125.000	47.250.000
	4	44	851.742	37.476.648
	3	30	566.790	17.003.700
	2 1/2	43	364.134	15.657.762
	2	73	205.032	14.967.336
	1 1/2	39	152.748	5.957.172
	1 1/4	31	127.830	3.962.730
Uniones Tubería A.C. SCH40	1	133	94.182	12.526.206
	12	1	52.820	52.820
	8	8	43.350	346.800
	6	32	32.510	1.040.320
	4	33	25.180	830.940
	3	22	16.520	363.440
	2 1/2	33	11.520	380.160
	2	55	8.510	468.050
	1 1/2	29	7.580	219.820
	1 1/4	23	6.850	157.550
Válvulas de alarma	1	101	5.871	592.971
	6	9	6.798.164	61.183.476
	4	4	5.521.816	22.087.264
Válvula de cheque	2 1/2	8	5.521.816	44.174.528
	6	3	399.540	1.198.620
	4	2	215.250	430.500
	3	2	160.500	321.000
	2 1/2	34	135.578	4.609.652
	2	8	133.540	1.068.320

Tabla 9. (Continuación)

Artículo	Diámetro (in)	Cantidad Unidades	Costo Unitario (COP/unidad)	Costo Total (COP)
Válvula de control tipo wafer	6	6	4.611.105	27.666.630
	4	3	3.561.589	10.684.767
	3	3	3.443.095	10.329.285
	2 1/2	32	3.072.378	98.316.096
Válvula de diluvio	8	1	61.220.720	61.220.720
Válvula de flotador	3	1	2.203.500	2.203.500
Válvula mariposa	2 1/2	10	276.768	2.767.680
	1 1/2	10	166.738	1.667.380
Válvula OS&Y	8	1	9.191.742	9.191.742
	6	3	5.609.840	16.829.520
	4	1	3.835.817	3.835.817
Válvula reductora de presión	8	1	37.613.350	37.613.350
	6	3	24.623.032	73.869.096
	4	9	13.501.534	121.513.806
	3	4	11.216.295	44.865.180
	2	6	7.258.598	43.551.588
Válvula siamesa	4	1	1.396.023	1.396.023
Válvula riser check	6	3	4.868.407	14.605.221
	4	1	2.620.408	2.620.408
Costo Total de Material			(COP)	\$1.248.116.425

Fuente: elaboración propia.

5.2 COSTOS DE FABRICACIÓN

De la misma manera, en el capítulo anterior se mencionaron los procesos necesarios para realizar la correcta instalación de los elementos que componen la RCI. El costo de realización de dichos procedimientos, junto con la mano de obra calificada requerida, resultan en lo que se denomina como costos de fabricación, ilustrados en la tabla número 10.

Para la adaptación de infraestructura e instalación del sistema se requiere personal capacitado en trabajo en alturas, lo que hace que los costos de fabricación sean mayores en tales rubros.

Tabla 10. Costos de fabricación.

Concepto	Cantidad (h)	Costo Unitario (COP/h)	Costo Total (COP)
Corte de tubería	48	20.000	960.000
Ranurado de tubería	96	25.000	2.400.000
Roscado de tubería	144	30.000	4.320.000
Adaptaciones a la infraestructura	192	60.000	11.520.000
Ensamblaje	384	60.000	23.040.000
Costo Total de Fabricación (COP)			\$42.240.000

Fuente: elaboración propia.

5.3 COSTOS DE INGENIERÍA

En la tabla número 11 se presentan los costos asociados con el desarrollo del presente proyecto, estos incluyen el talento humano; representado en las horas de trabajo de los autores; y los fungibles utilizados.

Tabla 11. Costos de ingeniería.

Talento Humano	Cantidad (Personas)	Horas/hombre (h/persona)	Costo Unitario (COP/h)	Costo Total (COP)
Proyectistas	2	240	15.000	7.200.000
Costo Total Talento Humano (COP)				7.200.000
Fungible	Unidad	Cantidad (Unidades)	Costo Unitario (COP/unidad)	Costo Total (COP)
Papel	Resma	3	13.000	39.000
Papel	Gran Formato	40	6.000	240.000
Libro	Unidad	4	140.000	560.000
Tinta	Tóner	4	30.000	120.000
Costo Total Fungibles (COP)				959.000
Costo Total de Ingeniería (COP)				\$8.159.000

Fuente: elaboración propia.

5.4 INVERSIÓN TOTAL

Finalmente, se calcula la inversión total requerida sumando las tres (3) categorías de costos anteriormente evaluados, como se muestra en la tabla número 12.

Tabla 12. Inversión total.

CATEGORÍA	VALOR (COP)
COSTOS DE MATERIAL	1.248.116.425
COSTOS DE FABRICACIÓN	42.240.000
COSTOS DE INGENIERÍA	8.159.000
INVERSIÓN TOTAL (COP)	\$1.298.515.425

Fuente: elaboración propia.

5.5 BENEFICIOS DE LA INVERSIÓN

Como se observa tras hacer el estudio de costos de la red contra incendios para las instalaciones de la empresa textil Ritchi S.A.S., se habla de una alta inversión que no le generará algún tipo de utilidad monetaria a la compañía, pero que si trae consigo una serie de beneficios.

Contar con un sistema de extinción de incendios minimiza, en caso de presentarse un evento de estos, la afectación a los activos de la planta de producción y con mayor relevancia, a los colaboradores de la misma; por lo que la máxima de las redes contra incendio es preservar la vida humana sobre los daños materiales que puedan ocurrir.

Adicionalmente, el objetivo de este tipo de sistemas es que sean fiables; teniendo la máxima probabilidad de operar correctamente cuando se presente un incendio; y a la vez, eficaces; cumpliendo con su propósito de la forma más efectiva²⁶. Lo anterior, buscando aportar un mayor grado de seguridad en las operaciones llevadas a cabo en la edificación, generando una mejora en el ambiente laboral de la empresa.

