

**DISEÑO DE UNA RED CONTRA INCENDIOS ABASTECIDA CON AGUAS
LLUVIAS PARA LA EMPRESA SOLINOFF CORP SA**

**LUIS EDUARDO MAHECHA RODRIGUEZ
SANTIAGO QUINTERO BARÓN**

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

**DISEÑO DE UNA RED CONTRA INCENDIOS ABASTECIDA CON AGUAS
LLUVIAS PARA LA EMPRESA SOLINOFF CORP SA**

**LUIS EDUARDO MAHECHA RODRIGUEZ
SANTIAGO QUINTERO BARÓN**

**Proyecto Integral de Grado para optar el título de:
INGENIERO MECÁNICO**

**UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
2020**

Nota de aceptación

Ingeniero Libardo Mendoza Geney

Ingeniero Jair L. Loaiza Bernal

Bogotá DC., agosto de 2020.

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. MARIA CLARA APONTE GONZALEZ

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA

Secretaria General

Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN

Decano de la Facultad de ingenierías

Ing. JULIO CESAR FUENTES

Director Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. CARLOS MAURICIO VELOZA

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.

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente queremos dar gracias a Dios, por guiarnos en el camino del desarrollo de este proyecto y el transcurso de toda esta etapa académica. Extender nuestros agradecimientos a la Universidad de América y a todos sus colaboradores en la formación para alcanzar nuestros objetivos propuestos para obtener nuestro título como ingenieros mecánicos.

Por otro lado, a la empresa Solinoff Corp S.A. por permitirnos desarrollar el estudio del proyecto en sus instalaciones, supliendo las necesidades propuestas dando un panorama de decisión a futuras implementaciones de redes contra incendios.

Para finalizar, dar agracias a todos nuestros colegas que hicieron parte de esta etapa en nuestras vidas.

DEDICATORIA

El desarrollo de este proyecto está dedicado a Dios, por brindarme esa sabiduría necesaria para completar a cabalidad los objetivos.

igualmente, a mis padres por ser esa voz de aliento en los momentos difíciles y mi soporte para llegar a tan altas expectativas, por su esfuerzo por su dedicación y por el amor que brindaron desde un hogar basado en la felicidad.

A mis compañeros, amigos de infancia y amigos de estudio Quien se encargaron de brindarme ese apoyo como persona y esas risas inolvidables, replicados en momentos e historias que nunca se olvidaran.

Finalmente, a esas personas que fueron parte del camino y me ayudaron a seguir siempre adelante con una mirada hacia el horizonte. Personas que nunca se olvidaras y estarán guardadas en mi corazón

Gracias Dios por lo que brindas

SANTIAGO QUINTERO BARÓN

Este proyecto lo dedico a Dios por todas las bendiciones que dispuso en mi camino y en el de mi familia para tener la oportunidad de culminar esta etapa de formación, por permitir afrontar retos y darme sabiduría para los momentos difíciles.

Le dedico este proyecto especialmente a mi madre Nidia Rodriguez que con su esfuerzo, motivación y apoyo ha hecho posible este sueño, a mis hermanas que han sido mi motor, mi ejemplo a seguir y un apoyo fundamental en mi vida.

Finalmente, a mi padre que desde el cielo estuvo guiándome y cuidándome durante todos estos años.

Gracias a todos los compañeros, amigos, docentes y personas que hicieron parte de este camino

LUIS EDUARDO MAHECHA RODRIGUEZ

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	24
1. MARCO TEÓRICO	26
1.1 GENERALIDADES DEL FUEGO	26
1.1.1 Tipología del fuego en incendios	27
1.2 COMBUSTIÓN DE MADERA	28
1.3 RIESGOS EN LA INDUSTRIA MADERERA Y METALMECÁNICA QUE GENERAN INCENDIOS	28
1.3.1 Antecedentes	29
1.4 EXTINCIÓN DEL FUEGO	30
1.4.1 Agentes y elementos extintores del fuego	30
1.5 RIESGOS DE PROPAGACIÓN DE FUEGO	31
1.6 RED CONTRA INCENDIOS	32
1.6.1 Sistema de extinción de tubería húmeda	32
1.6.2 Sistema de extinción de diluvio	32
1.6.3 Sistema de extinción de tubería seca	32
1.6.4 Sistema de extinción de pre-acción	32
1.6.5 Sistema de extinción con agua nebulizada	32
1.7 NORMATIVIDAD	33
1.7.1 Nfpa	33
1.7.1.1 Sistema de extintores portátiles (nfpa 10)	34
1.7.1.2 Sistema de rociadores (nfpa 13)	34
1.7.1.3 Sistema de gabinetes, tuberías y mangueras (nfpa 14)	36
1.7.1.4 Sistemas de gabinetes contra incendios para líquidos inflamables (nfpa 30)	37
1.7.2 Nsr-10	38
1.7.3 Nsr-10 título J	38
1.7.3.1 Sistema de alarma (nfpa 72 – nsr-10)	39
1.7.4 Nsr-10 título k	39
1.8 GENERALIDADES CAPTACIÓN AGUAS LLUVIAS	40
1.8.1 Propiedades agua lluvia	40
1.8.2 Sistema de captación de aguas lluvias	42
1.8.2.1 Captación	43
1.8.2.2 Conducción	43

1.8.2.3	Filtrado e interceptor de primeras aguas	44
1.8.2.4	Almacenamiento	44
1.9	GENERALIDADES DE LA EMPRESA	45
1.10	MADERAS INDUSTRIALIZADAS	46
1.11	TIPOS DE TABLEROS	47
1.12	LÍNEAS DE PRODUCCIÓN MADERA	48
1.12.1	Laminados	48
1.12.2	Carpintería	49
1.12.3	Tapicería	50
1.12.4	Sistemas de extracción y acumulación	50
1.13	ACEROS LAMINADOS	50
1.13.1	Tipos de aceros	51
1.14	LÍNEA DE PRODUCCIÓN METAL	52
1.14.1	Corte	52
1.14.2	Punzonado y troquelado	52
1.14.3	Doblado	52
1.14.4	Soldadura y pulido	52
1.14.5	Mecanizado	53
1.14.6	Pintura	53
1.15	CLASIFICACIÓN DEL RIESGO SEGÚN NORMATIVA	53
1.16	GRADO DE RIESGO SEGÚN NORMATIVA	56
1.17	PANORAMA DE RIESGOS Y PARAMETROS DE DISEÑO GENERALES	57
1.18	ÁREA DE MAYOR RIESGO DE INCENDIABILIDAD	61
1.19	CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS Y PRECIPITACIÓN EN FUNZACUNDINAMARCA	62
1.20	PARÁMETROS DE DISEÑO	65
1.21	METODOLOGÍA DE DESARROLLO	66
2.	DISEÑO CONCEPTUAL	68
2.1	SISTEMAS DE LA RED CONTRA INCENDIOS	68
2.1.1	Sistema de almacenamiento.	68
2.1.2	Sistema de bombeo	69
2.1.3	Sistema de distribución	70
2.1.4	Sistema de detección	71
2.1.5	Sistema estructural	71
2.1.6	Cuadro de síntesis	71
2.2	ALTERNTIVAS DE SOLUCIÓN	72

2.2.1	Tipos de red aplicable en la empresa Solinoff Corp S.A	72
2.2.2	Tipo de configuración de la red aplicable en la empresa Solinoff Corp S.A	72
2.2.2.1	Configuración ramificada	72
2.2.2.2	Configuración anular	73
2.2.2.3	Configuración mixta	73
2.2.3	Métodos de cálculo para determinar demanda hidráulica según NFPA	73
2.3	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS POR MATRIZ QFD	74
2.3.1	Matriz QFD para tipo de configuración de red contra incendios	74
2.3.2	Matriz QFD para tipo de red contra incendios	76
2.3.3	Matriz QFD para métodos de cálculo para determinar demanda hidráulica	77
2.3.4	Conclusión de alternativa de solución	78
3.	DISEÑO DETALLADO	79
3.1	ROCIADORES AUTOMÁTICOS	79
3.1.1	Trazado definitivo de la red contra incendios y ubicación de rociadores	82
3.2	DEMANDAN HIDRÁULICA Y PRESIÓN NECESARIA	84
3.2.1	Demanda hidráulica	84
3.2.2	Presión necesaria para la red contra incendios	86
3.2.3	Trazado definitivo de la red de tubería	91
3.3	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	91
3.4	SISTEMA DE BOMBEO	95
3.5	SISTEMA ESTRUCTURAL	99
3.5.1	Tipos de soportes	100
3.5.2	Calculo cargas de tubería	101
3.5.3	Selección soportes	104
3.5.4	Cuadro síntesis selección de soportería	110
3.6	Calculo estructural de soportes	112
3.7	DETECTORES Y SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO	119
3.8	ACCESORIOS PARA SISTEMA DE TUBERÍA HÚMEDA	120
3.8.1	Gabinete contra incendios	120
3.8.2	Válvula de compuerta os&y bridada	121
3.8.3	Válvula de control pilotada	122
3.8.4	Válvula de retención con alarma	123
4.	MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	125
4.1	MANUAL DE INSTALACIÓN	126
4.2	MANUAL DE OPERACIÓN	141
4.3	MANUAL DE MANTENIMIENTO	144

5.	EVALUACIÓN FINANCIERA Y AMBIENTAL	147
5.1	EVALUACIÓN FINANCIERA	147
5.1.1	Costos materiales	147
5.1.2	Costos ingeniería	149
5.1.3	Costos instalación	149
5.1.4	Análisis financiero	150
5.2	BENEFICIOS DE LA INVERSIÓN	151
5.3	EVALUACIÓN AMBIENTAL	152
6.	CONCLUSIONES	157
7.	RECOMENDACIÓN	159
	BIBLIOGRAFIA	160
	ANEXOS	165

LISTADO DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Poder calorífico de sustancias comunes	27
Cuadro 2. Otros sistemas de protección contra incendio requeridos	31
Cuadro 3. Tipos de extintores	34
Cuadro 4. Parámetros generales para selección de rociadores	35
Cuadro 5. Métodos de selección de rociadores	35
Cuadro 6. Parámetros generales para diseño de tuberías montantes y mangueras	36
Cuadro 7. Pasos para selección tubería montante y mangueras	37
Cuadro 8. Clases de mangueras	37
Cuadro 9. Instalación de detectores de acuerdo con el grupo de ocupación.	39
Cuadro 10. Máquinas laminados	48
Cuadro 11. Maquinaria carpintería	49
Cuadro 12. Sistemas de extracción	50
Cuadro 13. Maquinaria corte metal	52
Cuadro 14. Maquinaria troquelado metal	52
Cuadro 15. Maquinaria doblado metal	52
Cuadro 16. Equipos de soldadura y pulido	53
Cuadro 17. Maquinaria mecanizado de metal	53
Cuadro 18. Equipos de pintura	53
Cuadro 19. Clasificación de riesgo según ocupación.	55
Cuadro 20. Subgrupo de ocupación fabril e industrial de riesgo moderado (F-1)	56
Cuadro 21. Clasificación del grado riesgo según ocupación.	56
Cuadro 22. Tipología de fuego	58
Cuadro 23. Distribución de áreas y tipos de fuego en la planta Solinoff Corp S.A	58
Cuadro 24. Agentes extinguidores según tipo de fuego para la planta Solinoff Corp S.A	59
Cuadro 25. Caracterización de grado de riesgo en la empresa Solinoff Corp S.A	60
Cuadro 26. Parámetros generales de diseño	66
Cuadro 27. Selección de extintores para Solinoff Corp S.A	66
Cuadro 28. Parámetros generales para ubicación cuarto bombas	70
Cuadro 29. Cuadro de síntesis	71
Cuadro 30. Selección área de cobertura del rociador.	80
Cuadro 31. Selección de factor K para rociadores	81
Cuadro 32. Selección rango de temperatura de activación.	81
Cuadro 33. Máximo de rociadores por diámetro de tubería para Riesgo Leve	82
Cuadro 34. Máximo de rociadores por diámetro de tubería para Riesgo Ordinario	83
Cuadro 35. Selección se coeficiente Hazen Williams	86
Cuadro 36. Presión y caudal necesarios	90
Cuadro 37. Requisito para determinar duración suministro de agua	92
Cuadro 38. Características techo de captación	94
Cuadro 39. Características techo de captación	94
Cuadro 40. Características mínimas de los tanques de almacenamiento	94

Cuadro 41. Parámetros sistema de bombeo	95
Cuadro 42. Calculo de potencia bomba	98
Cuadro 43. Requerimientos soportes colgante	99
Cuadro 44. Tipos de soportes colgantes	100
Cuadro 45. Características tubo cedula 40 TPMCSTEEL	101
Cuadro 46. Cálculo peso tubería vacía	102
Cuadro 47. Cálculo peso fluido dentro de la tubería	103
Cuadro 48. Cálculo de carga requerida para soportes colgantes	103
Cuadro 49. Tamaño mínimo de pernos y varillas	104
Cuadro 50. Selección varilla roscada	105
Cuadro 51. Selección sujetador tipo CLEVIS	106
Cuadro 52. Selección soporte sísmico universal	107
Cuadro 53. Selección Beam Clamp	108
Cuadro 54. Selección soporte universal para estructuras	108
Cuadro 55. Selección soporte adosado a muro	109
Cuadro 56. Selección cable (Guaya) y tamaño manguito oval (brace)	110
Cuadro 57. Capacidad mínima de carga por tipo de soporte	111
Cuadro 58. Síntesis selección de soportería	111
Cuadro 59. Fuerzas ejercidas en la viga	113
Cuadro 60. Suposiciones para análisis de viga en flexión	114
Cuadro 61. Fuerzas ejercidas en la viga	117
Cuadro 62. Comparativo modulo se sección	119
Cuadro 63. Selección gabinete contra incendios.	121
Cuadro 64. Selección de válvula de compuerta tipo OS&Y bridada	122
Cuadro 65. Selección válvula mariposa pilotada	123
Cuadro 66. Tareas de mantenimiento según norma NFPA 25	145
Cuadro 67. Listado materiales	147
Cuadro 68. Costos de ingeniería	149
Cuadro 69. Costos de instalación	149
Cuadro 70. Costo total de proyecto	150
Cuadro 71. Flujo de costos	150
Cuadro 72. Calculo de VPN y CAUE	151
Cuadro 73. Matriz EPM	153
Cuadro 74. Síntesis de resultados de impacto ambiental	155

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Tetraedro del fuego	26
Imagen 2. Incendio	30
Imagen 3. Técnicas de captación de agua	43
Imagen 4. Matriz de distribución de tipología de fuegos	57
Imagen 5. Área de mayor demanda.	61
Imagen 6. Precipitación en Cundinamarca	62
Imagen 7. Sistema de la red contra incendios	68
Imagen 8. Configuración ramificada	72
Imagen 9 Configuración anular	73
Imagen 10. Configuración mixta	73
Imagen 11. Matriz QFD para tipo de configuración de Red.	75
Imagen 12. Matriz QFD para tipo de Red Contra Incendios	77
Imagen 13. Matriz QFD para método hidráulico.	78
Imagen 14. Alternativa de distribución de Red Contra Incendios.	78
Imagen 15. Componente del Rociador Automático	79
Imagen 16. Plano Red Contra Incendios ubicación rociadores y gabinetes	84
Imagen 17. Relación densidad de descarga vs área hidráulica	85
Imagen 18. Área hidráulica mayor grado de incendiabilidad	89
Imagen 19. Área hidráulica punto más lejano	90
Imagen 20. Área hidráulica para cálculo hidráulico	93
Imagen 21. Dimensiones exteriores de cada bodega	93
Imagen 22. Bomba horizontal centrífuga	96
Imagen 23. Diseño y selección Bomba Contra Incendios.	96
Imagen 24. Distancia máxima entre soportes colgantes	102
Imagen 25. Varilla roscada	104
Imagen 26. Sujetador tipo CLEVIS	105
Imagen 27. Soporte sísmico universal para tubo	106
Imagen 28. Beam Clamp	107
Imagen 29. Soporte universal para estructuras	108
Imagen 30. Soporte adosado a muro con abrazadera en U	109
Imagen 31. Soporte tipo cable (Guaya) y manguito oval.	110
Imagen 32. Viga a flexión positiva	114
Imagen 33. Pulsador manual de alarma	119
Imagen 34. Alarma visual y auditiva	120
Imagen 35. Gabinete contra incendios	121
Imagen 36. Válvula de compuerta OS&Y bridada	122
Imagen 37. Válvula mariposa pilotada	123
Imagen 38. Válvula de retención con alarma	124
Imagen 39. Selección válvula de retención con alarma	124
Imagen 40. Listado de criterios de evaluación matriz EPM	152
Imagen 41. Listado de criterios de evaluación	153

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Ecuación caudal teórico.	85
Ecuación 2. Caída de presión Hazen-Williams	87
Ecuación 3. Perdida por fricción Total	87
Ecuación 4. Velocidad del Fluido	88
Ecuación 5. Presión por velocidad	88
Ecuación 6. Presión por elevación	89
Ecuación 7. Calculo volumen del Tanque	92
Ecuación 8. Calculo de potencia de la bomba	98
Ecuación 9. Peso tubería vacía	102
Ecuación 10. Peso Agua en Tubería.	103
Ecuación 11. Sumatoria de fuerzas en Y	115
Ecuación 12. Sumatoria de momentos	115
Ecuación 13. Ecuación de la curva elástica	115
Ecuación 14. Esfuerzo flexionante máximo	118
Ecuación 15. Esfuerzo flexionante con respecto al módulo de sección	118

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Precipitación mensual	63
Gráfica 2. Precipitación mensual	63
Gráfica 3. Precipitación mensual	64
Gráfica 4. Precipitación mensual	64
Gráfica 5. Periodos de óptimos recolección	65
Gráfica 6. Curvas características de operación	97
Gráfica 7. Diagrama de cuerpo libre	113
Gráfica 8. Curva fuerzas cortantes	117
Gráfica 9. Curva de momento flector	117

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A .GRAFICO PRECIPITACION EN FUNZA-CUNDIMARCA DIARIO	166
ANEXO B.FLUGOGRAMA RED CONTRA INCENDIOS	169
ANEXO C. PLANOS DE LA RED CONTRA INCENDIOS PARA LAS INSTLACIONES DE LA EMPRESA SOLINOFF CORP S.A	170
ANEXO D. CALCULOS RED CONTRA INCENDIOS	171
ANEXO E. SISTEMA DE BOMBEO	177
ANEXO F . TABLA DE MANTENIMIENTO RED CONTRA INCENDIOS	180

RESUMEN

Solinoff Corp S.A. Es una empresa del sector mobiliario con una planta dotada de equipos industriales para el procesamiento de maderas y metales para el desarrollo de sus actividades, se encuentra ubicada en Funza-Cundinamarca; orientados a solventar los requerimientos de seguridad industrial surgió la iniciativa del presente proyecto planteando el desarrollo del diseño de una red contra incendios para sus instalaciones.

Inicialmente se realizó una caracterización de los procesos productivos dentro de la planta y un trabajo investigativo de la normatividad nacional e internacional que fundamentan el diseño, construcción y operación de los sistemas contra incendios. De este modo, a través de la evaluación de su infraestructura, materias primas, posibles riesgos y diferentes métodos de extinción se determinaron los parámetros generales de diseño.

Del mismo modo, se obtuvo información de las condiciones climatológicas para determinar la precipitación existente en la zona, en búsqueda de evaluar como factor diferencial al proyecto, el aprovechamiento de las aguas lluvias para abastecimiento de la red.

Posteriormente, se realizó el diseño conceptual y modo funcional de la red, describiendo cada uno de los componentes principales que conforman los sistemas contra incendios; esto se evaluó con el propósito de determinar la configuración, método de extinción y cálculo hidráulico.

De la misma forma, se desarrolló el diseño detallado, soportado de planos de distribución de la red a lo largo de la planta y el cálculo hidráulico determinando las variables de operación y de este modo una posterior selección de los componentes.

Finalmente, se elaboraron los manuales de instalación, operación y mantenimiento, y el desarrollo de una evaluación ambiental y financiera del proyecto, que permitiera determinar el costo de la inversión y los beneficios que ofrecidos a la empresa con la decisión de implementar el diseño realizado.

Palabras Claves: Captación de aguas lluvias, Densidad de descarga, Diseño hidráulico, Extinción de fuego, Mobiliario, Precipitación, Red contra incendios.

Key Words: Rainwater harvesting, Discharge coefficient, Hydraulic Design, Fire Extinguishing, Furniture, Precipitation, Fire Fighting System.

ABSTRACT

Solinoff Corp S.A. It is a company in the furniture sector with a plant equipped with industrial equipment for the processing of wood and metals for the development of its activities, it is located in Funza-Cundinamarca; Aimed at solving industrial safety requirements, the initiative for this project arose, proposing the development of a fire network design for its facilities.

Initially, a characterization of the production processes within the plant and an investigative work of national and international regulations that base the design, construction and operation of fire protection systems was carried out. Thus, through the evaluation of its infrastructure, raw materials, possible risks and different extinction methods, the general design parameters were determined.

In the same way, information on the weather conditions was obtained to determine the existing precipitation in the area, in order to evaluate the use of rainwater to supply the network as a differential factor to the project.

Subsequently, the conceptual design and functional mode of the network was carried out, describing each of the main components that make up the fire fighting systems; This was evaluated in order to determine the configuration, extinguishing method and hydraulic calculation.

In the same way, the detailed design was developed, supported by distribution plans of the network throughout the plant and the hydraulic calculation determining the operating variables and thus a subsequent selection of the components.

Finally, the installation, operation and maintenance manuals were prepared, and the development of an environmental and financial evaluation of the project, which would make it possible to determine the cost of the investment and the benefits offered to the company with the decision to implement the design made.

Key Words: Rainwater harvesting, Discharge coefficient, Hydraulic Design, Fire Extinguishing, Furniture, Precipitation, Fire Fighting System.

GLOSARIO

ACCESORIO: elemento de sujeción, unión y activación de un sistema, que complementa una red contra incendios.

ALMACENAMIENTO: conjunto de materiales de una misma característica conglomerados en un mismo espacio.

CARGA: esfuerzo ejercido en un elemento.

DEMANDA HIDRÁULICA: caudal requerido en sistemas de descarga.

DRENAJE: extracción en un punto determinado de la red, para efectuar tareas de operación o mantenimiento.

INCENDIABILIDAD: grado de riesgo a la propagación de un fuego.

INFRAESTRUCTURA: conjunto de piezas estructurales que conforman la planta física.

INSPECCIÓN: ejercicio de evaluación de estado de los componentes.

METALMECÁNICA: proceso de conformado y transformación de piezas metálicas.

PRESURIZAR: carga de presión constante dentro del sistema a través de elementos de bombeo.

RAMAL DE TUBERÍAS: configuración de tuberías interconectadas que conforman una malla de tuberías.

RANURADA: acabado en extremos de tubería para uniones de sujeción.

RIESGO LATENTE: presencia constante de un suceso que propague un tipo específico de fuego.

SCHEDULE: espesor del tubo que forma parte de la tubería en una sección transversal.

PRESIÓN RESIDUAL: presión acumulativa desde un punto específico hasta el sistema de bombeo.

SISTEMA DE BOMBEO: conjunto de accesorios que permite desplazar un fluido a través de las tuberías.

SISTEMA DE EXTRACCIÓN: conjunto de accesorios que permite separar y acumular partículas de un ambiente contaminado a través de una presión succión.

SPRINKLER O ROCIADOR AUTOMÁTICO: accesorio para distribuir uniformemente un fluido en una zona de cobertura específica.

TECHO TIPO DOS AGUAS: techo seccionado en dos pendientes que se unen para permitir el flujo del agua lluvia por gravedad.

VARIABLE DE OPERACIÓN: rango de valor específico determinado a través de estudios ingenieriles para un proceso¹.

¹ Los conceptos que están relacionados en el glosario fueron elaboración propia.

SIGLAS

ANSI	Instituto Nacional Americano de Estándares (American National Standards Institute)
ASTM	Asociación Americana de Ensayo de Materiales (American Society of Testing Materials)
CAR	Corporaciones Autónomas Regionales
CAUE	Costo Anual Uniforme Equivalente
DTF	Depósito a Término Fijo
EPM	Matriz Efecto Medioambiental
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
MDF	Fibropanel de Densidad Media
NFPA	Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (National Fire Protection Association)
NSR	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
NTC	Normas Técnicas Colombianas
QFD	Quality Function Deployment – Despliegue de la función de calidad
TRM	Tasa Representativa del mercado
UNE	Una Norma Española
VPN	Valor Presente Neto

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

INTRODUCCIÓN

La mayoría de incendios que involucran instalaciones, manipulación y procesado de madera y metalmecánica, son inducidos y activados por factores que conllevan los procesos donde se puedan presentar algún tipo energía de activación, esta energía es la suficiente para alcanzar su punto de ignición y generar un incendio. La acumulación de materias primas (maderas), llamas abiertas, origen eléctrico, mezcla de polvo de maderas y aire, son estimulantes para la propagación de incendios.

La finalidad del proyecto es implementar el diseño de una red contra incendios, que permita cubrir las necesidades de protección contra un eventual incendio en las diferentes bodegas de la empresa Solinoff Corp S.A., sugiriéndose una red que considere rociadores automáticos, conexiones de manguera donde se puedan instalar boquillas de aspersion y la implementación de extintores para aquellas zonas donde se generen propagaciones de fuegos especiales como los que generan algunos gases (pintura); con el fin de proporcionar una herramienta eficaz para la mitigación de riesgos latentes en la compañía.

Aprovechando las condiciones climáticas del lugar y la infraestructura física de la planta, se desarrollará el estudio de la precipitación en Funza-Cundinamarca, para el abastecimiento de los tanques de alimentación de la red contra incendios, logrando una implementación de política ambiental para la empresa con el fin de dar un buen uso a los recursos naturales y así dejando un precedente a cada una de las empresas del sector.

La elaboración de este trabajo será fuente de información para otros proyectos de seguridad contra incendios en industrias madereras, debido que se recopilan parámetros y toma de decisiones frente a los riesgos latentes que se generan en estas industrias; como lo es la detección, control y supresión del fuego.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una red contra incendios abastecida por aguas lluvias para la empresa Solinoff Corp S.A. en Funza-Cundinamarca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.** Caracterizar los procesos de la compañía, los tipos de sistemas de redes contra incendios y la precipitación existente en Funza-Cundinamarca, determinando así los parámetros para el diseño de una red contra incendios para la empresa Solinoff Corp S.A.
- 2.** Elaborar diseño conceptual y modo funcional de la red contra incendios para la empresa Solinoff Corp S.A.
- 3.** Elaborar diseño detallado de la red contra incendios abastecida por aguas lluvias para le empresa Solinoff Corp S.A.
- 4.** Elaborar manual de instalación, operación y mantenimiento de la red contra incendios.
- 5.** Realizar análisis de impacto ambiental y financiero del proyecto.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES DEL FUEGO

El fuego ha sido fundamental para la evolución humana por su gran utilidad y contribuciones positivas para su desarrollo, sin embargo, pueden existir consecuencias fatales como lo es, su pérdida de control en los incendios².

Sin duda alguna, la reacción química más empleada a lo largo de la historia es la combustión de la materia orgánica como fuente de energía calorífica y con la presencia de fuego. El fuego es el resultado de una reacción de combustión que se caracteriza por la emisión de calor, acompañada de luz y/o con desprendimiento de humo³. En general para la obtención de fuego es necesaria la actuación de tres factores simultáneos:

1. Combustible: Sustancia química que se oxida y arde.
2. Comburente: Sustancia que proporciona el oxígeno necesario para que arda el combustible.
3. Energía de activación: Es la energía necesaria para que la reacción inicie, normalmente se proporciona en forma de calor.

La actuación de estos tres componentes en las proporciones correctas, ocurre la combustión (reacción exotérmica de una sustancia con la participación de un oxidante⁴), esta reacción emite efluentes acompañados de llamas.

Imagen 1. Tetraedro del fuego



Fuente: elaboración propia, con base en Melisam Extintores, [Consultado el Nov 30,2019] Disponible en: <http://www.extintoresmelisam.com.ar/categoria.php?id=495>

² HITADO ESCUEDRO Pablo Andres, Manual de incendios, parte1, Teoría del fuego, CEIS Guadalajara, 2015. [consultado Nov 1,2019], Disponible en: http://ceis.antiun.net/docus/pdfsonline/m1/M1_Incendios_v6_00_completo/M1-Incendios-v6-00-completo.pdf

³ PRADA PÉREZ DE AZPEITIA, Fernando Ignacio de, et al. El fuego: química y espectáculo. En Anales de la Real Sociedad Española de Química. Real Sociedad Española de Química, 2006. p. 54-59. [consultado Nov 1,2019], Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=808501>

⁴ HITADO ESCUEDRO. Op cit., p120

Las sustancias químicas que se oxidan y arden, como los combustibles contiene la energía de activación dependiendo de su composición y de su estructura molecular; por lo tanto, el poder calorífico de estos combustibles cumple un papel importante, porque a partir de este se puede determinar los niveles de energía del combustible, sus productos de combustión y la energía de activación mínima para generar un riesgo de explosión. Tal es el caso del combustible más relevante en la industria mobiliaria, donde la mayoría de las veces son maderas laminadas.

Cuadro 1. Poder calorífico de sustancias comunes

MATERIAL	Hc [kJ/kg]
Madera	16
Poliuretano	23
Carbón	29
Neumáticos	32
Gasolina	45

Fuente: elaboración propia, con base en Manual de incendios, [Consultado el Nov 30,2019] Disponible en: http://ceis.antiun.net/docus/pdfsonline/m1/M1_Incendios_v6_00_completo/M1-Incendios-v6-00-completo.pdf

1.1.1 Tipología del fuego en incendios Los incendios pueden clasificarse según el tipo de fuego que presenten, estos dependen de su forma de foco, de la naturaleza del combustible y la forma de manifestarse, como:

Clase A: Son los fuegos de materiales sólidos, generalmente de naturaleza orgánica, cuya combustión se realiza normalmente con formación de brasas. Ejemplo: Madera, carbón, tela, papel, cartón, paja, plástico.

Clase B: Son los fuegos producidos a partir de líquidos, sólidos y gaseosos inflamables. Ejemplo: Gasolina, pinturas, lacas, alcoholes.

Clase C: Son los materiales o equipos eléctricos que presentan la característica de estar energizados. Ejemplo: Maquinas, transformadores, motores, cableado.

Clase D: Son los fuegos de metales. Ejemplo: Aluminio en polvo, potasio, sodio, magnesio.

Clase K: Son los fuegos derivados de la utilización de ingredientes como aceites y grasas vegetales o animales.

1.2 COMBUSTIÓN DE MADERA

La combustibilidad de la madera se ve influenciada por propiedades tales como, su humedad, composición, tamaño, presencia del comburente y energía de activación en cantidades necesarias para generar fuego. Donde en partículas de menor tamaño se genera mayor superficie de activación y facilidad para arder. Los procesos de mecanizado, corte y aserrado de maderas, generan residuos tales como el polvo de aserrín; por este motivo los residuos en forma pulverulenta pueden generar una explosión o incendio.

De acuerdo a la norma NFPA 664-2012, establece los requisitos mínimos para la prevención y protección de instalaciones industriales, comerciales o institucionales que procesan madera o fabrican madera, usando madera u otras fibras celulósicas como sustitutos o aditivos de las fibras de madera, y que procesan madera, creando astillas, partículas o polvo de madera. Este estándar es aplicado a las operaciones de madera que ocupen áreas mayores a 465 m²; con el propósito de diseño, operación y mantenimiento de instalaciones de procesamiento y manipulación de madera para la seguridad de la vida, protección de la propiedad y continuidad del trabajo ante un incendio o explosión⁵.

1.3 RIESGOS EN LA INDUSTRIA MADERERA Y METALMECÁNICA QUE GENERAN INCENDIOS

Durante la realización de procesos de metalmecánica se encuentran riesgos presentes, a causa de las características propias de los procesos y materiales usados, dejando así paso a energías de activación producidas por chispas mecánicas, fricción entre cuerpos, corte y soldadura de piezas y superficies calientes. Adicional del manejo de maquinaria, equipos eléctricos, hornos, quemadores, prensas calientes para su desarrollo.