²⁶ MONCADA, Jaime A. Fiabilidad, Eficacia y Costo-Beneficio en Sistemas contra Incendios. [En Línea] [20 de noviembre de 2019] Disponible en: <https://www.nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/415-fiabilidad-eficacia-y-costo-beneficio-en-sistemas-contra-incendios>

6. CONCLUSIONES

- Al realizar la caracterización de la empresa; catalogada por la norma colombiana NSR-10, como una compañía de alta peligrosidad en cuanto a la generación y propagación de incendios; se expuso la necesidad de diseñar un sistema combinado de rociadores automáticos y gabinetes contra incendio. Lo anterior, sumado a que se tienen áreas de producción con clasificación de riesgo Extra-grupo 1 (según NFPA), recalca lo imperativo que es ceñirse a las recomendaciones normativas de diseño, ajustándolas a los recursos específicos con los que cuenta la organización; de allí que se haya fijado el agua como fluido de mitigación de incendios a utilizar, no sólo por sus aptitudes para tal acción, sino también por su amplia disponibilidad en planta.
- Definir los cinco (5) sistemas que componen la red contra incendios que son: almacenamiento, bombeo, distribución, control y estructural, permitió establecer los parámetros adecuados para el correcto desarrollo del diseño, adaptado a las instalaciones de la empresa en cuestión. Por consiguiente, proponer las tres (3) alternativas de solución centradas específicamente al sistema de distribución; de las que resultó seleccionada por medio del método QFD la número 1, constando en una disposición ramificada de red; se comenzó a trazar una hoja de ruta para definir la mejor configuración de la red contra incendios a lo largo de la planta de producción.
- En la etapa del diseño detallado, se llevó a cabo el diseño hidráulico, que permitió definir en su totalidad los sistemas de almacenamiento, bombeo y distribución de la red contra incendios. Partiendo del trazado definitivo de red en la planta de producción, y de la selección de diámetros de tubería y rociadores a utilizar de acuerdo con el riesgo de las áreas de producción, se realizaron los correspondientes cálculos hidráulicos a aquellas condiciones críticas de operación del sistema (en específico, se evaluaron tres escenarios), que arrojaron la confirmación de que el tanque de agua suple los requerimientos hidráulicos, además de la información necesaria para seleccionar adecuadamente los equipos de bombeo dentro de aquellos encontrados en el mercado (presión y caudal mínimos de operación de 145,3 *psi* y 2022,24 *gpm* respectivamente).
- En cuanto a los sistemas: estructural y de control, se siguió lo expresado en la normatividad para realizar la correcta selección de sus respectivos componentes y así, junto con la información ya adquirida sobre los demás sistemas que integran la red contra incendios, se generó la lista total de materiales necesarios. Adicionalmente, se proporcionan las recomendaciones referentes a la instalación, uso y mantenimiento de la RCI; que si bien no se desearía sea utilizada, se debe garantizar su integridad para operar de manera correcta ante un evento de emergencia.

- Mediante el estudio de los costos asociados a las etapas de diseño e implementación del proyecto, junto con la mención de los beneficios que este aporta, se brindan los criterios de decisión a los directivos de la empresa textil Ritchi S.A.S., para cuando ellos contemplan sea el momento adecuado para la construcción de la red contra incendios aquí presentada.

7. RECOMENDACIONES

- Debido a la naturaleza de la compañía, se sugiere la implementación de la red contra incendios en las instalaciones de la empresa textil Ritchi S.A.S., siguiendo las observaciones realizadas para cada uno de los cinco sistemas definidos. Lo anterior con el fin de aportar mayor seguridad, tanto a los activos de la organización, como en mayor grado de relevancia, a los colaboradores de la misma frente a una situación de emergencia en planta.
- Los proveedores de componentes para redes contra incendios presentados a lo largo del desarrollo del presente proyecto; específicamente en la etapa de diseño detallado; fueron seleccionados debido a las certificaciones emitidas por los entes correspondientes con las que cuentan sus productos. Por lo que se recomienda, en cuanto más se pueda, acatar las sugerencias y en caso de contemplar diferentes opciones en el mercado, tener en cuenta los requerimientos que deben cumplir los elementos.
- Adicionalmente, se sugiere seguir las recomendaciones en cuanto a la instalación, uso y mantenimiento de la red contra incendios; presentadas en la parte final del capítulo de diseño detallado.

BIBLIOGRAFÍA

A. L. FIRE PROTECTION. Custom-welded-control-valve-header. [Consultado el Nov 15,2019] Disponible en: <https://alfirect.com/custom-welded-control-valve-header/>

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. *Pipe Hangers and Supports – Materials, Design, Manufacture, Selection, Application, And Installation*. ANSI/MSS SP-58. Washington, DC, E.E.U.U.: La entidad, 2018. 105 p. [Consultado el Oct 30,2019] Disponible en: <https://webstore.ansi.org/standards/mss/ansimsssp582018>

ASFAHL, C. Ray, RIESKE, David. W. Seguridad y salud industrial. 6 ed. México: Prentice-Hall, 2010. ISBN: 9786074429398

ASPERCOL. Siamesas y bifurcaciones. [Consultado el Nov 15,2019]. Disponible en: <https://www.aspercol.com/siamesas.php>

BANREPCULTURAL. Sectores Económicos. [Consultado el Jul 11,2019] Disponible en: http://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=Sectores_econ%C3%B3micos

CLA-VAL. Válvula de diluvio contra incendios de diafragma tubular (FM). [Consultado el Sept 15,2019]. Disponible en: <https://www.cla-val-latinamerica.com/vlvula-de-diluvio-contra-incendios-de-diafragma-tubular-fm-p-196.html>

CORREA M. Salud y seguridad en el trabajo. Sistemas para la Protección contra Incendios en Subestaciones. [En Línea]. Recuperado en: 25 JULIO 2019. Formato archivo (pdf). 7 p. Disponible en: [http://sg.cier.org.uy/Publicaciones/Revista.nsf/0a293b20eacdf8a903257133003ea67d/1196bcd9e8b1deac8325782c00486664/\\$FILE/06_SistemasparalaProteccion.pdf](http://sg.cier.org.uy/Publicaciones/Revista.nsf/0a293b20eacdf8a903257133003ea67d/1196bcd9e8b1deac8325782c00486664/$FILE/06_SistemasparalaProteccion.pdf)

CORTES O. Análisis y aplicaciones de los requerimientos de los sistemas de tuberías verticales para conexión de mangueras. Congreso Internacional de Protección Contra Incendios. 2019

EATON. *Pipe hangers and supports*. [En Línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 356 p. Disponible en: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/support-systems/pipe-hangers/pipe-straps/pipe-hanger-and-supports-ca310001en.pdf>

EXPOWER. Triángulo y Tetraedro del Fuego. [Consultado el Mar 5,2019] Disponible en: <http://www.expower.es/triangulo-tetraedro-fuego.htm>

FREMAP. Guía Básica Sobre Prevención de Incendios. [En Línea]. Recuperado en: 25 JULIO 2019. Formato archivo (pdf). 40 p. Disponible en: https://www.icv.csic.es/prevencion/Documentos/manuales/Guia_basica_sobre_Pr evencion_de_Incendios.pdf

GAS NATURAL FENOSA. Subestaciones Eléctricas. [En Línea]. Recuperado en: 25 JULIO 2019. Formato archivo (pdf). 100 p. Disponible en: https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/5724/mod_resource/content/0/Curso_Subestaciones._Univ_Laboral_Haciadama_Parte1.pdf

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos NTC-1486-6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. ISBN 978958858567. 153 p.