En el caso de la industria maderera los riesgos latentes están concentrados en la acumulación de residuos y producción de chispas o agentes extraños que, por los procesos de seccionado, cepillados, prensado en caliente y mecanizado se puedan generar. De hecho, en todos los procesos de transformación se encuentran máquinas, que su fuente primaria es eléctrica, disipan calor por fricción y corte o en algunos casos generan chispas de soldadura; por ende, es fácil evidenciar el riesgo latente del cual, por una energía de activación proveniente de cableados expuestos, instalaciones eléctricas sin mantenimiento o su simple disposición en el ambiente de trabajo, genere lo único faltante para completar una combustión.

⁵ NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA) 664, Estándar para la prevención de incendios y explosiones en instalaciones de procesamiento y manipulación de maderas- español, ed 2012.

En consecuencia, los sistemas de extracción y la limpieza continua, cumplen un papel fundamental en el proceso de prevención de riesgos laborales; específicamente en la salud de los operadores y riesgos de incendio. Por medio de estos sistemas se busca transportar la mayor cantidad de partículas de maderas, desde el punto de generación hasta un punto de acumulación. Sin embargo, controlar las partículas de polvo de aserrín es una tarea difícil, debido que el tamaño de estos residuos oscila en unidades de micras⁶.

Es decir, causales de incendio, fuentes de calor incontroladas, grande acumulación de residuos por sistemas de extracción, polución en presencia de comburentes y fuentes de ignición.

1.3.1 Antecedentes Incendio consumió fábrica de muebles en Bogotá 30 de octubre de 2000

“Un total de 700 millones en pérdidas dejó el incendio que consumió ayer una fábrica de madera en el sector industrial de Puente Aranda, en el occidente de la ciudad. Según el mayor Jorge Salazar, comandante del Cuerpo de Bomberos de Bogotá, la conflagración se produjo posiblemente por un corto circuito en la Industria de Muebles de Madera (IMA), donde se almacenaba pinturas y thinner.

John Fredy Salzar, el único de los operarios que resultó herido, dijo que todos los muebles que estaban dentro de la fábrica fueron consumidos por las llamas.

La emergencia se presentó a las 9 a.m. y fue controlada dos horas después por 8 máquinas de bomberos y 80 socorristas que lograron también rescatar a 60 operarios y sacar 40 canecas de thinner y 20 más de pinturas.

Los bomberos debieron utilizar equipos de protección especiales para que no resultaran afectados por la alta concentración de solventes.

Ante la posible expansión del incendio, Codensa suspendió el fluido eléctrico en ese sector industrial durante la emergencia.”⁷

⁶ NFPA 664, Estándar para la prevención de incendios y explosiones en instalaciones de procesamiento y manipulación de maderas- español, ed 2012. 78 p.

⁷ Redacción el Tiempo, FUEGO CONSUMIÓ FÁBRICA DE MUEBLES EN BOGOTÁ, 30 de Octubre del 2000 [Consultado el Dic 24,2019] Disponible en: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1263556>

Imagen 2. Incendio



Fuente: elaboración propia, con base en El tiempo. [Consultado el Dic 24,2019] Disponible en: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1263556>

1.4 EXTINCIÓN DEL FUEGO

El proceso de extinción del fuego o de un incendio depende de variables significativas y concisas, de las cuales el agente extinguidor debe cumplir como mínimo, el separar el combustible de la llama o desplazar el comburente del fuego o disminuir periódicamente la temperatura de la combustión o en el mejor de los casos introducir elementos que alteren químicamente la combustión.

1.4.1 Agentes y elementos extintores del fuego productos que por su composición y cualidades son utilizados para la extinción de incendios. El cumplir estas características garantiza que el “Tetraedro del Fuego” ya no tenga un fenómeno progresivo y no permita su propagación en el espacio; el más común es el agua, debido por su disponibilidad y particularmente su economía. Este extinguidor es capaz de ser utilizado en fuegos de clase A, B y C (es primordial el corte de energía principalmente, para fuego tipo C); los efectos que genera el agua en un incendio son:

- Choque: Cuando el fluido tiene las presiones adecuadas corta la base de las llamas.
- Sofocamiento: Durante el proceso de evaporización el agua genera una atmósfera inerte incapaz de reaccionar partículas en cadena y generar fuego.
- Enfriamiento: Absorbe el calor de la combustión.

Al mismo tiempo hoy en día se manejan múltiples configuraciones de agentes extintores, dependiendo del posible fuego en el área de trabajo; dejando así un amplio campo para la exploración de agentes que cumplan con uno o más de estas características, es allí donde la NSR-10 – Título J - Cap. J.4, en la tabla J.4.3-1, se exponen otros sistemas de protección contra incendios y la norma internacional con la que se rigen.

Cuadro 2. Otros sistemas de protección contra incendio requeridos

Tipo de Sistema	Norma
Sistema de espuma de baja expansión	NFPA 11
Sistema de espuma de mediana y alta expansión	NFPA 11 A
Sistema de dióxido de carbono	NFPA 12
Sistema de Halón 1301	NFPA 12 A
Rociadores en viviendas uni y bifamiliares y en casas prefabricadas	NFPA 13 D
Rociadores en ocupaciones residenciales de máximo y que incluyen cuatro pisos de altura	NFPA 13 R
Sistemas de pulverización de agua	NFPA 15
Rociadores de agua-espuma por diluvio, sistemas de pulverización de agua-espuma, sistemas de rociadores de agua-espuma de cabeza cerrada	NFPA 16
Sistemas de extinción de químico seco	NFPA 17
Sistemas de extinción de químico húmedo	NFPA 17 A
Sistemas de niebla de agua	NFPA 750
Sistemas de extinción contra incendio de agente limpio	NFPA 2001

Fuente: NSR-10, título J.4. [Consultado el Ene 11,2020] Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/10titulo-j-nsr-100.pdf>⁸

1.5 RIESGOS DE PROPAGACIÓN DE FUEGO

Realizando un análisis de riesgos latentes dentro de la compañía Solinoff Corp S.A., se puede evidenciar dos tipos de riesgos latentes para la propagación de fuego.

Uno causado a partir de la red eléctrica; tales como instalaciones eléctricas con cables expuestos y cableado colgante, esta red se comunica a través de las 4 bodegas; produciendo una ruta de propagación del fuego por toda la planta. Es evidente el contacto de muchas instalaciones eléctricas con contaminación generada por los procesos de transformación de la madera.

El otro riesgo latente y el foco más importante localizado, es la evidencia acumulación de material residual de los procesos de transformación de la madera, teniendo en cuenta la propiedad abrasiva que posee la madera y sus derivados, los contactos con herramientas de corte pueden generar chispas por sobrecalentamientos o cuerpos extraños, estos cuerpos pueden viajar a través de los conductos de aspiración y tener contacto con las bolsas de acumulación situadas en los extractores generando así un posible conato de incendio.

⁸ Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 - título J: Requisitos de Protección Contra Incendio en Edificaciones, Tabla J.4.3-1. 2010.187 p. . [Consultado el Ene 11,2020] Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/10titulo-j-nsr-100.pdf>

1.6 RED CONTRA INCENDIOS

Es la instalación de tuberías interconectadas, que hacen parte del conjunto de medidas preventivas existentes y eficaces al momento de presentarse un incendio en masa; sistemas que pueden estar en base de múltiples agentes extintores. Donde en este trabaja una red contra incendios característica por la distribución de la compañía Solinoff Corp S.A. y acumulación de materias primas, que generan fuegos de tipo A, B y C. No obstante se encuentran sistemas de supresión en diferentes categorías y tipos.

1.6.1 Sistema de extinción de tubería húmeda sistema de tubería interconectadas en conjunto de aspersores o conocidos comúnmente como Sprinklers, esta red hidráulica permanece en todo momento inundada de agua, para que al momento de ser accionada las boquillas de aspersión la red descargue el fluido en la zona de cobertura del rociador.

1.6.2 Sistema de extinción de diluvio sistema donde la configuración es similar al de tubería húmeda; sin embargo, la red permanece con el flujo de agua controlado, debido que las boquillas de aspersión están abiertas y el control de esto se debe al simple manejo de válvulas de paso, al momento de ser abiertas el fluido pasara a través de toda la red y todos los aspersores.

1.6.3 Sistema de extinción de tubería seca sistema donde la tubería se encuentra totalmente seca y presurizada con aire o preferiblemente con nitrógeno (debido por los agentes corrosivos en presencia del oxígeno y el acero); al momento de que las boquillas de aspersión se accionan y se genera una pérdida de presión ocasionada por el escape de aire, las bombas de circulación impulsan el agua y la direccionan a través de toda la red llegando al punto de conflagración.

1.6.4 Sistema de extinción de pre-acción este sistema consta del conjunto de una red con distribución de tubería seca y sistemas de detección de incendios, no obstante, es necesario la implementación de válvulas presurizadas de aire. El sistema funciona siempre y cuando los instrumentos de detección manden la señal a las válvulas presurizadas de aire, para que estas se despresuricen y permitan el flujo continuo a toda la red.

1.6.5 Sistema de extinción con agua nebulizada en las últimas décadas se ha venido trabajando en la implementación de agua nebulizada como base de la red contra incendios, introducida por la aviación militar y aplicaciones marinas en los EE. UU, desde los años de 1930; basa de una combinación de agua nebulizada y un gas inerte para lograr la extinción de fase gaseosa, según test realizados por la NFPA en el código 750 Standard on wáter mist fire protection systems determinaron

que la extinción del fuego con este sistemas lleva un tiempo mucho menor que con agua convencional, evitando así el deterioro de activos de la compañía entre otros⁹.

1.7 **NORMATIVIDAD**

La parametrización del diseño e implementación de las redes contra incendio en Colombia se encuentran bajo la normativa presentada en los códigos internaciones de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) y sus adaptaciones en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10).

1.7.1 Nfpa la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego NFPA por sus siglas en inglés, es una asociación sin fines de lucro con reconocimiento a nivel mundial que se dedica a desarrollar códigos y normas de protección contra incendios y seguridad humana, brindar datos técnicos sobre el problema del fuego y los incendios, así como consejos para la prevención y protección de los mismos.

La NFPA fundada en 1896 y con sede actualmente en la ciudad de Quincy, Massachusetts, está integrada, entre otros, por profesionales representantes de departamentos de bomberos, compañías de seguros, asociaciones y organizaciones comerciales que tienen como principal objetivo salvaguardar el medio ambiente, la vida de las personas y sus inmuebles.¹⁰

Esta asociación, por medio de más de un centenar de códigos, se ha convertido de gran apoyo para la mitigación de riesgos de incendios a nivel internacional, permitiendo que, en diferentes países, sus reglamentaciones nacionales se adapten a este estándar.

La normatividad cuenta con códigos que generalizan los parámetros básicos de diseño de una red contra incendios, sin embargo, el constante avance científico y tecnológico ha permitido que se desarrollen nuevos componentes físicos y técnicos, lo cual los lleva a realizar actualizaciones constantes. Por otra parte, busca por medio de sus códigos, ajustar la necesidad de la red contra incendios de acuerdo a los posibles riesgos que generan previos antecedentes.

⁹ Raia, P., Gollner, M. J., & Park, O. B. Literature review on hybrid fire suppression systems. Fire Protection Research Foundation. 2014.[Consultado el Ene 15,2020]. Disponible en: <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Data-research-and-tools/Suppression/Literature-Review-on-Hybrid-Fire-Suppression-Systems>

¹⁰NFPA JOURNAL LATINOAMERICANO, Como saber el significado de NFPA y sus antecedentes, 6 Octubre 2014. [Consultado el Ene 15,2020]. Disponible en: <https://www.nfpajla.org/blog/527-como-saber-el-significado-de-nfpa-y-sus-antecedentes>

1.7.1.1 Sistema de extintores portátiles (nfpa 10) los requisitos de esta norma aplican para la selección, instalación, inspección, mantenimiento y prueba de equipos extintores portátiles. La norma define los extintores portátiles como un medio primario de defensa para controlar incendios de tamaño limitado.¹¹

Los extintores portátiles se caracterizan por ser elementos que poseen un accionamiento manual que puede ser direccionado y proyectado a un foco de conato de incendio, por medio de un agente extintor que mitigara la propagación de este a pequeña escala. Otro aspecto importante, es la manutención de estos elementos, ya que deben contar con revisiones periódicas para garantizar su óptimo funcionamiento al momento de una emergencia.

Para realizar la selección del tipo de extintor apropiado es necesario realizar una caracterización de los tipos de extintores actualmente comercializados y los tipos de fuego que pueden apagar.

Cuadro 3. Tipos de extintores

TIPO DE EXTINTOR	TIPO DE FUEGO	RESTRICCIONES
Agua	A	No se puede aplicar en presencia de electricidad
Agua Pulverizada	A, B	No se puede aplicar en presencia de electricidad
Espuma	A, B	No se puede aplicar en presencia de electricidad
Polvo	A,B,C	Se puede aplicar en presencia de electricidad
Polvo o Dióxido de Carbono CO2	A,B,C	Se puede aplicar en presencia de electricidad – Puede generar afectaciones a la zona después de sofocar el incendio

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 10. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 77 p. [Consultado el Ene 10,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=10>.

1.7.1.2 Sistema de rociadores (nfpa 13) la norma NFPA 13 es la norma aplicable a sistemas de suministro de agua, accesorios, rociadores, tuberías, válvulas que correspondan a la instalación de una red contra incendios. Los rociadores automáticos son dispositivos para distribuir automáticamente agua sobre un fuego,

¹¹ NFPA 10 Norma para extintores portátiles contra incendios NFPA 10. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2018. 90 p capítulo 3.4.3 2018

en cantidad suficiente para dominarlos. El agua llega a los rociadores a través de un sistema de tuberías, generalmente suspendidas del techo; los rociadores están situados a determinada distancia a lo largo de ellas.¹²El propósito de esta norma es proveer un grado razonable de protección contra incendios para la vida y las propiedades a través de la normalización del diseño, requisitos de instalación y diseño de rociadores.¹³

Cuadro 4. Parámetros generales para selección de rociadores

PARÁMETROS GENERALES PARA SELECCIÓN DE ROCIADORES
Selección de densidad y área de aplicación
Geometría del área de aplicación
Rango de presión permitido en rociadores
Determinación de suministro de agua disponible
Tamaño de sistema de los rociadores

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. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

Para la determinación de la demanda de agua de los rociadores existen dos métodos estipulados en la norma NFPA 13, cap 19.3.3.

Cuadro 5. Métodos de selección de rociadores

MÉTODOS	CARACTERÍSTICA
Densidad / Área	Permite definir el abastecimiento de agua para el área que demande la mayor cantidad de acuerdo al riesgo; se determina a través de las curvas de densidad de área que relacionan variables tales como caudal, riesgo del área y área.

¹² BOTTA, Néstor Adolfo. Sistemas fijos de protección en base a rociadores. Sistemas Fijos de Protección en Base a Rociadores, 5 p .2011. [Consultado el Feb 15] Disponible en : https://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieredincendio/37_Sistemas_Fijos_Proteccion_Rociadores_1a_edicion_Julio2011.pdf

¹³ NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p capítulo 1.2.1 [Consultado el Feb 15] Disponible en : <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>

Cuadro 5.(continuación)

Cuarto más alejado	Se determina el cuarto o área más alejado del sistema abastecimiento de agua, se determina la presión máxima necesaria para el funcionamiento de los rociadores en este punto
--------------------	---

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 Ene 15,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

1.7.1.3 Sistema de gabinetes, tuberías y mangueras (nfpa 14) la norma NFPA 14 abarca los requisitos mínimos de instalación aplicables a sistemas de tubería verticales (montes o verticales) y mangueras.

Se determinan los diferentes tipos de tubería vertical y las condiciones de operación que deben tener en función del cuerpo de bomberos y el personal capacitado de las edificaciones.

Cuadro 6. Parámetros generales para diseño de tuberías montantes y mangueras

PARÁMETROS GENERALES
Altura del edificio
Clasificación de la ocupación en área por piso
Tasa de flujo y presión residual requerida
Distancia de la conexión de la manguera y el suministro de agua

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 14. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 67 p. [Consultado el Ene 20,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=14>

Tubería o montante: La tubería del sistema que descarga el suministro de agua para las conexiones para manguera, y para rociadores en sistema combinados, verticalmente de piso a piso.¹⁴

¹⁴ NFPA 14 Norma para la Instalación de Sistemas Montantes y Mangueras. NFPA 14. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 78 p Cap. 3.3.19 2019[Consultado el Ene 20,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=14>

Sistema combinado: Un sistema de montantes que abastece tanto a conexiones para mangueras como a rociadores automáticos.¹⁵

Gabinete: Es un sistema de equipamiento de protección contra incendios que cuenta con manguera y otras herramientas para el momento que ocurra un incendio. Dentro del gabinete, las conexiones de manguera deben estar ubicados de manera que hayan al menos 2” entre cualquier parte del gabinete¹⁶

Cuadro 7. Pasos para selección tubería montante y mangueras

PASOS	ACCIÓN
1	Determinar tipos de sistema de tubería vertical
2	Determinar caudal correspondiente al tipo de sistema

Fuente: elaboración propia

Para la clasificación de los tipos de sistema de tubería se remite a la norma la norma NFPA 14, cap 3.3.33.1

Cuadro 8. Clases de mangueras

CLASE	CARACTERÍSTICA
1	Mangueras de 2"1/2 (65mm) para suministro de agua. Uso bomberos
2	Mangueras de 1"1/2 (40mm) para suministro de agua. Uso personal entrenado y bomberos
3	Mangueras de 1"1/2 (40mm) para suministro de agua. Uso personal entrenado. Manguera de 2" 1/2 (65mm) para suministro de agua personal de bomberos

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 14. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 67 p. [Consultado el Ene 21,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=14>

Las limitaciones de diseño están definidas en el capítulo 7 de la norma en mención.

1.7.1.4 Sistemas de gabinetes contra incendios para líquidos inflamables (nfpa 30) Según la Norma NFPA 30 los líquidos inflamables se definen como sustancias en estado líquido que presentan un punto de inflamación por debajo de los 37.8 °C

¹⁵ Ibid., p 50.

¹⁶ Ibid., p. 56

y líquido combustible por encima de los 37.8 °C¹⁷. Para la selección e implementación de gabinetes se debe remitir a la norma NFPA 30.

1.7.2 Nsr-10 el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR), es un documento avalado por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, que permite seguir lineamientos mínimos ante el diseño y la construcción de edificaciones sismo resistentes en el país. A pesar de que tiene más de 30 años de existencia, esta fue instaurada dentro de la normatividad Colombia a partir del año 2010 y continúa teniendo actualizaciones constantes.

El reglamento está dividido temáticamente en 11 títulos diferentes (A hasta K), en los cuales los 9 primeros están relacionados directamente con la construcción estructural de las edificaciones y los 2 últimos (J y K) con la protección contra incendios y complementarios.

El NSR-10 adapta y comprarte su normatividad a los parámetros de diseños internacionales expuestos por la NFPA

1.7.3 Nsr-10 título J Corresponde a los requisitos de protección contra incendios en edificaciones, el cual basa su propósito y alcance de los requisitos mínimos de protección, en base a las siguientes premisas.

- a) Reducir en todo lo posible el riesgo de incendios en edificaciones.
- b) Evitar la propagación del fuego tanto dentro de las edificaciones como hacia estructuras aledañas.
- c) Facilitar las tareas de evacuación de los ocupantes de las edificaciones en caso de incendio.
- d) Facilitar el proceso de extinción de incendios en las edificaciones.
- e) Minimizar el riesgo de colapso de la estructura durante las labores de evacuación y extinción¹⁸.

Para realizar la correcta aplicación de los requisitos se hace necesario clasificar las edificaciones en estudio a partir de grupos de ocupación, tipos de almacenamiento, tipo de materiales presentes, estructura física, cantidad de vidas humanas presentes. Los parámetros anteriores permiten, seguir la normatividad correspondiente a cada tipo de edificación, para así determinar los requisitos

¹⁷ NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code, Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2018. 167 p, Cap 3.3.33, 2018.[Consultado el Abr 15,2020]. Disponible en: <https://nfpa.org/Codes-and-Standards/All-Codes-and-Standards/List-of-Codes-and-Standards>

¹⁸ NSR10 - título J: Requisitos de Protección Contra Incendio en Edificaciones, J.1.1.1, 2010 [Consultado el Ene 20,2020] Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/10titulo-j-nsr-100.pdf>

mínimos de diseño (tipo de red, rociadores, hidrantes, muros corta fuegos y sistema de alarma) que deben cumplir las redes contra incendio de acuerdo a la normativa colombiana.

1.7.3.1 Sistema de alarma (nfpa 72 – nsr-10) el mitigar los efectos de una propagación del fuego es importante; no obstante, la detección temprana de un incendio es la manera más eficaz de garantizar la extinción del mismo, para esto es relevante remitirnos al Reglamento NSR-10 – Título J- Cap 4, en la tabla j.4.2-1, con el fin de determinar los tipos de detectores y la ubicación pertinente según lo estipulado en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.

Cuadro 9. Instalación de detectores de acuerdo con el grupo de ocupación.

Grupo	Subgrupo	Condición	Tipo de detector	Ubicación
R	R-2	Para edificios de mas de 7 pisos	Automáticos de humo y alarma sonora	<ul style="list-style-type: none"> • Pasillos, escaleras y espacios comunes de circulación. • Espacios residenciales para la cocina. • Zonas de almacenamiento cuya superficie total sea mayor de 50 m² • Zonas comunes tales como salas de reunión, de juegos, de deportes etc.
	R-3	Para edificios de mas de 5 pisos		
I	I-2	En cualquier caso	Automáticos de humo y alarma sonora	<ul style="list-style-type: none"> • Se ubicará pulsadores manuales de alarma de incendio en los pasillos, zonas de circulación y en las diferentes dependencias del hospital. • En las zonas de hospitalización
C, I, A	C-1	Zonas de alto riesgo	Térmicos y/o de humo y alarma sonora	<ul style="list-style-type: none"> • Se ubicarán pulsadores manuales de alarma de incendios y repartidos adecuadamente.
	C-2			
	I-4			
	I-5			
	A-1			
I, L	A-2	Si la superficie total construida es mayor de 5.000 m ² ó más de tres (3) pisos	Térmicos y/o de humo y alarma sonora	<ul style="list-style-type: none"> • Se dispondrán pulsadores manuales en el interior de los locales de edificaciones clasificadas en las categorías de riesgo I y II. • No será necesario la utilización de detectores térmicos o de humo cuando exista una instalación de rociadores automáticos de agua.
	I-3			
	L-1			
	L-2			
	L-3			
L-4				
L-5				

Fuente: NSR10 - título J: Requisitos de Protección Contra Incendio en Edificaciones, Tabla J.4.2-1. [Consultado el Ene 20,2020] Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/10titulo-j-nsr-100.pdf>

Como consecuencia la clasificación del establecimiento, es el primer paso que abre el campo de las diversas soluciones, de la mano de las normas y lineamientos establecidos por las NTC y NFPA; con el fin de mitigar los efectos de un eventual incendio, garantizando que se salvaguarden las vidas humanas y los activos de la edificación, empresa, etc.

1.7.4 Nsr-10 título k corresponde a los requisitos complementarios especificaciones arquitectónicas relacionadas a la seguridad y preservación de la vida de los ocupantes y usuarios de las edificaciones cubiertas.

Este capítulo determina el grado de riesgo de las edificaciones de acuerdo a su clasificación por grupos y subgrupos de ocupación, requisitos para zonas comunes, de este modo se determinan los requisitos de diseño en relación a planes de evacuación (rutas y número de salidas), sistema de alarmas (iluminación e información) y planos.

De forma resumida, este capítulo brinda la información, a tener en cuenta en cualquier diseño estructural, la importancia de definir planes de prevención enfocados directamente en la preservación de la vida.

1.8 GENERALIDADES CAPTACIÓN AGUAS LLUVIAS

Las aguas lluvias son un recurso natural proveniente del ciclo de evaporación del agua en la tierra, una alternativa con gran potencial para aprovechar este recurso en la aplicación de actividades como riego, lavado, abastecimiento o inclusive consumo humano es la captación. Para su recolecta sólo se requiere de un sistema de captación el cual tiene ciertas ventajas como: un ahorro de energía, ya que se evita todo el proceso de extracción, sistema de distribución y bombeo para su transporte al área de suministro y el tratamiento requerido para garantizar la calidad adecuada para el consumo humano, es relativamente barato. Una desventaja es que la disponibilidad de agua se limita a las temporadas de precipitación altas y varía para cada región del país, además depende del tamaño del área de captación y del tamaño de cisterna de la edificación en caso de ya estar implementada¹⁹.

Los sistemas de captación de aguas lluvias se fundamentan en la recolección y almacenamiento por medio de techos o superficies, que posteriormente, por medio de canaletas, tubería hidráulica, filtros y tanques de almacenamiento se puedan contener.

Aprovechando las condiciones climáticas del lugar y las estructuras físicas de la planta de Solinoff Corp S.A., se puede caracterizar la precipitación en Funza-Cundinamarca (agua lluvia), para el abastecimiento del tanque de alimentación de la red contra incendios húmeda dentro de los periodos óptimos de recolección.

1.8.1 Propiedades agua lluvia la importancia del agua en procesos metabólicos de la naturaleza hace de esta un recurso vital para el bienestar y equilibrio de los ecosistemas, la potabilización de agua permite la eliminación de bacterias y microorganismos que se encuentran dentro de esta. La calidad del agua lluvia es un factor que se ve directamente afectado por condiciones de medio ambiente y recolección.

Su composición permite que sea manipulable en los diferentes estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) a temperaturas ordinarias, esta sustancia tiene una gran capacidad para absorber el calor y fácil movilidad para su transporte. Esta es

¹⁹ROJAS-VALENCIA, María Neftalí; GALLARDO-BOLAÑOS, José Roberto; MARTÍNEZ-COTO, Alberto. Implementación y caracterización de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 2012, vol. 15, no 1, p. 16-23. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revespciequibio/cqb-2012/cqb121b.pdf>

considerada como un fenómeno atmosférico que se inicia con la condensación de vapor de agua en las nubes. A pesar que tiene gran similitud con el agua potable, su principal diferencia radica en el medio ambiente expuesto, ya que por el contacto que se genera en su estado gaseoso con dióxido de carbono y otro tipo de gases, produce un aumento de su acidez (pH), sin embargo, esto no la hace peligrosa.

El agua de lluvia pura es difícil de encontrar, debido a que el nivel de contaminación es dependiente de los componentes presentes en la atmósfera local, debido a que allí, habitualmente se concentran partículas, microorganismos, metales pesados y sustancias orgánicas, los cuales se precipitan inmersos en las gotas de lluvia. Lo anterior, sumado a la acumulación de contaminantes en las zonas de captación que son lavados durante los eventos de lluvia y a la gama de materiales constitutivos como infraestructura de aprovechamiento o drenaje, permiten justificar por qué, la calidad del agua lluvia es tan variable. Esta característica se hace mucho más crítica en las ciudades que en zonas rurales debido a la concentración de industrias y procesos productivos²⁰

La utilización de aguas lluvias recolectadas tiene aplicaciones de lavado de suelos, de riego, de uso sanitario. Sin embargo, la norma UNE-EN 16941-1 excluye de su objeto y campo de aplicación el uso como agua potable y para preparación de comida; uso para higiene personal; atenuación descentralizada e infiltración.²¹ La cantidad de agua disponible en una determinada región depende básicamente del régimen de precipitación incidente²², esta se mide en mm/m² y se mide a través de un pluviómetro, esto brinda información del comportamiento de una región en específica. Su equivalencia es que por cada mm de altura de agua lluvia captada en una superficie que componga 1m², de forma ideal es de 1L de agua. Otras condiciones que afectan en la generación de lluvia de una región son la temperatura, humedad y presión atmosférica.

²⁰COOMBES, Peter J.; ARGUE, John R.; KUCZERA, George. Figtree Place: a case study in water sensitive urban development (WSUD). *Urban Water*, 2000, vol. 1, no 4, p. 335-343. [Consultado el Jun 19,202] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/222691044_Figtree_Place_A_Case_Study_in_Water_Sensitive_Urban_Development_WSUD

²¹UNE-EN 16941-1:2019, Sistemas in situ de agua no potable. Parte 1: Sistemas para la utilización de agua de lluvia [Consultado el Ene 19,2020] Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0061518>

²² FAO, F. A. Captación y almacenamiento de agua de lluvia, Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe, Cap 6 Precipitación Aprovechable, FAO y FIAT, Chile, 2013. [Consultado el Jun 18,2020] Disponible en:

http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_lluvia.pdf

1.8.2 Sistema de captación de aguas lluvias el abastecimiento de agua potable y su correcto uso es un tema de gran relevancia en aspectos sociales y ambientales de las poblaciones; al ser un recurso indispensable para el bienestar humano y del medio ambiente, se hace necesario comprender la aplicación y propiedades que debe poseer. Como fue nombrado anteriormente, el agua lluvia captada solo puede ser apta para consumo si es tratada y potabilizada para la eliminación de microorganismos que pueden afectar la salud, sin embargo, no existe restricción para otro tipo de aplicaciones del agua lluvia. El problema de abastecimiento en las zonas rurales incide en que no poseen en su totalidad un sistema de acueducto que les permita acceder al agua potable de forma fácil y económica, otro problema de tipo social es la contaminación generada que afecta notoriamente el medio ambiente.

Los sistemas de captación de agua lluvia no han sido lo suficientemente desarrollados en Colombia; sin embargo, sus estudios han aumentado en los últimos años con el fin de dar una solución a los problemas de abastecimiento en las zonas rurales, en especial a las que se encuentran más alejadas del casco urbano o en aquellas que sus condiciones geográficas dificultan el desarrollo de un sistema de acueducto.

El Estudio Nacional del Agua –ENA- realizado por el IDEAM presenta el cálculo de la relación demanda oferta de agua para el año 2000, y proyecciones para los años 2015 y 2025, las cuales indican que el 50% de la población de las áreas urbanas municipales estarían en alto riesgo de desabastecimiento, con condiciones hidrológicas medias. Si las condiciones hidrológicas son de año seco las proyecciones indican que el 80% de la población de las cabeceras municipales estarían en alto riesgo desabastecimiento²³. Como técnica de captación y aprovechamiento de agua de lluvia se entiende la práctica (obra o procedimiento técnico) capaz de, individualmente o combinadas con otras, aumentar la disponibilidad de agua en la finca, para uso doméstico, animal o vegetal. Por lo general, son técnicas mejoradas de manejo de suelos y agua, de manejo de cultivos y animales, así como la construcción y manejo de obras hidráulicas que permiten captar, derivar, conducir, almacenar y/o distribuir el agua de lluvia.²⁴ Los sistemas

²³SUÁREZ, J.; GARCÍA, M.; MOSQUERA, R. Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. VI SEREA. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua João Pessoa (Brasil), 2006, vol. 5. [consultado el Feb 15, 2020] Disponible en: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>

²⁴ FAO, F. A. Captación y almacenamiento de agua de lluvia, Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Op cit., p120

de captación de agua basan su principio de funcionamiento en 3 componentes (captación, conducción y almacenamiento), en consecuencia, estos componentes pueden ser modificados y ajustados de acuerdo a la finalidad que se le va a dar al agua captada.

Imagen 3. Técnicas de captación de agua



Fuente: Sistema de captación de agua pluvial en techos. Fuente: Guía de diseño para captación de agua lluvia CEPIS, 2004. [Consultado el Ene 23,2020] Disponible en: <https://www.camacolantioquia.org.co/2018/TECNICO/GuiasDeConstruccion/Fichas/4.3.3..pdf>

1.8.2.1 Captación comprende el área superficial destinada a la recolección del agua lluvia, está en su mayoría es realizada a través de cubiertas o techos que cumplan con características de desnivel de más de 5%. En su mayoría se utilizan techos o cubiertas de edificaciones. La captación de agua estará definida por la precipitación presentada sobre dicha superficie y su capacidad de escurrimiento hacia el sistema de conducción. Otro factor importante es los materiales en los que estén fabricados dichas áreas, ya que pueden contaminar o cambiar las propiedades del agua recolectada.

1.8.2.2 Conducción el sistema de conducción es el encargado del transportar el agua captada hasta un tanque de almacenamiento, este se inicia con la correcta ubicación de uno o varios puntos de drenaje con el fin de asegurar que el agua captada pueda fluir.

Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua.²⁵

²⁵ SASTOQUE, Correa; HASLEY, Angie. Diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de aguas lluvias como alternativa de ahorro de agua potable en la

Como su nombre lo indica, conduce por diferencia de gravedad el agua captada desde la superficie impermeabilizada hasta la cisterna de acumulación. Puede incluirse un sistema de decantación de sedimentos con el objetivo de almacenar agua más limpia. En este sentido, existen métodos artesanales simples, como colocar en la boca del tubo conductor una rejilla plástica, que filtra e impide la entrada de sedimentos al estanque acumulador ²⁶

1.8.2.3 Filtrado e interceptor de primeras aguas con el fin de garantizar que el fluido recolectado no genere una amenaza en los equipos de bombeo debido a su contaminación (atmosférica y de contacto), se realiza un proceso de filtrado previo al almacenamiento del taque principal; para que se separe de sus sedimentos y partículas. Dentro de las propiedades del agua lluvia al momento de la recolección se puede garantizar un Ph entre 5-6 NO3 mg/L; sin embargo, en el transporte del fluido se ganan contaminantes los cuales son separados por filtros mecánicos y químicos garantizando que se disminuyan estos componentes y no generen reacciones con las bombas.

La acumulación de aguas lluvias puede ser utilizada como reservorios de los tanques principales en redes contra incendios, garantizando que se cumplan todos los estatutos y requerimientos según el título J de la NSR-10²⁷.

1.8.2.4 Almacenamiento comprende del componente volumétrico de un sistema de captación, desarrollado para ser almacenado durante un periodo, en este punto finaliza la tubería o canales de transporte. Es importante la correcta selección de la capacidad del tanque, debido que esto varía según su aplicación; no obstante, es importante el predeterminar el estudio de frecuencia de precipitación para el abastecimiento del mismo.

Universidad Libre de Colombia, sede Bosque Popular, bloque P y cafetería. 2014.[Consultado el Feb 22] Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11231>

²⁶ Pizarro, Roberto, Manual de diseño y construcción de captación de agua lluvia en sistemas rurales de Chile, Programa hidrológico internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe, Documento técnico No 36, 2013. [Consultado el Mar 10, 2020] Disponible en : <http://ctha.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/Manual%20Scalls%20Unesco%202015.pdf>

²⁷ CAMACOL ANTIOQUIA, captación y uso de aguas lluvias, Cámara Colombiana de Construcción en Antioquia, 2018.

1.9 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Solinoff Corp S.A. es una empresa colombiana del sector industrial mobiliario que brinda soluciones integrales para adecuación de espacios de amoblamiento; cuenta una planta de producción 15.000 m² distribuida en cuatro bodegas, ubicada en el parque industrial Galicia en Funza-Cundinamarca, una locación administrativa llamada “Casa Solinoff” ubicada en la ciudad de Bogotá y diferentes centros de atención a clientes llamados “Showrooms” en ciudades como Medellín y Barranquilla. Su participación suma más de 30 años en el mercado institucional, financiero, público, corporativo y de la salud.

Su principal actividad económica y con la cual nació la empresa ha sido la fabricación de mobiliario para oficinas de trabajo entre los cuales se destacan los muebles, sillas y archivadores. A partir de 2010 realiza un enfoque hacia el diseño de espacios, siendo considerada como una de las empresas pioneras y líder en arquitectura corporativa en Colombia, de este modo abrieron su portafolio al desarrollo de proyectos que se ajustaran a la necesidad y requerimientos de los clientes, ofreciendo productos de calidad, hechos a la medida y brindando experiencias únicas que permitan la comodidad y ergonomía para el desarrollo de las actividades rutinarias de cada sector. Su base de desarrollo e innovación está bajo los departamentos de arquitectura, diseño e ingeniería. Actualmente cuenta con alianzas estratégicas nacionales e internacionales para soluciones acústicas, arquitectónicas, mobiliaria y suministro de materias primas.

Para el desarrollo y fabricación de sus productos y servicios está conformada por diferentes líneas de producción con un equipo humano de más de 400 colaboradores y gran variedad de maquinaria para procesos de metalmecánica, transformación de la madera y procesos de adecuación de obras.

Las materias primas utilizadas como base para la fabricación de sus productos son las maderas industrializadas (tableros) y acero (láminas y tubería). Dentro de sus líneas de producción enfocadas a la madera se encuentra el área de carpintería, laminados (mecanizado, seccionado, enchapado, prensado) y tapicería. Para los metales cuenta con línea de troquelado, corte laser, fresado, torneado, taladrado, punzonado, soldadura y pulido. Adicional cuenta con áreas de pintura, pre ensamble y ensamble, calidad, alistamiento, almacenamiento y logística y mantenimiento.

La empresa tiene en sus diferentes etapas producción herramienta y maquinaria eléctrica y neumática, lo que la hace tener una red de aire comprimido. Adicional cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales para el manejo de las aguas contaminadas que se generan en sus procesos. Para destacar, dentro de sus políticas ambientales, en el 2018 fue otorgado por parte de la CAR (Corporación Autónoma Regional) el reconocimiento a empresas sostenibles RACES en la categoría empresas con potencial, por la implementación de un proyecto producción más limpia.

La compañía se encuentra con riesgos latentes como es la generación de incendios y su fácil propagación del fuego, a causa de los procesos de transformación, residuos y acumulación de las materias primas (adicional de los riesgos directos e indirectos presentes en las instalaciones eléctricas de la planta). Actualmente la empresa no posee un sistema de prevención eficaz que permita mitigar los efectos de un eventual incendio en masa, debido a que las protecciones actuales se limitan a extintores móviles y portátiles tipo ABC. Tampoco cuenta con protocolos de alarma ni planes de contingencia.

Por otro lado, la aseguradora recomendó a Solinoff Corp S.A. como herramienta de apoyo para la administración de riesgos, definir un proyecto de protección contra incendio que permita cubrir las necesidades de protección contra un eventual incendio de las diferentes bodegas, sugiriéndose una red que considere rociadores automáticos y conexiones de manguera donde se puedan instalar boquillas de aspersión.

La planta de producción posee una infraestructura bastante amplia en relación a la altura total de la bodega y la altura de maquinaria a primer nivel, también una gran extensión de área superficial de cubierta tipo dos aguas o pico por cada una de las bodegas, todas estas conectadas a sistemas de ducto de drenaje directo al alcantarillado, la cual es un aspecto favorable para la recolección de aguas lluvias.

Solinoff Corp S.A. continúa en un crecimiento progresivo, acoplando sus procesos productivos a las nuevas tecnologías, innovando en diseño de productos y brindando experiencias únicas, hoy en día aplica estrategias de mercadeo que incluyen venta y renta de productos.

1.10 MADERAS INDUSTRIALIZADAS

Una de las materias primas utilizadas en la empresa Solinoff Corp S.A. hace parte de las maderas industrializadas de segunda transformación en las que se resalta los tableros de aglomerados y contrachapados. Un tablero o panel es un producto forestal, es decir, un elemento que se obtiene de la madera mediante algún proceso industrial y se presenta en forma de hojas, las cuales están constituidas por chapas, partículas o fibras. Estos tableros se fabrican con partículas de madera como son las hojuelas, astillas y viruta, las cuales se combinan con resinas sintéticas u otro tipo de adhesivo; la mezcla formada se coloca entre planchas (moldes) a temperaturas altas para prensarla y aumentar la densidad del producto.

El objetivo de la fabricación de este tipo de tableros es lograr un producto que tenga características físicas semejantes o superiores a las de piezas de madera maciza y

tableros contrachapados, aunque no de igual densidad.²⁸ Este tipo de madera se considerada de “consumidor final” ya que sus propiedades son previamente controladas por un pre-proceso que permite la adaptación a las especificaciones técnicas de diseño del producto final, como lo realiza para la empresa Solinoff Corp S.A. en la fabricación de mobiliario.

Los procesos que permiten la transformación y ensamble de los tableros dentro de la compañía maderera se conforman de los siguientes procesos:

- Cepillado: Proceso en el cual se rectifican las todas las caras de un tablero.
- Seccionado: Proceso en el cual se realiza el dimensionamiento de los tableros de madera.
- Mecanizado: Proceso en el cual se realiza eliminación de materia sobrante de forma controlada para dar formas y detalles.

Factores estéticos y económicos, son relevantes en el uso de laminados en la industria de fabricación de muebles, ya que ofrece propiedades que permiten una mayor capacidad de transformación frente a la madera convencional, semejanza en apariencia, se puede producir para satisfacer los requerimientos técnicos de productos individuales.

1.11 TIPOS DE TABLEROS

En lo que se refiere a la clasificación de los tableros de partículas, ésta se ha hecho complicada debido a la diversidad del tipo de industria y al rápido desarrollo de la misma. Entre las principales formas de clasificación pueden citarse las siguientes:

- Por geometría y tamaño de las partículas.
- Por el tamaño de las partículas en las superficies y el centro.
- Por la densidad del tablero.
- Por el tipo de adhesivo.
- Por el método de fabricación.²⁹

MDF (Medium Density Fiberboard): Es un tipo de tablero fabricado a partir de la unión de fibras de madera sin contenido de lignina y una resina por medio de prensado, tiene la capacidad de comportarse como madera maciza ya que al estar formado por fibras diminutas (polvo de aserrín) genera una mayor uniformidad y cohesión. Comercialmente su precio es más elevado que los demás tipos de

²⁸ MARTÍN, Mario H. Chan, et al. Tableros de madera de partículas. Ingeniería, 2004, vol. 8, no 3, p. 39-46.[Consultado el Mar 15,2020] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46780304.pdf>

²⁹ MARTÍN, Mario H. Chan, et al. Tableros de madera de partículas. Ingeniería, 2004, vol. 8, no 3, p. 39-46. .[Consultado el Mar 15,2020] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46780304.pdf>

tableros de madera por la complejidad de su producción. Al ser un tablero procesado a partir de fibras tan diminutas, su peso en placas de igual espesor a otros tipos de tablero es mayor. Otra característica importante es la porosidad, ya que resulta beneficiosa para los procesos de pintura.

Aglomerado: Es un tipo de tablero fabricado a partir de la unión de dos capas de fibras de madera finas (polvo de aserrín o virutas de pequeño tamaño) y una capa de virutas de mayor tamaño, esto la caracteriza por tener un buen acabado exterior y en su capa interior una densidad diferente a la superficial. Al no presentar una uniformidad de densidad a lo largo de sus dimensiones, limita sus aplicaciones en la fabricación de productos por su baja maleabilidad. Su porosidad es bastante alta, dificultando los procesos de pintura.

Triplex: Son tableros formados a partir de láminas de madera maciza de pequeños espesores y resinas, que permiten la unión de sus diferentes capas mantenimiento direcciones que formen ángulos rectos entre sí. Una de sus principales ventajas es su resistencia por su formación estructural, lo que le permite estar sobre los demás tipos de maderas laminadas. Otra característica que resalta en el Triplex es la capacidad de mantener una estética más acercada a la madera ya que conserva siluetas propias de la madera sin procesar en las capas exteriores.

Para el desarrollo de los procesos nombrados anteriormente, la empresa cuenta con algunas máquinas convencionales y otras con control numérico CNC. La automatización de equipos permite el control de variables en los procesos iniciales del producto lo cual da paso a una estandarización para generar altos índices de calidad.

1.12 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN MADERA

1.12.1 Laminados área encargada de procesar los tableros laminados de madera para la fabricación de superficies en aplicaciones tales como mesas, estantería o decoración. Solinoff Corp S.A. cuenta con gran variedad de maquinaria para atender estos procesos, aumentando la capacidad de su producción en un menor tiempo. Entre estas de destacan:

Cuadro 10. Máquinas laminados

PROCESO	MAQUINARIA	CANT
Dimensionamiento - Seccionado	Seccionadora CNC	2
	Seccionadora vertical	1
Enchapado	Prensa caliente	1
	Prensa fría	2

Cuadro 10. (continuación)

Cantado	Cantadora rectos CNC	3
	Cantadora curvos	4
	Refiladora	2
Mecanizado	Centro de mecanizado	2

Fuente: elaboración propia .

- Enchapado: Proceso en el cual se adhiere una lámina o chapa a la superficie de la madera laminada para dar un acabado superficial fino y estético.
- Cantado: Proceso en el cual se adhiere un canto en las superficies laterales de una madera laminada para dar un acabado superficial estético.

1.12.2 Carpintería área encargada de procesar los productos que requieren una mayor complejidad de geometría en su ensamble, adicional de brindar acabados superficiales específicos. Por otra parte, son los encargados del ensamble de los conjuntos de piezas laminadas. Están encargados de la fabricación de estructuras para muebles para su posterior proceso de tapizado. Es un área que contiene maquinaria convencional, herramienta manual eléctrica y neumática.

Cuadro 11. Maquinaria carpintería

PROCESO	MAQUINARIA	CANT
Cepillado	Cepilladora eléctrica	2
	Planeadora eléctrica	1
Corte	Acolilladora	2
	Sierra circular	2
	Sierra sin fin	1
Fresado - Taladrado	Trompo eléctrico	3
	Taladro múltiple	4
	Taladro de árbol	2
	Ruteadoras eléctricas	15
	Atornillador eléctrico y neumático	20
Ensamble	Atornillador eléctrico y neumático	20
	Apuntilladora neumática	6
	Grapadora neumática	5

Fuente: elaboración propia

1.12.3 Tapicería es el área encargada de ensamblar, tapizar y adecuar todo tipo de mobiliario que tenga relación a sillas, sofás y pantallas. La maquinaria utilizada en este proceso es de tipo manual convencional, como lo son las máquinas de coser y herramienta manual eléctrica y neumática.

1.12.4 Sistemas de extracción y acumulación los sistemas de extracción en la industria maderera es uno de los temas más importantes a gran escala por su impacto ambiental y seguridad industrial. Los procesos de transformación de madera generan desprendimiento de partículas que son contaminantes en grandes cantidades en un área específica con repercusiones en la salud de las personas (respiratorias y oculares), adicional de los riesgos latentes de propagación de fuego. El polvo de aserrín se convierte en un material combustible, que al tener un tamaño tan fino y en acumulación de grandes cantidades se convierte inclusive en explosivo.

Solinoff Corp S.A. cuenta con 3 sistemas de extracción localizada que permite la extracción en el punto de generación de partículas, sin embargo, a pesar de esto no es posible controlar en su totalidad este tipo de polvo.

Cuadro 12. Sistemas de extracción

ÁREA	TIPO EXTRACCIÓN	MÁQUINAS LOCALIZADAS	CANT
Laminados	Localizada	Máquinas de dimensionamiento	1
	Localizada	Máquinas de canteado y mecanizado	1
Carpintería	Localizada	Máquinas de corte, cepillado y fresado	1

Fuente: elaboración propia

Por las propiedades de la madera y sus derivados, se pueden llegar a generar recalentamientos o inclusive chispas que pueden viajar a través de los sistemas de extracción y producir un conato de incendio.

1.13 ACEROS LAMINADOS

La metalmecánica hace parte de la transformación mecánica y física del metal en su estado primario, generando un pre-proceso con el fin de ser utilizado como materia prima en la industria manufacturera.

Dentro de la industria mobiliaria, la materia prima más utilizada son los aceros laminados, los cuales hacen parte de los conjuntos estructurales que conforman el

mobiliario de mayor capacidad en trabajo tipo pesado. El acero tiene como base primaria y de mayor porcentaje de su composición química el mineral hierro, posterior a una mezcla con carbono, cromo y níquel. Para su comercialización a nivel industrial, se realiza unos pre-procesos para conformar láminas y tubos estandarizados en propiedades físicas y dimensionamiento del mismo. En la industria se manejan aceros laminados de conformación en frío y en caliente.