_____. Extintores Portátiles Contra Incendios. NTC-2885. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. 132 p.

_____. Norma para la Instalación de Conexiones de Mangueras Contra Incendio. NTC-1669. Bogotá D.C.: El instituto, 2009

_____. Norma para la Instalación de Conexiones de Mangueras Contra Incendio. NTC-1669. Bogotá D.C.: El instituto, 2009. 85 p.

INTEREMPRESAS. Fires extinguished in hardly some seconds, 2012. [Consultado el Dic 17,2019] Disponible en: <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/61306-Incendios-extinguidos-en-apenas-unos-segundos.html>

KSB. Válvula de mariposa para aplicaciones contra incendios. [Consultado el Sept 15,2019] Disponible en: https://www.ksb.com/ksb-es/Noticias/Archivo_de_Prensa/archivo-de-prensa-2016/v%C3%A1lvula-de-mariposa-para-aplicaciones-contra-incendios/1087500/

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO SOCIAL. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título J-Requisitos de Protección Contra Incendios en Edificaciones. [En línea]. Recuperado en: 5 MARZO 2019. Formato archivo (pdf). 36 p. Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/10titulo-j-nsr-100.pdf>

_____. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título K-Requisitos Complementarios. [En Línea]. Recuperado en: 11 JUNIO 2019. Formato archivo (pdf). 72 p. Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/11titulo-k-nsr-100.pdf>

_____. Sustancias Agotadas de Ozono en el Sector de Extinción de Incendios. [En Línea] Recuperado en: 25 JULIO 2019. Formato archivo (pdf). 16 p. Disponible en:
http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Boletines_de_Ozono/Boletin_Ozono_No._41.pdf

MONCADA, Jaime A. La Historia de la Ingeniería de Protección contra Incendios. [Consultado el Mar 5,2019] Disponible en: <http://www.nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/387-la-historia-de-la-ingenieria-de-proteccion-contra-incendios>

_____. Hidrantes y Redes Contra Incendio. [Consultado el Mar 5,2019] Disponible en: <https://www.nfpajla.org/columnas/punto-de-vista/424-hidrantes-y-redes-contra-incendios>

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA). History of NFPA. [Consultado el Mar 18,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/About-NFPA/NFPA-overview/History-of-NFPA>

_____. Manual de Protección contra Incendios. 4 ed. España: Mapfre, 1993. 2213 p. ISBN: 8471006456

_____. Norma para la Instalación de Sistemas de Montantes y Mangueras. NFPA 14. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 78 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=14>

_____. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>

_____. *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2016. 495 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>

_____. *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 547 p. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>

OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT). Cap 89: Industrias Textiles y de la Confección. En: Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 3 ed. Madrid, España: La entidad, 2001. Vol 3. ISBN: 8484170470

PETRUCCI. General Chemistry. [Consultado el Jul 25,2019] Disponible en: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Map%3A_General_Chemistry_\(Petrucci_et_al.\)](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Map%3A_General_Chemistry_(Petrucci_et_al.))

PRODESEG S. A. Válvula de compuerta OS&Y. [Consultado el Sept 15,2019] Disponible en: <https://prodeseg.com.co/producto/valvula-de-compuerta-osy-de-4-flanchada-certificada-ul-fm-wilkins/>

RITCHI S.A.S. Quienes Somos. [Consultado el Mar 5,2019] Disponible en: <http://www.ritchi.com.co/nuestraspoliticas/>

RUHRPUMPEN. Sistemas contra incendio. [Consultado el Oct 30,2019] Disponible en: <http://www.ruhrpumpen.com/downloads/94-bombas-contra-incendio-brochures/file>

TEXIN LTDA. Soportes. [Consultado el Oct 15,2019]. Disponible en: <http://texin.com.co/index.php/productos/soportes>

TUVALREP. Abrazadera tipo pera. [Consultado el Oct 15,2019] Disponible en: <https://tuvalrep.com.co/producto/abrazadera-tipo-pera/>

_____. Soporte mensula. [Consultado el Oct 15,2019]. Disponible en: <https://tuvalrep.com.co/producto/soporte-mensula/>

TYCO. *Model AV-1-300 alarm check valve*. [En línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 20 p. Disponible en: https://tyco-fire.com/TD_TFP/TFP/TFP910_12_2016.pdf

_____. *Model CV-1FR grooved-end riser check valves 2 inch to 12 inch (DN50 to DN300)*. [En línea]. Recuperado en: 15 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 6 p. Disponible en: https://tyco-fire.com/TD_TFP/TFP/TFP950_08_2018.pdf

VICTAULIC. Tecnología ranurada. [Consultado el Nov 15,2019] Disponible en: <https://es.victaulic.com/grooved-technology/>

ANEXOS

**ANEXO A.
PROPIEDADES DEL ACERO ASTM A-53 DE CÉDULA 40**

DIAMETRO NOMINAL NPS	DIÁMETRO EXTERIOR (Pulg.)	ESPESOR DE PARED (Pulg.)	PESO TUBO 6m.		LARGO DEL TUBO (m)	GRADO	PRESION DE PRUEBA (psi)	SCH
			NEGRO (kg.)	GALVANIZADO (kg)				
1/4"	0,540	0,088	3,780	3,962	6,00	A	700	40
3/8"	0,675	0,091	5,040	5,296	6,00	A	700	40
1/2"	0,840	0,109	7,620	7,887	6,00	A	700	40
3/4"	1,050	0,113	10,140	10,479	6,00	A	700	40
1"	1,315	0,133	15,000	15,479	6,00	A	700	40
1 1/4"	1,660	0,140	20,340	20,935	6,00	A	1200	40
1 1/2"	1,900	0,145	24,300	25,016	6,00	A	1200	40
2"	2,375	0,154	32,640	33,579	6,00	A	2300	40
2 1/2"	2,850	0,203	51,780	52,880	6,00	A	2500	40
3"	3,500	0,216	67,740	69,080	6,00	A	2500	40
4"	4,500	0,237	96,420	98,233	6,00	B	2210	40
6"	6,625	0,280	169,560	172,271	6,00	B	1780	40
8"	8,625	0,322	255,300	258,721	6,00	B	1570	40
10"	10,750	0,365	361,740	366,215	6,00	B	1430	40
12"	12,750	0,406	478,200	483,592	6,00	B	1340	40
16"	16,000	0,500	739,800	746,235	6,00	B	1310	40
20"	20,000	0,500	930,720	938,871	6,00	B	1050	30
24"	24,000	0,500	1121,640	1131,507	6,00	B	880	XS

Fuente: COLMENA. Línea conducción, instalaciones de gas y conducción de fluidos, ASTM A 53 (NTC-3470). [En línea]. Recuperado en: 30 SEPTIEMBRE 2019. Formato archivo (pdf). 4 p. Disponible en: <http://www.tuboscolmena.com/web/fichas/ASTM-A-53.pdf>. p. 3.

ANEXO B.
VALORES DE LONGITUD EQUIVALENTE PARA ACERO AL CARBONO DE CÉDULA 40.

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresadas en pies (metros) equivalentes de tubería														
	½ pulg. (15 mm)	¾ pulg. (20 mm)	1 pulg. (25 mm)	1¼ pulg. (32 mm)	1½ pulg. (40 mm)	2 pulg. (50 mm)	2½ pulg. (65 mm)	3 pulg. (80 mm)	3½ pulg. (90 mm)	4 pulg. (100 mm)	5 pulg. (125 mm)	6 pulg. (150 mm)	8 pulg. (200 mm)	10 pulg. (250 mm)	12 pulg. (300 mm)
Codo 45°	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	13 (4)
Codo estándar 90°	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
Codo de giro largo 90°	0.5 (0.2)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4)	16 (4.9)	18 (5.5)
En T o cruz (flujo con giro 90°)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.1)	35 (10.7)	50 (15.2)	60 (18.3)
Válvula mariposa	—	—	—	—	—	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3)	—	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Válvula de compuerta	—	—	—	—	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Interruptor de flujo de tipo paleta	—	—	6 (1.8)	9 (2.7)	10 (3)	14 (4.3)	17 (5.2)	22 (6.7)	—	30 (9.1)	—	16 (4.9)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11)
Válvula de retención a clapeta [®]	—	—	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (10)	45 (14)	55 (17)	65 (20)

Fuente: NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. [Consultado el Abr 30,2019] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. p. 323.

**ANEXO C.
MATRIZ DE CÁLCULOS HIDRÁULICOS**

MATRIZ DE CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA ESCENARIO A

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>		DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K <i>gpm/√psi</i>	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C	Long eq. <i>ft</i>		Presión por Velocidad	
1-A'	1	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	A	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
2-A'	12	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	D'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
A'-A	D'	0	0,0	18,485	1,25	63,70	0,2918	0,1500	1,8945
	D'	0	0,0	20,6	1,38	13,66		1,8288	0,213041339
					120			6,4921	1,256
A-B	D	0	0,0	20,593	1,25	63,70	0,2918	3,0000	4,6230
	A	0	0,0	25,2	1,38	13,66		1,8288	0
					120			15,8425	1,256

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>		DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K <i>gpm/√psi</i>	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C	Long eq. <i>ft</i>		Presión por Velocidad	
3-B'	1	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	A	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
4-B'	12	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	D'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
B'-B	D'	0	0,0	18,485	1,25	63,70	0,2918	0,1500	1,8945
	D'	0	0,0	20,6	1,38	13,66		1,8288	0,213041339
					120			6,4921	1,256
B-C	D	0	0,0	25,216	1,25	134,19	1,1580	3,0000	18,3459
	A	0	0,0	43,6	1,38	28,78		1,8288	0
					120			15,8425	5,576
5-C'	5	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	C'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
6-C'	6	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	C'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>		DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K gpm/\sqrt{psi}	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C			Long eq. <i>ft</i>	Presión por Velocidad
C'-C	C'	0	0,0	18,485	1,5	63,70	0,1377	0,1500	1,1697
	C'	0	0,0	19,9	1,61	10,04		2,4384	0,213041339
					120			8,4921	0,678
C-D	C	0	0,0	43,562	1,5	228,51	1,4635	3,0000	26,1122
	D	0	0,0	69,7	1,61	36,01		2,4384	0
					120			17,8425	8,727
7-D'	7	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	D'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
8-D'	8	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	D'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
D'-D	D'	0	0,0	18,485	1,5	63,70	0,1377	0,1500	1,1697
	D'	0	0,0	19,9	1,61	10,04		2,4384	0,213041339
					120			8,4921	0,678
D-E	D	0	0,0	69,674	2	347,80	0,9428	3,0000	18,7067
	E	0	0,0	88,4	2,067	33,25		3,048	0
					120			19,8425	7,442

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>		DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K gpm/\sqrt{psi}	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C	Long eq. <i>ft</i>		Presión por Velocidad	
9-E'	9	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	E'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
10-E'	10	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	E'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
E'-E	E'	0	0,0	18,485	1,5	63,70	0,1377	0,1500	1,1697
	E'	0	0,0	19,9	1,61	10,04		2,4384	0,213041339
					120			8,4921	0,678
E-F	E	0	0,0	19,868	2	482,15	1,7252	3,0000	34,2316
	F	0	0,0	54,1	2,067	46,10		3,048	0
					120			19,8425	14,301
11-F'	11	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	F'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
12-F'	12	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	F'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>		DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K gpm/\sqrt{psi}	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C	Long eq. <i>ft</i>		Presión por Velocidad	
F'-F	F'	0	0,0	18,485	1,5	63,70	0,1377	0,1500	1,1697
	F	0	0,0	19,9	1,61	10,04		2,4384	0,213041339
					120			8,4921	0,678
F-G	F	0	0,0	54,100	3	587,26	0,3631	22,0000	64,3307
	G	0	0,0	118,4	3,068	25,49		32,004	0
					120			177,1785	4,371
G-H	G	0	0,0	118,430	4	587,26	0,0967	8,2000	3,5671
	H	0	0,0	122,0	4,026	14,80		3,048	0
					120			36,9029	1,474
13-I'	13	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	I'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
14-I'	14	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	I'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
I'-I	I'	0	0,0	18,485	1,25	63,70	0,2918	0,1500	1,8945
	I'	0	0,0	20,6	1,38	13,66		1,8288	0,213041339
					120			6,4921	1,256