En su forma más elemental, un laminador está constituido por dos o más cilindros que giran en sentidos contrarios entre sí. La distancia entre las superficies cilíndricas enfrentadas es siempre menor que el espesor inicial del lingote, por lo que éste, al pasar entre los dos cilindros se aplasta y se alarga proporcionalmente a la reducción de sección.³⁰

1.13.1 Tipos de aceros Las diferentes materias primas a base de aceros laminados utilizados en la fabricación de productos de mobiliario en la empresa Solinoff Corp S.A. son:

- Aceros laminados en frío: Proceso por el cual acero caliente es enfriado a través de rodillos, dando como resultado al modelamiento de rollos de láminas aumentando las propiedades físicas como la resistencia al impacto.
- Aceros laminados en caliente: Proceso por el cual acero caliente laminado a través de rodillos para garantizar sus propiedades y su fácil manipulación.
- Acero galvanizado: El acero base compuesto de hierro y otros elementos que combinados con el proceso de formación van a generar las propiedades mecánicas como tróque labilidad y capacidad estructural.
- Acero inoxidable: La razón principal para la existencia del acero inoxidable es su resistencia a la corrosión. El cromo es el principal elemento maleable y el acero inoxidable debe contener por lo menos 11%.³¹
- Tubería en frío (perfilería): Son tuberías fabricadas en acero por medio de un proceso de laminado en frío, la cual es soldada a través de resistencias, es conformada en diferentes tipos de secciones (geometrías) y es utilizada para conjuntos de estructuras livianas.

³⁰BERCIANO, J. L. E., et al. Laminación. Monografías sobre Tecnología del Acero. Parte IV. 2010.[Consultado el Feb 28,2020] Disponible en: academia.edu/9987311/Monografías_sobre_Tecnología_del_Acero_Parte_IV

³¹ Dionicio Padilla, E. 2013. APLICACIONES DE LOS ACEROS INOXIDABLES. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. 2, 3 (abr. 2013), 11-22.[Consultado el Mar 8,2020] Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/2114>

1.14 LÍNEA DE PRODUCCIÓN METAL

1.14.1 Corte es el área encargada del dimensionamiento-corte de láminas y tubería de acero. Son procesos elementales dentro de Solinoff Corp S.A. por que dan inicio a la línea de metalmecánica para la fabricación de soportería, estructuras entre otros.

Cuadro 13. Maquinaria corte metal

PROCESO	MAQUINARIA	CANT
Corte lámina	Cizalla hidráulica	1
Corte tubería	Cortadora manual	2
	Cortadora semiautomática	2
Corte laser	Cortadora laser	1

Fuente: elaboración propia

1.14.2 Punzonado y troquelado proceso de usar aplicar fuerza en forma de prensa y compresión sobre matrices y punzones para cortar o abrir agujeros en láminas de acero.

Cuadro 14. Maquinaria troquelado metal

PROCESO	MAQUINARIA	CANT
Punzonado	Punzonadora CNC	3
Troquelado	Troqueladora convencional	2

Fuente: elaboración propia

1.14.3 Doblado proceso por el cual se puede realizar una deformación plástica de láminas de acero a través de matrices para su posterior ensamble.

Cuadro 15. Maquinaria doblado metal

PROCESO	MAQUINARIA	CANT
Doblado de lámina	Dobladoras hidráulicas	8

Fuente: elaboración propia

1.14.4 Soldadura y pulido es el proceso de fijación de piezas metálicas por medio de equipos de soldadura, este es la continuación del proceso de corte. Se realiza un proceso de pulido para mejorar acabado en piezas unidas para dar continuidad al proceso.

Cuadro 16. Equipos de soldadura y pulido

PROCESO	MAQUINARIA	CANT
Soldadura MIG	Equipo	15
Soldadura fusión	Equipo	1
Soldadura punto	Equipo	3
Soldadura inoxidable	Equipo	1
Pulido	Pulidora eléctrica y neumática	8

Fuente: elaboración propia

1.14.5 Mecanizado es el proceso en el cual se realiza la eliminación de material de forma controlada para dar forma a diferentes piezas.

Cuadro 17. Maquinaria mecanizado de metal

PROCESO	MAQUINARIA	CANT
Mecanizado	Torno paralelo	2
Fresado	Fresadora	1
Corte	Segueta eléctrica	1
Pulido	Máquina de pulido	2

Fuente: elaboración propia

1.14.6 Pintura es el proceso por el cual las estructuras metales son pintadas a través de pintura electroestática que se adhieren a las piezas metálicas y posteriormente son polimerizadas en un horno.

Cuadro 18. Equipos de pintura

PROCESO	MAQUINARIA	CANT
Pintura	Manual	2
	Automática	1
Recocido	Horno	3
Lavado	Túnel lavado	1

Fuente: elaboración propia

1.15 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO SEGÚN NORMATIVA

La metodología del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en el Título K; establece de acuerdo al uso y la ocupación las edificaciones y espacios que produzcan, distribuyan o almacenen algún tipo de material

incendiario. Con el fin de clasificar el riesgo y determinar la opción más verídica al momento de extinguir un fuego, se remite a la tabla K.2.1-1 para su selección; según la ocupación de la empresa de Solinoff Corp S.A.

Cuadro 19. Clasificación de riesgo según 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 [Consultado el Feb 08,2020] Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/11titulo-k-nsr-100.pdf>.

De acuerdo con la producción de la empresa y el principal manejo de materia prima en la cual se basa la creación de mobiliario, se clasifico según la norma dentro del grupo F (Ocupación Fabril e Industrial) en el subgrupo F-1 (Riesgo moderado), por la fabricación, ensamblaje o transformación de productos a partir de las materias primas y la transformación de estas para la producción de materiales, servicios o energía.

Cuadro 20. Subgrupo de ocupación fabril e industrial de riesgo moderado (F-1)

Plantas de asfalto	Cueros
Industria farmacéutica	Papel
Lavanderías y tintorerías	Tabaco
Subestaciones eléctricas	Plásticos y cauchos
Madera	Textil
Elementos fotográficos	Automotriz
Vidrio	Otros similares
Gráficas	Industria metal mecánica

Fuente elaboración propia, con base en MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título K-Requisitos Complementario [Consultado el Feb 11,2020] Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/11titulo-k-nsr-100.pdf>.

1.16 GRADO DE RIESGO SEGÚN NORMATIVA

Posteriormente realizaremos la caracterización del grado del riesgo según las áreas de trabajo, según la materia prima, la cantidad de combustibles y agentes presentes en el lugar de alguna operación. Para esto se remite al siguiente cuadro 21, donde la información fue recopilada de la norma NFPA 13 “standard for the installation of the sprinkler system”.

Cuadro 21. Clasificación del grado riesgo según ocupación.

TIPO DE RIESGO		DESCRIPCIÓN
Riesgo Leve		Ocupaciones o partes con cantidades y/o combustibles de los contenidos es baja y se pueden generar incendios con tasa de liberación de calor relativamente bajas
Riesgo Ordinario	Grupo 1	Ocupaciones o partes donde la cantidad y combustible de los contenidos no excede la cantidad de almacenamiento de 1,5 m en pila.
	Grupo 2	Ocupaciones o partes donde la cantidad y combustibles de los contenidos son moderadas a altas, los apilamientos no superan los 2,4 m

Cuadro 21. (continuación)

Riesgo Extra	Grupo 1	Ocupaciones o partes donde la cantidad y combustible de los contenidos son muy altas y hay presencia de polvos, pelusas y otros materiales, introduciendo la probabilidad de incendios rápidos PERO CON ESCASOS Y NULAS CANTIDADES DE LÍQUIDOS COMBUSTIBLES
	Grupo 2	Ocupaciones o partes con cantidades moderadas a sustancias de líquidos inflamables, con una extenso almacenamiento de combustibles

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 Feb 15,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

1.17 PANORAMA DE RIESGOS Y PARAMETROS DE DISEÑO GENERALES

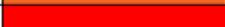
Dentro de este proyecto se sectorizo toda la planta, para caracterizar el tipo de fuego que se pueda generar según las condiciones del área de trabajo o el almacenamiento de materias primas; como también, el proceso al cual se está expuesto el material (Anexo C.1). A continuación, se presenta el consolidado de la distribución de áreas y tipos de fuego en la planta.

Imagen 4. Matriz de distribución de tipología de fuegos



Fuente: elaboración propia

Cuadro 22. Tipología de fuego

TIPO DE FUEGO	
TIPO A	
TIPO B	
TIPO C	
TIPO AB	
TIPO BC	
TIPO AC	
TIPO ABC	

Fuente: elaboración propia

Cuadro 23. Distribución de áreas y tipos de fuego en la planta Solinoff Corp S.A

ÁREA	TIPO DE FUEGO	ÁREA (m ²)	PORCENTAJE
Almacén sillas	Tipo A	932,4	11%
Estantería sillas			
Zona archivo			
Almacén laminados			
Residuos laminados			
Adhesivos	Tipo B	193,78	2%
Almacén líquidos inflamables			
Almacén aceites			
Ensamble Cold Roll	Tipo C	1048,31	12%
Dobladoras			
Troquelados			
Punzonado			
Almacén sillas y sofás	Tipo AB	2956,19	35%
Corian			
Almacén despachos			
Almacén general	Tipo AC	1241,73	15%
Extractores			
Seccionadores			
Oficinas mantenimiento			
Planta tratamiento aguas	Tipo BC	567,5	7%
Línea pintura			

Cuadro 23. (continuación)

Tapicería	Tipo ABC	1528,55	18%
Enchapados			
Carpintería			
Soldadura			
Cortadora laser			
TOTAL		8468,46	100%

Fuente: elaboración propia

Las diferentes combinaciones existentes entre tipologías de fuego, se agruparon teniendo en cuenta las materias primas (componentes, residuos y cantidades), los procesos a los cuales se enfrentaban (presencia de fluido eléctrico y fricción) y sus componentes adicionales por la fabricación de las mismos.

Como se concluye la planta presenta una variedad en tipos de fuego, donde en su mayoría se encuentran fuego de tipo A (materias primas), Tipo AB (almacenamiento de producto terminado) y tipo BC (almacenamiento de líquidos inflamables y la línea de pintura). Para esto se realizó la caracterización del agente extinguidor según el tipo de fuego presente en el área. Sin embargo, por las características de las materias primas con más auge en el proceso productivo de la compañía, como son las maderas laminadas; que traen un pre-proceso en donde pueden presentar resinas que permitan la adhesión entre sus laminas, lo cual en porcentaje de estas resinas no superan las 5 ppm en dimensiones de 2,44 m X 1,83 m; donde se puede catalogar como materia prima orgánica extingible con agua a chorro.

Cuadro 24. Agentes extinguidores según tipo de fuego para la planta Solinoff Corp S.A

TIPO DE FUEGO	PORCENTAJE	EXTINCIÓN
Tipo A, AB, ABC	79%	Agua a chorro(con restricciones)
Tipo B, BC	9%	Extintores ABC
Tipo C	12%	Extintores ABC

Fuente: elaboración propia.

Se determina a partir de la clasificación de los tipos de fuego dentro de la compañía Solinoff Corp S.A. que la extinción de agua a chorro es la más viable para el desarrollo del proyecto teniendo en cuenta su alto porcentaje presente, respecto los demás métodos de extinción aplicable. Cabe aclarar que para la extinción de fuego con combinaciones de tipo C es primordial realizar un corte de energía previo, garantizando así que la fuente de ignición no sea de proveniente eléctrico y se puede mitigar con agua.

Posteriormente, la compañía Solinoff Corp S.A. realizó un flujograma del procedimiento operativo normalizado contra incendios, con el fin de garantizar un procedimiento adecuado frente alguna intervención (Anexo B).

Cuadro 25. Caracterización de grado de riesgo en la empresa Solinoff Corp S.A

GRADO DE RIESGO	ÁREA	TIPO DE FUEGO	ÁREA (m ²)	%
Riesgo Ordinario- Gr 1	Almacén sillas	Tipo A	932,4	11%
	Estantería sillas			
	Zona archivo			
Riesgo Extra- Gr 1	Almacén laminados	Tipo B	193,78	2%
	Residuos laminados			
Riesgo Extra- Gr 2	Adhesivos	Tipo C	1048,31	12%
	Almacén líquidos inflamables			
	Almacén aceites			
Riesgo Leve	Ensamble Cold Roll	Tipo AB	2956,19	35%
	Dobladoras			
	Troquelados			
	Punzonado			
Riesgo Extra- Gr 1	Almacén sillas y sofás	Tipo AC	1241,73	15%
	Corian			
	Almacén despachos			
	Almacén general			
Riesgo Extra- Gr 1	Extractores	Tipo BC	567,5	7%
	Seccionadores			
Riesgo Leve	Oficinas mantenimiento			
Riesgo Ordinario- Gr 2	Planta tratamiento aguas			
Riesgo Extra- Gr 1	Línea pintura			

Cuadro 25. (continuación)

Riesgo Extra- Gr 1	Tapicería	Tipo ABC	1528,55	18%
	Enchapados			
	Carpintería			
Riesgo Ordinario- Gr 1	Soldadura			
Cortadora laser				
TOTAL			8468,46	100%

Fuente: elaboración propia

En conclusión, podemos observar que el mayor grado de riesgo se presenta en el almacenamiento de líquidos inflamables y tratamiento de aguas residuales; sin embargo; cabe resaltar que estas áreas serán mitigadas y controladas con otros sistemas de extinción diferentes a la red contra incendios por su poca participación en la compañía.

Por otro lado, se evidencia que el Riesgo Extra – Gr1, está presente en la mayoría de las áreas debido que se manejan combustibles y materias primas con escasas o nulas cantidades de líquidos inflamables.

1.18 ÁREA DE MAYOR RIESGO DE INCENDIABILIDAD

Para la empresa Solinoff Corp S.A., se determina el área de mayor índice de incendiabilidad, debido al grado de riesgo según la normativa, de acuerdo al cuadro 25. Esta área, se encuentra ubicada en el sector donde se almacenan materias primas y donde a su vez se almacenan los residuos de las mismas, tanto material particulado como sólido. Esta cuenta con una extensión de 1216.89 m² (3992.43 ft²) en la cual se realizan procesos de mecanizado de maderas laminadas y sistemas de extracción. Por otro lado, estos combustibles se encuentran en presencia de riesgo eléctrico y fuentes de ignición por sobrecalentamientos. Esta área servirá como punto de partida, para efectos de cálculos hidráulicos.

Imagen 5. Área de mayor demanda.

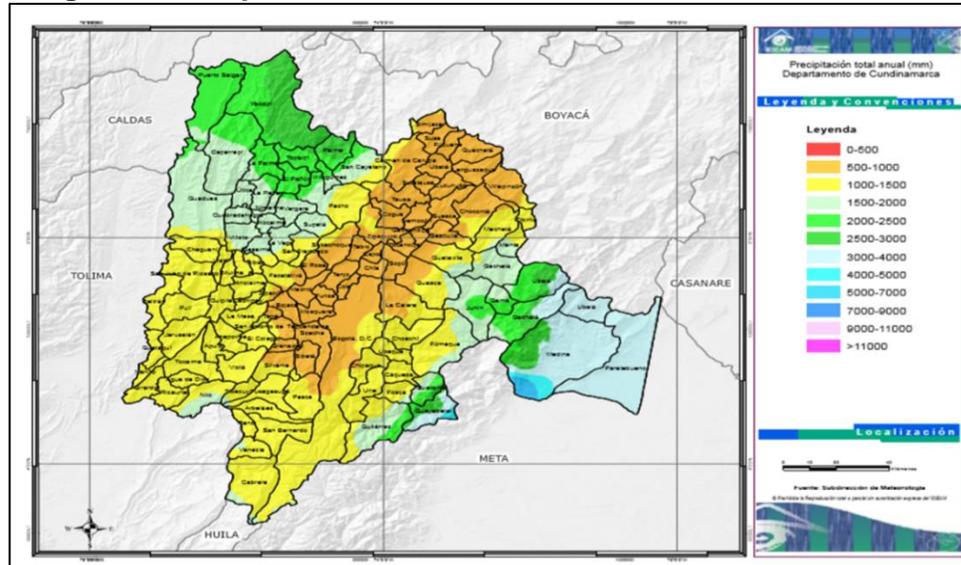


Fuente: elaboración propia

1.19 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS Y PRECIPITACIÓN EN FUNZA-CUNDINAMARCA

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), brinda información sobre estudios realizados anualmente de precipitación en las diferentes regiones del país, dando como información para el año 2010, en el departamento de Funza-Cundinamarca³²

Imagen 6. Precipitación en Cundinamarca

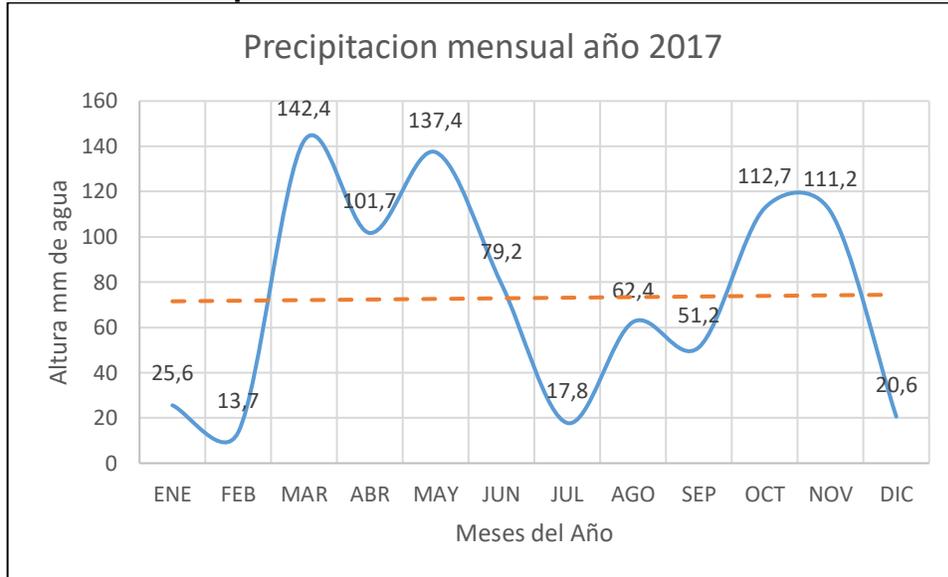


Fuente: IDEAM, precipitación, Disponible en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html#>.