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>		DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K gpm/\sqrt{psi}	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C	Long eq. <i>ft</i>		Presión por Velocidad	
I-J	I	0	0,0	20,593	1,25	63,70	0,2918	3,0000	4,6230
	J	0	0,0	25,2	1,38	13,66		1,8288	0
					120			15,8425	1,256
15-J'	15	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	J'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
16-J'	16	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	J'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
J'-J	J'	0	0,0	18,485	1,25	63,70	0,2918	0,1500	1,8945
	J	0	0,0	20,6	1,38	13,66		1,8288	0,213041339
					120			6,4921	1,256
J-K	J	0	0,0	25,216	1,25	134,19	1,1580	3,0000	18,3459
	K	0	0,0	43,6	1,38	28,78		1,8288	0
					120			15,8425	5,576
17-K'	17	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	K'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>		DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K gpm/\sqrt{psi}	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C			Long eq. <i>ft</i>	Presión por Velocidad
18-K'	18	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	K'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
K'-K	K'	0	0,0	18,485	1,5	63,70	0,1377	0,1500	1,1697
	K	0	0,0	19,9	1,61	10,04		2,4384	0,213041339
					120			8,4921	0,678
K-L	K	0	0,0	43,562	1,5	228,51	1,4635	3,0000	26,1122
	L	0	0,0	69,7	1,61	36,01		2,4384	0
					120			17,8425	8,727
19-L'	19	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	L'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
20-L'	20	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	L'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
L'-L	L'	0	0,0	18,485	1,5	63,70	0,1377	0,1500	1,1697
	L	0	0,0	19,9	1,61	10,04		2,4384	0,213041339
					120			8,4921	0,678

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>		DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K gpm/\sqrt{psi}	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C	Long eq. <i>ft</i>		Presión por Velocidad	
L-M	L	0	0,0	69,674	2	347,80	0,9428	3,0000	18,7067
	M	0	0,0	88,4	2,067	33,25		3,048	0
					120			19,8425	7,442
21-M'	21	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	M'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
22-M'	22	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	M'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
M'-M	M'	0	0,0	18,485	1,5	63,70	0,1377	0,1500	1,1697
	M	0	0,0	19,9	1,61	10,04		2,4384	0,213041339
					120			8,4921	0,678
M-N	M	0	0,0	19,868	2	482,15	1,7252	3,0000	34,2316
	N	0	0,0	54,1	2,067	46,10		3,048	0
					120			19,8425	14,301
23-N'	23	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	N'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>		DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K gpm/\sqrt{psi}	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C	Long eq. <i>ft</i>		Presión por Velocidad	
24-N'	24	8	31,9	15,850	1	31,85	0,3078	2,0000	2,6350
	N'	0	0,0	18,5	1,049	11,82		0,6096	0
					120			8,5617	0,941
N'-N	N'	0	0,0	18,485	1,5	63,70	0,1377	0,1500	1,1697
	N'	0	0,0	19,9	1,61	10,04		2,4384	0,213041339
					120			8,4921	0,678
N-H	N	0	0,0	54,100	3	587,26	0,3631	22,0000	64,3307
	H	0	0,0	118,4	3,068	25,49		32,004	0
					120			177,1785	4,371
H-O	H	0	0,0	121,998	4	1183,30	0,3533	8,2000	16,5709
	O	0	0,0	138,6	4,026	29,82		6,096	0
					120			46,9029	5,985
25-P	25	8	32,5	16,504	1	32,50	0,3195	2,0000	2,7354
	P	0	0,0	19,2	1,049	12,06		0,6096	0
					120			8,5617	0,980
P-Q	P	0	32,5	19,239	1	32,50	0,3195	3,1500	4,8993
	Q	0	0,0	24,4	1,049	12,06		1,524	0,213041339
					120			15,3346	0,980

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>		DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K gpm/\sqrt{psi}	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C	Long eq. <i>ft</i>		Presión por Velocidad	
26-Q	26	8	32,5	16,504	1	32,50	0,3195	2,0000	2,7354
	Q	0	0,0	19,2	1,049	12,06		0,6096	0
					120			8,5617	0,980
Q-R	P	0	32,5	24,352	1,25	69,06	0,3389	3,1500	5,5356
	Q	0	0,0	30,1	1,38	14,81		1,8288	0,213041339
					120			16,3346	1,477
27-R	27	8	32,5	16,504	1	32,50	0,3195	2,0000	2,7354
	R	0	0,0	19,2	1,049	12,06		0,6096	0
					120			8,5617	0,980
R-S	R	0	32,5	30,100	1,5	109,72	0,3766	3,1500	6,9052
	S	0	0,0	37,2	1,61	17,29		2,4384	0,213041339
					120			18,3346	2,012
28-S	28	8	32,5	16,504	1	32,50	0,3195	2,0000	2,7354
	S	0	0,0	19,2	1,049	12,06		0,6096	0
					120			8,5617	0,980
S-T	S	0	32,5	37,219	1,5	154,92	0,7130	3,1500	13,0730
	T	0	0,0	50,5	1,61	24,41		2,4384	0,213041339
					120			18,3346	4,011

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>		DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K gpm/\sqrt{psi}	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C			Long eq. <i>ft</i>	Presión por Velocidad
29-T	29	8	32,5	16,504	1	32,50	0,3195	2,0000	2,7354
	T	0	0,0	19,2	1,049	12,06		0,6096	0
					120			8,5617	0,980
T-U	R	0	32,5	50,505	1,5	207,58	1,2251	3,1500	22,4625
	S	0	0,0	73,2	1,61	32,71		2,4384	0,213041339
					120			18,3346	7,202
30-U	30	8	32,5	16,504	1	32,50	0,3195	2,0000	2,7354
	U	0	0,0	19,2	1,049	12,06		0,6096	0
					120			8,5617	0,980
U-O	U	0	0,0	73,180	3	270,96	0,0868	22,0000	15,3799
	O	0	0,0	88,6	3,068	11,76		32,004	0
					120			177,1785	0,931
O-BOMBA	O	0	0,0	138,568	6	1522,24	0,0765	3,1500	6,5311
	BOMB	0	0,0	145,3	6,065	16,90		22,86	0,213041339
					120			85,3346	1,923

Fuente: elaboración propia.

MATRIZ DE CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA ESCENARIO B

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>	PRESIÓN	DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K gpm/\sqrt{psi}	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C			Long eq <i>ft</i>	Presión por Velocidad
1-2	1	5,6	15,0	7,175	1	15,0	0,0764	2,7000	0,8299
	2	5,6	15,8	8,0	1,049	5,5684246		0,6096	0
					120			10,8583	0,209
2-3	2	5,6	15,8	8,005	1	30,8	0,2900	4,0000	5,2562
	3	5,6	20,4	13,3	1,049	11,4500738		1,524	0
					120			18,1234	0,882
3-4	3	5,6	20,4	13,261	1	51,2	0,7416	3,0000	11,0079
	4	5,6	27,6	24,3	1,049	19,0204003		1,524	0
					120			14,8425	2,435
4-A	4	0	27,6	24,269	1,25	78,8	0,4328	16,2000	28,1949
	A	0	0,0	52,5	1,38	16,9079725		3,6576	0
					120			65,1496	1,924
6-5	6	5,6	15,0	7,175	1	15,0	0,0764	1,8000	0,6042
	5	5,6	15,6	7,8	1,049	5,5684246		0,6096	0
					120			7,9055	0,209

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>	PRESIÓN	DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K <i>gpm/√psi</i>	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C	<i>ft/s</i>		Long eq <i>ft</i>	Presión por Velocidad
5-B	5	5,6	15,6	7,779	1	30,6	0,2861	5,7000	5,3508
	B	5,6	0,0	13,1	1,049	11,366572		0	0
					120			18,7008	0,869
7-8	7	5,6	15,0	7,175	1	15,0	0,0764	3,4000	1,0054
	8	5,6	16,0	8,2	1,049	5,5684246		0,6096	0
					120			13,1549	0,209
8-B	8	5,6	16,0	8,180	1	31,0	0,2930	0,4000	1,8498
	B	0	0,0	10,0299	1,049	11,5142089		1,524	0
					120			6,3123	0,892
B-C	B	0	0,0	13,130	1,25	66,1	0,3125	3,0000	4,9512
	C	0	0,0	18,1	1,38	14,1799678		1,8288	0
					120			15,8425	1,353
9-10	9	5,6	15,0	7,175	1	15,0	0,0764	4,0000	1,1558
	10	5,6	16,2	8,3306	1,049	5,5684246		0,6096	0
					120			15,1234	0,209
10-C	10	5,6	16,2	8,331	1	31,2	0,2956	0,8000	2,2539
	C	5,6	0,0	10,6	1,049	11,5686363		1,524	0
					120			7,6247	0,901

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>	PRESIÓN	DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K <i>gpm/√psi</i>	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C	<i>ft/s</i>		Long eq <i>ft</i>	Presión por Velocidad
C-D	C	0	0,0	18,081	1,25	106,8	0,7596	2,3000	10,2892
	D	0	0,0	28,4	1,38	22,916733		1,8288	0
					120			13,5459	3,534
11-D'	11	5,6	15,0	7,175	1	15,0	0,0764	2,9000	0,8800
	D'	0	0,0	8,1	1,049	5,5684246		0,6096	0
					120			11,5144	0,209
12-D'	12	5,6	15,0	7,175	1	15,0	0,0764	0,3000	0,2281
	D'	5,6	0,0	7,4	1,049	5,5684246		0,6096	0
					120			2,9843	0,209
D'-D	D'	0	0,0	8,055	1,25	30,6	0,0754	0,1500	0,4894
	D	0	0,0	8,8	1,38	6,57378639		1,8288	0,213041339
					120			6,4921	0,291
D-A	D	0	0,0	28,370	2	162,0	0,2294	9,6000	11,8116
	A	0	0,0	40,2	2,067	15,4888174		6,096	0
					120			51,4961	1,614
A-E'	A	0	0,0	40,182	2	231,0	0,4421	11,3000	36,2878
	E'	0	0,0	76,5	2,067	22,084405		13,716	0
					120			82,0735	3,282

Continuación.

TRAMO		Rociador	CAUDAL <i>gpm</i>	PRESIÓN	DIÁMETRO			Longitud	PRESIÓN <i>psi</i>
TRAMO	NODO	Factor K <i>gpm/√psi</i>	Descarga en nodo rociador <i>gpm</i>	Presión residual <i>psi</i>	Nominal <i>in</i>	Q <i>gpm</i>	Caída de Presión <i>psi/ft</i>	Long tubería <i>m</i>	Presión Final
	Inicio				Equiv. <i>in</i>	Vel <i>ft/s</i>		AvanceACC <i>m</i>	Presión por elevación
	Fin				C			Long eq <i>ft</i>	Presión por Velocidad
E'-E	E'	0	0,0	76,469	2,5	231,0	0,1861	22,2000	27,5084
	E	0	0,0	104,0	2,469	15,4783434		22,86	0
					120			147,8346	1,612
E-F	E	0	0,0	103,978	4	231,0	0,0172	35,3000	4,4688
	F	0	0,0	108,4	4,026	5,8212884		43,8912	0
					120			259,8136	0,228
F-G	F	0	0,0	108,447	6	231,0	0,0023	43,5000	0,8364
	G	0	0,0	109,3	6,065	2,5651044		65,532	0
					120			357,7165	0,044
G-H	G	0	0,0	109,283	6	231,0	0,0023	29,6000	0,8607
	H	0	0,0	110,1	6,065	2,5651044		82,6008	0
					120			368,1129	0,044
H-BOMBA	H	0	0,0	110,144	6	231,0	0,0023	28,4000	0,6645
	BOMBA	0	0,0	122,9	6,065	2,5651044		58,2168	12,07234252
					120			284,1759	0,044

Fuente: elaboración propia.

MATRIZ DE CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA ESCENARIO C

#RAMA	Nodo	Gabinete	CAUDAL <i>gpm</i>		DIÁMETRO		Coeficiente Hazen Williams C	Velocidad <i>ft/s</i>	LONGITUD	
			Descarga en punto <i>gpm</i>	Flujo Total de esa línea	Nominal <i>in - "</i>	Equivalente <i>in - "</i>			Horizontal <i>m</i>	Vertical <i>m</i>
GABIENTES	5	III	250	250	4	4,026	120	6,300638	28,6	0
	4	III	250,0	500	4	4,026	120	12,601276	29,7	0
	3	III	250,0	750,0	4	4,026	120	18,901914	52,4	4,8

Continuación.

ACCESORIOS						LONGITUD			PRESIÓN					
Tees	Codos	Válvula Mariposa	Válvula Compuerta	Cheque	Semicodos	Equi. de acc. <i>m</i>	Total Equiv.	Total Equiv.	Caida de Presión <i>psi/ft</i>	Pérdidas de Presión por Fricción <i>psi</i>	Presion Inicial <i>psi</i>	Presión por Velocidad <i>psi</i>	Presión Final <i>psi</i>	Presion por Elevación <i>psi</i>
1	2	2	0	0	2	21,9456	50,5456	165,832	0,0199	3,301986373	103,30199	0,2671559	100	0
2	2	2	0	0	0			15	0,0718	1,076722117	104,37871	1,0686234	103,302	0
4	22	0	0	0	2			11	0,152	1,671759845	112,86779	2,4044027	104,3787	6,8173228