Por otro lado, la CAR Corporaciones Autónomas Regionales- Ministerio de Ambiente, proporciona información del muestreo que se realiza en la captación de agua día por día, esto para los últimos años, año 2017, 2018 y 2019 (Anexo A). Se realiza el estudio y la tabulación pertinente para los tres escenarios, mínimo, promedio y máximo, posteriormente se realizó el promedio de estos últimos 3 años para tener un dato con menor error porcentual; con el fin de determinar la oferta hídrica mensual, disponible por las aguas lluvias para la red contra incendios en la planta donde se encuentra ubicado Solinoff Corp S.A.

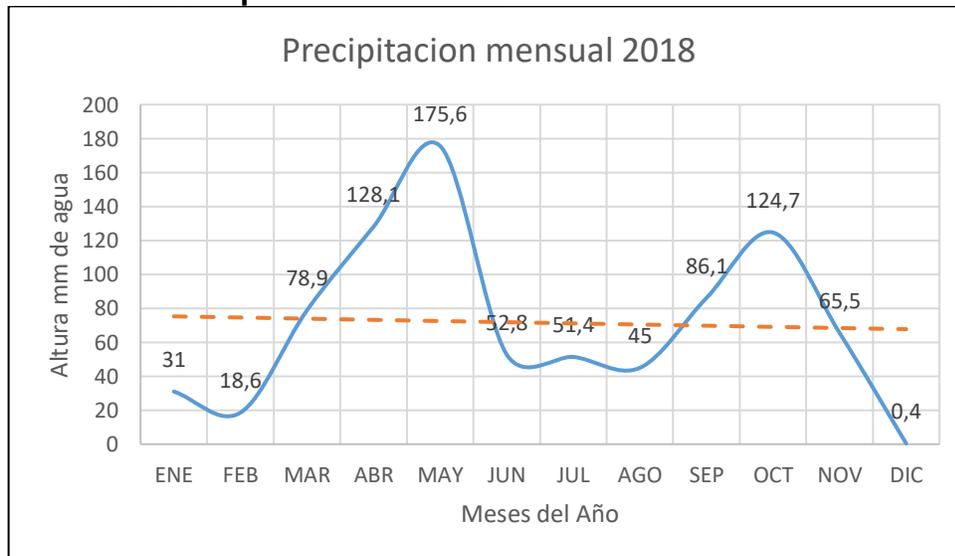
³²INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM, precipitación anual en departamentos Ideam, precipitación anual por departamentos, [consultado el Mar 26,2020] Disponible en: atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html

Gráfica 1. Precipitación mensual



Fuente: Elaboración propia, con base en CAR Disponible en: https://www.car.gov.co/uploads/boletines/BOLETIN_CAR_2017/web/index.html.

Gráfica 2. Precipitación mensual



Fuente: elaboración propia, con base en CAR Disponible en: https://www.car.gov.co/uploads/boletines/BOLETIN_CAR_2018/web/index.html.

Gráfica 3. Precipitación mensual

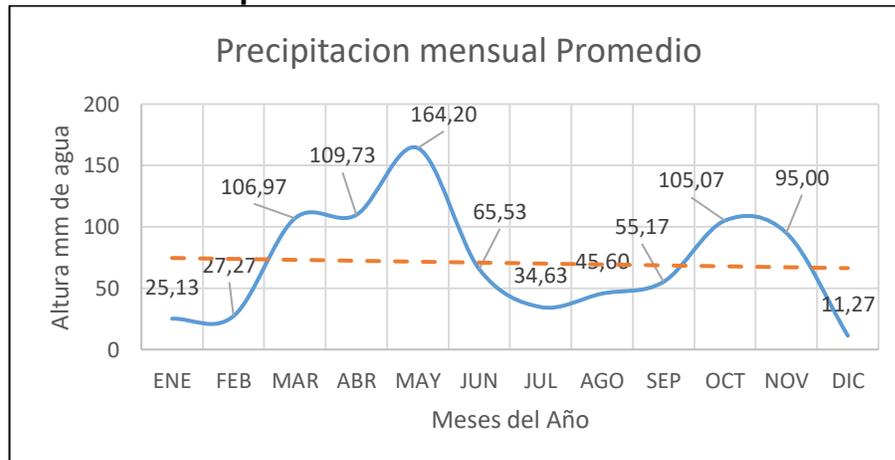


Fuente: elaboración propia, con base en CAR Disponible en: https://www.car.gov.co/uploads/boletines/BOLETIN_CAR_2019/web/index.html.

Se realiza el estudio y la tabulación pertinente para los tres escenarios, mínimo, promedio y máximo, posteriormente se realizó el promedio de estos últimos 3 años para tener un dato con menor error porcentual; con el fin de determinar la oferta hídrica mensual, disponible por las aguas lluvias para la red contra incendios en la planta donde se encuentra ubicado Solinoff Corp S.A.

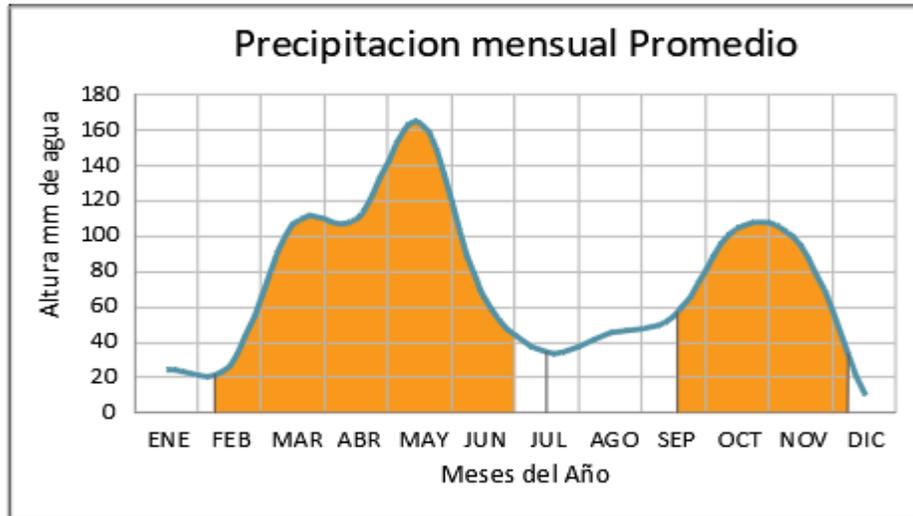
A partir de las alturas acumuladas en estos periodos se determinarán los meses óptimos de recolección y otro en los cuales la precipitación es mínima.

Gráfica 4. Precipitación mensual



Fuente: elaboración propia, con base en CAR EPAM MAPS.

Gráfica 5. Periodos de óptimos recolección



Fuente: elaboración propia, con base en CAR EPAM MAPS.

En conclusión, dentro del primer periodo óptimo de recolección que va de Febrero a Junio se generó un acumulado de 508,33 mm de agua lluvia lo que es equivalente a 508,33 L/m² y para el segundo periodo óptimo de recolección que va de Septiembre a Noviembre se generó un acumulado de 255,23 L/m².

1.20 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para finalizar se determinan los parámetros básicos de la red contra incendios según todas las características del proceso y las materias primas compiladas en este capítulo; en el Cuadro 26.

Sin embargo, para el funcionamiento de la red es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones de acuerdo al Cuadro 23; donde se expone la relación de tipo de fuego generado, respecto a la extensión y procesos de la planta, definiendo los mecanismos de extinción de las áreas donde no es aplicable el método de extinción de agua a chorro.

- Agrupar las áreas donde se presenta fuego tipo B y almacenamiento de líquidos inflamables en gabinetes de seguridad contra incendios (como se estipula en la NFPA 30)
- Implementación de extintores en las áreas de línea de pintura y soldadura
- Implementación del sistema de detección de incendio
- Es necesario el corte de fluido eléctrico en los equipos de la planta al momento de un conato de incendio

Cuadro 26. Parámetros generales de diseño

PARÁMETROS DE DISEÑO		
ITEM	PARAMETRO	NORMA
1	Diámetro de tubería principal entre 4" y 6" de diámetro	NFPA 13. Cap. 5
2	La presión mínima de descarga de 7 Psi (5 Bar)	NFPA 13. Cap. 8
3	Duración mínima de descarga 60 min	NFPA 13. Cap. 8
4	La presión máxima en cualquier punto del sistema no debe superar los 400 Psi (28 Bar)	NFPA 14. Cap. 7
5	La presión residual en un punto de manguera de 2 ½" y 1 ½" no debe superar los 100 Psi (6,9 Bar)	NFPA 14. Cap. 7
6	La tasa residual en una conexión de manguera debe ser de 250-750 GPM	NFPA 14. Cap. 7

Fuente: elaboración propia.

Para determinar los tipos de extintores apropiados en las áreas de la empresa Solinoff Corp S.A. en las que el método de extinción no es el mismo fluido de la red contra incendios, se determina el tipo de riesgo de fuego producido en estas zonas y el tipo de extintor que se ajuste de acuerdo al cuadro 27.

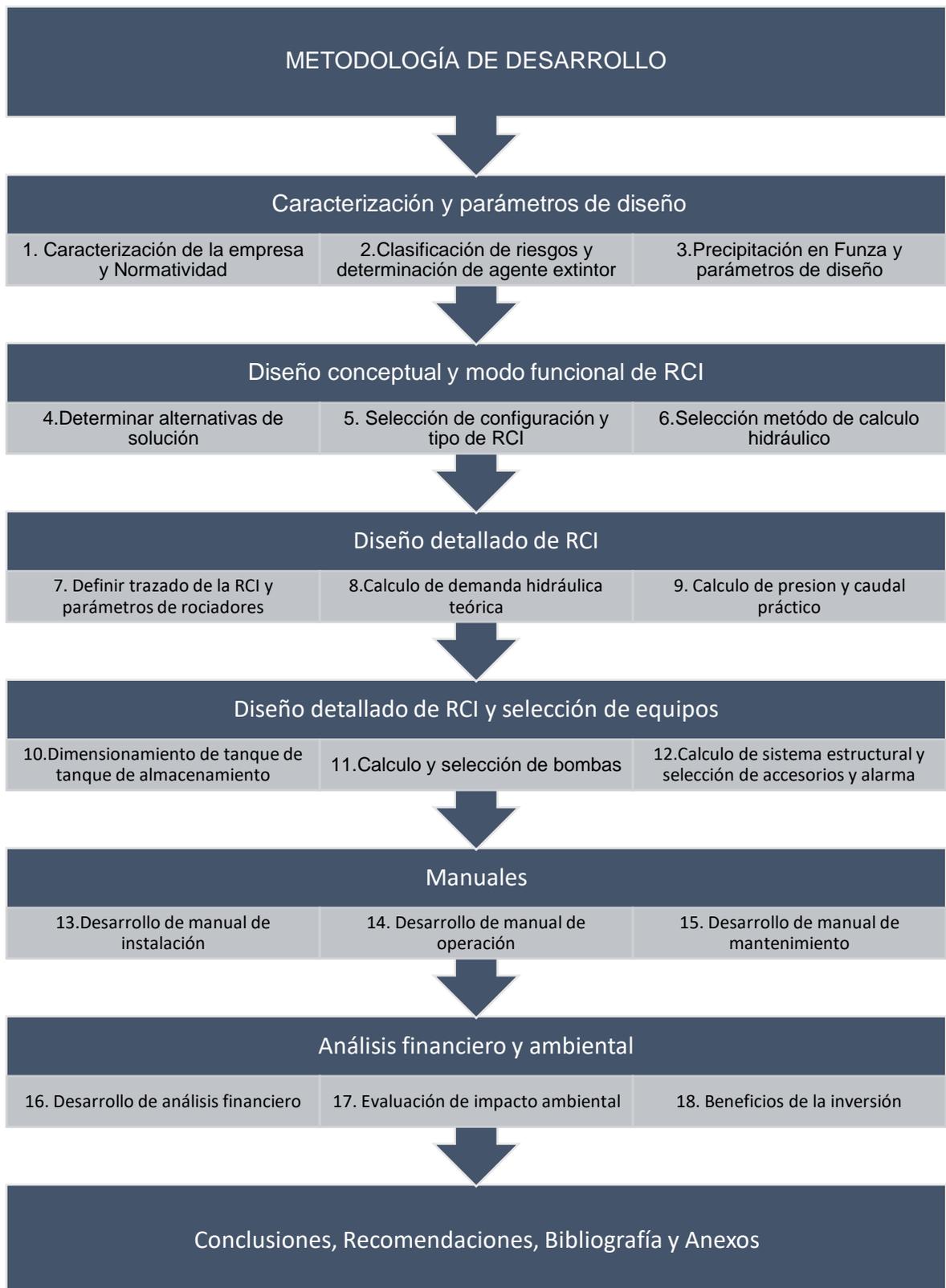
Cuadro 27. Selección de extintores para Solinoff Corp S.A

ZONA A MITIGAR	TIPO DE FUEGO	TIPO DE EXTINTOR
Soldadura	ABC	Polvo o Dióxido de Carbono CO2
Línea Pintura	BC	Polvo o Dióxido de Carbono CO2

Fuente: elaboración propia

1.21 METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Con el fin de generar una planificación del proyecto, se realiza la metodología del diseño de una red contra incendios abastecida por aguas lluvias para la empresa Solinoff Corp S.A. Explicando el paso a paso el desarrollo partiendo desde la clasificación de la empresa, generalidades de la empresa, normatividades, cálculos y selección, con el fin de garantizar una red funcional.



2. DISEÑO CONCEPTUAL

Después de caracterizar el grado de riesgo y los tipos de fuego presentes en la empresa a los cuales se va atacar, se determinará el diseño conceptual que presenta toda la red contra incendios y los sistemas que la componen; posteriormente se realiza la evaluación del tipo de configuración de la red, distribución y metodología de cálculo a través del método QFD arrojando la mejor opción del sistema general de la red, según las variables presentes en el proceso productivo de la compañía.

2.1 SISTEMAS DE LA RED CONTRA INCENDIOS

A continuación, se exponen los sistemas que componen la red contra incendios para la empresa Solinoff Corp S.A. y los parámetros más importantes de los cuales serán punto de partida para la verificación numérica.

Imagen 7. Sistema de la red contra incendios



Fuente: elaboración propia.

2.1.1 Sistema de almacenamiento. “El tamaño y la elevación de los tanques deben ser determinados por el flujo y la duración de incendio requerido por el (los) sistema (s) de protección contra incendios conectados y las presiones requeridas”³³

Las dimensiones de tanque deben ser caracterizadas de tal manera que el suministro almacenado, cumpla con la duración mínima diseñada y demandada

³³ NFPA 22, Norma para Tanques de Agua para la Protección con Incendios Privada. NFPA 22. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 104 p, Cap. 4,2019 [Consultado el May 28,2020] Disponible en: <https://nfpa.org/Codes-and-Standards/All-Codes-and-Standards/List-of-Codes-and-Standards>

según el grado de riesgo presente en el área. Por otro lado, la ubicación del tanque y su estructura deberá estar protegida y aislada de cualquier exposición al fuego.