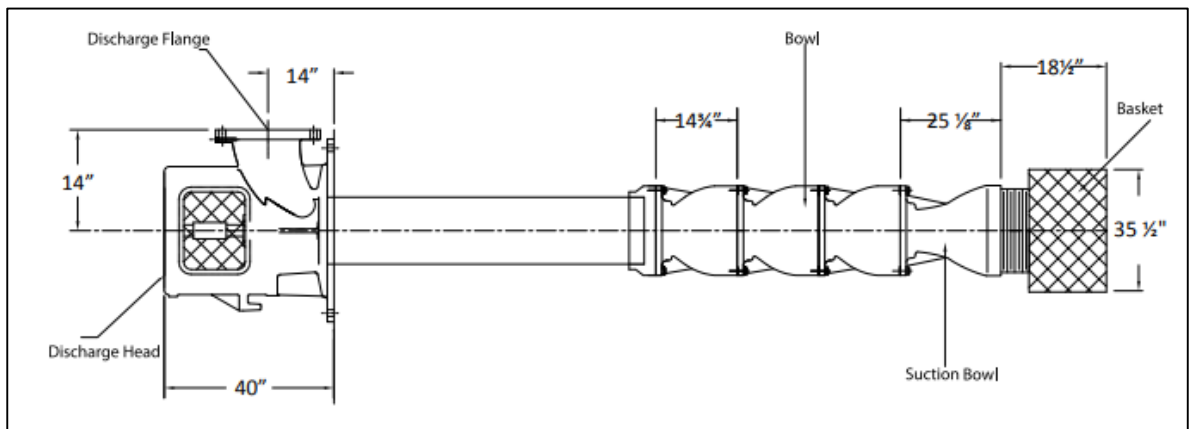
Fuente: elaboración propia.

ANEXO D. SISTEMA DE BOMBEO

CARACTERÍSTICAS DE BOMBA VERTICAL TIPO TURBINA RUHRPUMPEN VTP 18D-410

STAGES / PRESSURE					
Stage	Construction	Pressure (PSI)		Weight (Bowl's Only)	
		2500 GPM	3000 GPM	(Lbs)	(Kg)
		1770 RPM	1770 RPM		
1	Cl-Brz	44 - 66	41 - 62	C.RP	C.RP
2		88 - 133	82 - 125		
3		132 - 200	123 - 187		
4		176 - 267	164 - 250		

PUMP MATERIALS													
Stage	Discharge Flange			Column		Shaft / Column		Bowl		Impeller		Strainer	
	Size	Class	Material	Diameter	Material	Column Shaft Diam.	Shaft & Coupling Material	Material	Wear Ring	Material	Wear Ring		
1						1.6875"							
2	12"	125 FF	Cl.	12"	Cst.	2.25"	416 SS	Cl.	Brz.	Brz.	Brz.	316 SS	
3	Cast												
4													



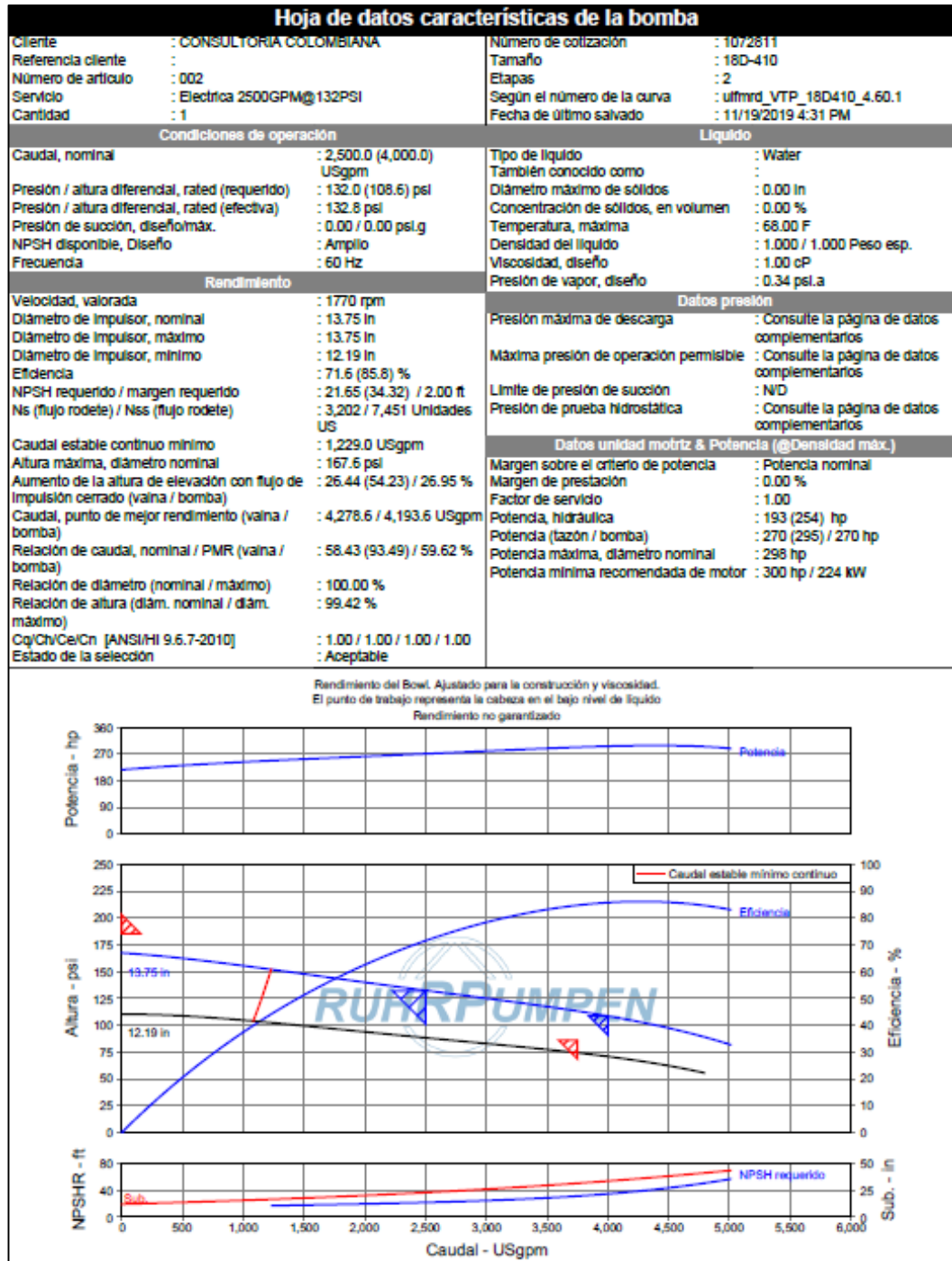
Fuente: RUHRPUMPEN. RUHRPUMPEN fire pumps. [Consultado el Oct 30,2019]
 Disponible en: <http://www.ruhrpumpen.com/downloads/96-fire-pump-range-en/file>

Cant.	Descripción
1	<p>18D-410 -2 stage - Vertical Turbine Pump</p> <p>Bomba Vertical</p> <p>Especificación vertical</p> <p>Construcción: Hydraulic Institute</p> <p>Diseño de flecha lineal: Abierto</p> <p>Firepump Certification</p> <p>UL listed & FM approved pump (certified)</p> <p>Tazón</p> <p>18" bowl, stages: 2</p> <p>Flanged bowl</p> <p>Suction bowl</p> <p>1 Construcción de materiales: Hierro fundido - Bronce</p> <p>Materiales de cuerpo de tazones: Cast iron bowl</p> <p>1 Material de impulsor: Impulsor en Bronce</p> <p>416 SS Impeller collets</p> <p>1 Material de bujes: Bronze bowl bearing</p> <p>1 416 SS Bowl shaft</p> <p>1 Bowl wear ring material: Bronze bowl wear ring</p> <p>1 Impeller wear ring material: Bronze impeller wear ring</p> <p>Cabezal</p> <p>Cabezal de descarga provisto por RP</p> <p>1 Carrete a la descarga para valvula liberadora de aire y manometro</p> <p>Descarga de 12"</p> <p>24" BD</p> <p>1 Nozzle head Material: Cast Iron nozzle head</p> <p>Nozzle Head Type: Tipo L</p> <p>1 Bridas de descarga: 125# FF ANSI Flanges</p> <p>Ventoe de descarga: Roscado</p> <p>Columna</p> <p>Construcción de columna: Columna roscada</p> <p>Column material: Columna de acero al carbón (ASTM A53)</p> <p>Tamaño de columna: Columna 12"</p> <p>1 Longitud de la columna calculado de acuerdo a la profundidad del carcamo de: 11.48ft</p> <p>Flecha de línea 2 1/4"</p> <p>1 416 SS Lineshaft</p> <p>Lineshaft lubrication: Product lubrication</p> <p>Material se baleros en columna: Rubber column bearings</p> <p>Sello de flecha</p> <p>Encerramiento de flecha: Empaquetadura estándar</p> <p>Motor</p> <p>Motor</p> <p>1 Motor Eléctrico, US motors ó Similar</p> <p>- Modelo: VHS</p> <p>- 300HP @ 1800RPM</p> <p>- 480V / 60HZ / 3Ph</p> <p>- Listado UL</p> <p>- Frame estimado: 447 TPA</p> <p>- Temp. Clase Nema B</p> <p>- Enclaustramiento WPI</p> <p>- Arranque Directo</p> <p>- Aislamiento Clase F</p> <p>- Trinquete de No Retroceso</p> <p>- Factor de Servicio 1.15</p> <p>- Pintura Roja Estandar de Fabricante</p>

Continuación.

Cant.	Descripción
1	<p>Panel de Control, Tomatech o similar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modelo: GPY - WYE- Delta abierto - Listado UL/FM - 300 HP - 480 V / 60 Hz / 3 Ph - Enclaustramiento NEMA 2 - Pintura Rojo - Señales y alarmas de acuerdo a NFPA-20 - Suministrado suelto <p>Tipo de motor: Motor</p> <p>Cople</p>
1	<p>Acoplamiento: 2 tramos de flecha motriz en SS416 y cople roscado</p> <p>Cople con espaciador: No</p> <p>Pruebas</p> <p>Pruebas</p>
1	<p>Prueba de rendimiento con motor de Ruhrpumpen (no atestiguada)</p> <p>Hidrostática</p>
1	<p>Cuerpo de tazones solamente - Sin testigo</p>
1	<p>Cabezal de descarga - Sin testigo</p>
1	<p>Columna - sin testigo</p>
1	<p>Pintura para cuerpo de tazones: Pintura roja estandar de Ruhrpumpen</p>
1	<p>Pintura epóxica para columna: Pintura roja estandar de Ruhrpumpen</p>
1	<p>Recubrimiento para cabezal: Pintura roja estandar de Ruhrpumpen</p>
	<p>Documentación</p> <p>Documentación estándar</p>
1	<p>Paquete de documentación estándar incluye 1 CD con los siguientes documentos: Lista de Materiales (B.O.M.), curva de comportamiento de la bomba/Hoja de datos de comportamiento de la bomba, información adicional de comportamiento de la bomba, Dibujo Dimensional, Dibujo seccional, IOM Manual, Lista de refacciones, Fotografía de Pre-Embarque. Y si aplica: Catalogo de dibujo de motor, diagrama de conexiones del motor, dibujo de sello con B.O.M., Prueba hidrostática certificada, prueba de comportamiento certificada, dibujo de planes de sellos, CW piping drawing, reporte de prueba de rutina de motor y certificado de Balanceo.</p>
	<p>Accesorios</p> <p>Accesorios</p>
1	<p>Válvula de alivio de presión Claval o similar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modelo 55L60 - Listada UL - Tamaño 3/4 in - 20-200 psi - Suministrada suelta
1	<p>"Cabezal de pruebas Claval o similar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tamaño 10" - 150#FF. - 8 Válvulas de 2 1/2" con tapas y cadenas. - Entregadas por separado"
1	<p>Manómetro en brida de descarga</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seco - UL/FM - Conexión inferior 1/4" NPT - Diámetro de carátula 4" - Suministrado Suelto
1	<p>Válvula liberadora de aire y vacío Claval o similar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modelo 33ATD - UL - Presion de Op. 300PSI - Tamaño 2" - Suministrada Suelta
1	<p>Colador: 316 AUS basket strainer</p>

Continuación.



Fuente: Cotización RUHRPUMPEN.

CARACTERÍSTICAS DE BOMBA JOCKEY RUHRPUMPEN SP 40-15-50

Cant.	Descripción
1	SP 40-15-50 Categoría 1 Agregue opciones a la Categoría 1
1	Bomba Sumergible de Pozo Profundo WDM o Similar: - Modelo: SP-40-15-50 - 26.4GPM @ 142PSI - 5HP - 15 Etapas - Succion y Descarga de: 2" - Impulsores y volutas fabricados en acero inoxidable 304 - Entregado por Separado
1	Motor sumergible Franklin o Similar: - Para pozo de agua - 5 HP - 460 V / 3 Fases / 60 Hz
1	Panel de Control, Tornatech o similar: - Modelo: JP3 - Listado UL - 5 HP - 460 V / 60 Hz / 3 Ph - Enclaustramiento NEMA 2 - Pintura Roja - Señales y alarmas de acuerdo a NFPA-20 - Suministrado suelto
1	*Columna de acero galvanizado de 2" roscada con codo de descarga *Longitud de la columna de acuerdo a los 11.48 ft de cárcamo que se consideran **

Fuente: Cotización RUHRPUMPEN.

**ANEXO E.
PLANOS DE LA RED CONTRA INCENDIOS PARA LAS INSTALACIONES DE
LA EMPRESA TEXTIL RITCHI S.A.S.**

Remitirse al CD.