La selección o diseño del tanque deberá basarse en la norma NFPA 22, al momento de que el cliente o la empresa lo llegase a implementar.

La demanda requerida por los tanques de almacenamiento esta calcula a partir del requerimiento del sistema de supresión por el tiempo mínimo de protección del sistema, según el riesgo.

Los suministros de agua para sistema de rociadores deberán cumplir alguna de estas configuraciones o cualquier combinación de las mismas.

- Una conexión a un sistema público o privado de obras hidráulicas certificado
- Una conexión que incluya una bomba contra incendios de acuerdo con NFPA 20
- Una conexión a un tanque de almacenamiento de agua que está a nivel del terreno o por debajo del nivel del terreno, instalado de acuerdo con la NFPA 20
- Una conexión a un tanque por gravedad certificado y llenado con una fuente propia
- Una fuente de agua reciclada o recuperada, donde la fuente de agua y el proceso de tratamiento (si lo hubiera) no será perjudiciales para los componentes del sistema de rociadores con el que toca contacto³⁴

2.1.2 Sistema de bombeo los requisitos de esta norma aplican a la selección e instalación de bombas que suministran líquido a sistemas privados de protección contra incendios. Incluye información sobre succión y descarga de líquidos y suministros de energía.³⁵

³⁴ NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p, Cap. 5 Suministro de agua,2019 [Consultado el Mar 19,2020] Disponible en: <https://nfpa.org/Codes-and-Standards/All-Codes-and-Standards/List-of-Codes-and-Standards>

³⁵ NFPA 20 Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias Para Proteccion Contra Incendios. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 223 p Cap. 1.1 2013. [Consultado el Mar 19,2020] Disponible en: <https://nfpa.org/Codes-and-Standards/All-Codes-and-Standards/List-of-Codes-and-Standards>

Cuadro 28. Parámetros generales para ubicación cuarto bombas

1	Ubicación cuarto de bombas
2	Espacio libre entre los componentes para instalación y mantenimiento
3	Espacio libre entre los componentes y muros
4	Espacio libre entre equipos energizados
5	Orientación de la bomba hacia tubería de succión
6	Iluminación de seguridad
7	Ventilación
8	Drenaje

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 20. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 200 p. [Consultado el Feb 19,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=20>

Una vez seleccionado los equipos del cuarto de bombas, estos parámetros permiten determinar la ubicación del mismo de acuerdo al plano de la empresa Solinoff Corp S.A.

El sistema de bombeo dentro de una Red Contra Incendios debe ser capaz de suministrar la presión requerida y el caudal demandado, por el sistema de rociadores y mangueras; sin embargo, dependiendo del tipo de red contra incendios es necesaria la implementación de segundas bombas para la presurización de sistemas si se necesita (bombas denominadas “jockey”); toda la selección de equipos de bombeo debe cumplir los estándares de la norma NFPA 20.

2.1.3 Sistema de distribución el sistema de distribución es el conjunto de tuberías a través de la planta de las cuales se encuentran instalados los rociadores y gabinetes según las áreas de distribución, teniendo en cuenta los riesgos presentes en estas. Por otra parte, se complementan de los accesorios de acoples ranurados especificados según la norma NFPA 13 en la sección de tuberías junto con válvulas, reguladores e instrumentos necesarios para la operación.

2.1.4 Sistema de detección el propósito del sistema de detección es definir los medios para activar las señales, transmitir las, notificarlas y anunciarlas³⁶; de manera que esta señal sea capaz de cortar la energía de la planta, para que el riego del fluido no entre en contacto con equipos energizados y cumpla con el papel de extinguidor. Todo esto basándose en parámetros estipulados por la norma NFPA 72 y NSR-10 Título J.

2.1.5 Sistema estructural sistema basado en la selección de soportes, de acuerdo con la geometría nominal de la tubería; garantizando que la malla instalada permanezca estable y sujeta antes cualquier eventualidad. Así mismo que cumpla con los requerimientos necesarios para soportar la tubería cargada.

2.1.6 Cuadro de síntesis

Cuadro 29. Cuadro de síntesis

ÍTEM	SISTEMA	CARACTERÍSTICAS
1	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	Tanque de almacenamiento para succión positiva a nivel de superficie.
		Capacidad de almacenamiento para un rango determinado entre 60 y 120 minutos
		Ubicación zona exterior planta
2	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	Sistema de rociadores de bulbo térmico
		Sistema de gabinetes clasificación III
3	SISTEMA DE BOMBEO	Bomba de presurización
		Bomba de descarga
		Capacidad de suministro de las bombas
4	SISTEMA DETECCIÓN	Selección de instrumentos de detección
		Selección de instrumentos de alarma
5	SISTEMA ESTRUCTURAL	Selección de soportes

Fuente: elaboración propia.

³⁶ NFPA 72, National Fire Alarm and Signaling Code. NFPA 72. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 418 p[Consultado el Mar 19,2020] Disponible en: <https://nfpa.org/Codes-and-Standards/All-Codes-and-Standards/List-of-Codes-and-Standards>

2.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

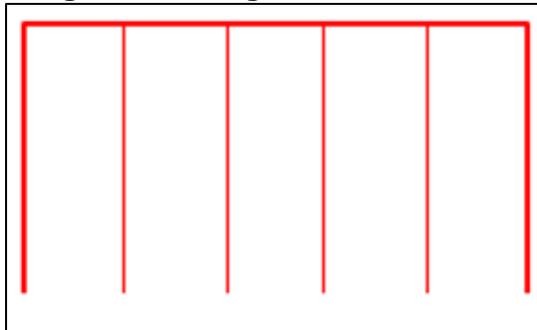
Para dar paso a determinar el modo funcional de la Red Contra Incendios, se procede a evaluar los dos campos de selección que esta red puede presentar; en donde, se plantea desde el punto de vista de funcionalidad de la misma y el tipo de distribución pertinente según la infraestructura de la empresa.

2.2.1 Tipos de red aplicable en la empresa Solinoff Corp S.A según la distribución del riesgo existente en la compañía y la clasificación del mismo en base de la NSR-10 Título K y las norma NFPA 13, existen 4 tipos de configuración del funcionamiento de la Red Contra Incendios (expuestos en el título 1.6 del proyecto), debido que tanto los sistemas húmedos (sistema de tubería húmeda y extinción por diluvio) como los seco (sistema de tubería seca y extinción por pre-acción) pueden implementarse en la planta Solinoff Corp S.A.

2.2.2 Tipo de configuración de la red aplicable en la empresa Solinoff Corp S.A para la implementación de redes hidráulicas se presentan múltiples distribuciones; sin embargo, la caracterización de la configuración de esta se agrupa en tres conjuntos.

2.2.2.1 Configuración ramificada esta red consiste en la implementación de una tubería principal de la cual se derivan redes secundarias y a su vez redes terciarias, donde cada vez el tipo de diámetro nominal de red va disminuyendo y aumentando la presión.

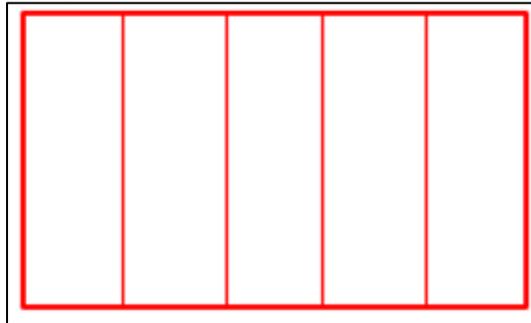
Imagen 8. Configuración ramificada



Fuente: elaboración propia

2.2.2.2 Configuración anular este tipo de configuración se expone en malla o un conjunto de redes que están interconectadas en todos los puntos, dejando paso así, a una red con caudales variantes y sentidos de dirección del fluido incontrolables.

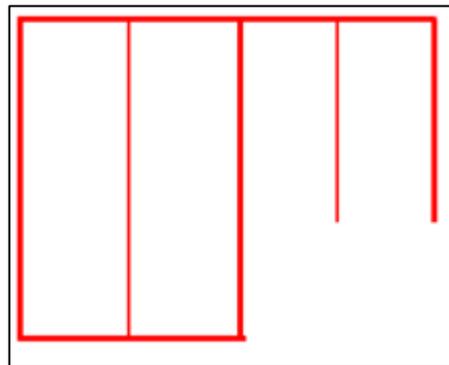
Imagen 9 Configuración anular



Fuente: elaboración propia

2.2.2.3 Configuración mixta esta configuración reúne la distribución anular y ramificada, donde se sectorizan las ubicaciones de las mallas dependiendo del lugar; dando paso a un fluido más controlado, pero en algunas partes de la red es variante; esto para efectos de cálculo.

Imagen 10. Configuración mixta



Fuente: elaboración propia

2.2.3 Métodos de cálculo para determinar demanda hidráulica según NFPA para la determinación de la demanda hidráulica en un sistema de red contra incendios es necesario llevar cabo alguna de las dos metodologías expuestas en el capítulo 1, título 1.7.1.2 cuadro 5 (métodos selección de rociadores), los cuales están basados en la norma NFPA 13 capítulo 19.3.3.

- Método densidad/área

- Método del cuarto más alejado

2.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS POR MATRIZ QFD

Para determinar el tipo y configuración de la red contra incendios, así como método de cálculo; que se adecuen a las necesidades, teniendo en cuenta la infraestructura de Solinoff Corp S.A. se realiza la evaluación de las siguientes matrices QFD, donde se manejan los siguientes parámetros de evaluación:

- Calificación cuantitativa de 0 a 5, donde 0 es no tiene relación y 5 la mayor relación.
- Calificación cualitativa B (Bueno), R (Regular) y D (Deficiente); Bueno, la alternativa de solución se adapta al requerimiento; Regular, la alternativa cumple, pero no satisface las necesidades; Deficiente, no se adapta ni cumple.
- Calificación cualitativa SI y NO; donde SI, cumple las metas y No el caso contrario.

2.3.1 Matriz QFD para tipo de configuración de red contra incendios para este campo de selección se tendrá en cuenta el tipo de configuración de la red ya sea anular, ramificada o mixta, garantizando que las peticiones por el cliente los “QUÉ”, tengan alternativa de solución evaluados en la matriz en los “CÓMO”.

A continuación, se presentan los “QUÉ” como peticiones del cliente:

- Que no genere mayores costos de implementación
- Que no genere daño y perjuicios a los activos de la empresa
- Que el sistema sea fácil de operar
- Que se adecue a la infraestructura de la empresa
- Que la configuración cumpla con los requisitos mínimos de operación según normativa nacional e internacional
- Que cumpla con la demanda en todos los puntos
- Que permita el fácil mantenimiento

Por otro lado, se presentan los “COMO”, como alternativas de solución y mejoras a las peticiones del cliente:

- Suministrar una Red Contra Incendios practica y sencilla
- Suministrar diseño de detección para corte de fluido eléctrico previo a la activación
- Determinar ubicación optima de todos los componentes
- Diseñar una Red Contra Incendios que mantenga la estética de la planta

- Determinar los parámetros básicos de la Red Contra Incendios según la normativa
- Garantizar la configuración óptima para el desarrollo de la Red Contra Incendios en un eventual incendio
- Garantizar la óptima ubicación de los accesorios que requieran mantenimiento constante

Para finalizar la selección del tipo de configuración de Red Contra Incendios se presenta el análisis de la relación de los “QUÉ” con lo “CÓMO” dentro de la matriz QFD.

Imagen 11. Matriz QFD para tipo de configuración de Red.

	Suministrar una Red Contra Incendios practica y sencilla	Suministrar diseño de detección para corte de fluido eléctrico previo a la activación	Determinar ubicación optima de todos los componentes	Diseñar una Red Contra Incendios que mantenga la estética de la planta	Determinar los parámetros básicos de la Red Contra Incendios según la normativa	Garantizar la configuración óptima para el desarrollo de la Red Contra Incendios en un eventual incendio	Importancia para el cliente	Alternativas de solución	Anular	Ramificado	Mixta
Que no genere mayores costos de implementación	5	3	4	0	0	2	5	B	B	R	
Que no genere daño y perjuicios a los activos de la empresa	0	5	5	0	2	5	5	B	B	B	
Que el sistema sea fácil de operar	5	0	5	0	3	4	4	R	B	B	
Que se adecue a la infraestructura de la empresa	5	4	5	5	1	0	3	B	R	B	
Que la configuración cumpla con los requisitos mínimos de operación según normativa nacional e internacional	3	0	5	0	5	5	3	B	B	B	
Que cumpla con la demanda en todos los puntos	5	0	4	0	5	3	4	D	B	R	
Que permita el fácil mantenimiento	5	2	5	0	0	2	5	R	R	D	
Valores Meta	Mínima tubería	Detectores	Complejidad de la distribución	Análisis de entorno	Estandares	Ubicación en planos					
Evaluación Técnica	NO	SI	SI	SI	NO	SI	Anular				
	SI	SI	NO	SI	NO	SI	Ramificada				
	SI	SI	SI	SI	NO	SI	Mixta				

B: Bueno
 R: Regular
 D: Deficiente

Fuente: elaboración propia

2.3.2 Matriz QFD para tipo de red contra incendios para este campo de selección se tendrá en cuenta el tipo de funcionamiento de la red ya sea húmeda (sistema de tubería húmeda y extinción por diluvio) o seca (sistema de tubería seca o pre-acción) garantizando que las peticiones por el cliente los “QUÉ”, tengan alternativa de solución evaluados en la matriz en los “CÓMO”.

A continuación, se presentan los “QUÉ” como peticiones del cliente:

- Que el incendio sea extinguido rápidamente
- Que no genere mayores costos de implementación
- Que no se generen obstrucciones ni incrustaciones en la tubería
- Que presente el mejor sistema de control
- Que se reduzca el riesgo en las zonas de “Riesgo Extra-Gr1”
- Que no genere daño y perjuicios a los activos de la empresa
- Que el sistema sea fácil de operar

Por otro lado, se presentan los “COMO”, como alternativas de solución y mejoras a las peticiones del cliente:

- Sistema de activación rápida
- Caudal garantizado para la extinción
- Contar con sistema de control determinado para el funcionamiento de la red
- Suministrar la cantidad de caudal necesario y tiempo máximo de operación
- Determinar área de ubicación de cuartos de bombas y sistemas de acción
- Modelo funcional de la red contra incendios
- Señalización adecuada para la seguridad y funcionamiento de la red

Para finalizar la selección del tipo de red contra incendios se presenta el análisis de la relación de los “QUE” con lo “COMO” dentro de la matriz QFD.

Imagen 12. Matriz QFD para tipo de Red Contra Incendios

	sistema de activación rápida Contra con sistema de control determinado para el funcionamiento de la red	Suministrar la cantidad de caudal necesario y tiempo máximo de operación	Determinar área de ubicación de cuartos de bombas y sistemas de acción	Modelo funcional de la red contra incendios	Señalización adecuada para la seguridad y funcionamiento de la red	Importancia para el cliente	
Que el incendio sea extinguido rápidamente	5	4	0	0	3	4	5
Que no genere mayores costos de implementación	0	2	4	0	5	0	3
Que no se generen obstrucciones ni incrustaciones en la tubería	0	5	0	0	4	0	5
Que presente el mejor sistema de control	0	5	4	3	0	0	4
Que se reduzca el riesgo en las zonas de "Riesgo Extra-Gris"	5	4	0	0	3	0	3
Que no genere daño y perjuicios a los activos de la empresa	5	4	0	0	0	3	5
Que el sistema sea fácil de operar	0	4	3	0	5	0	5
Valores Meta	Sistema de Detectores	Complejidad d de la red	Cuarto de bombas	Ubicación en planos	Practico	correcta	
Evaluación Técnica	SI	NO	SI	SI	SI	SI	Sistema de tubería húmeda
	SI	SI	SI	SI	NO	SI	Sistema de extinción por diluvio
	NO	NO	SI	SI	SI	SI	Sistema de tubería seca
	SI	SI	SI	SI	NO		Sistema de pre-acción

alternativas de solución	Sistema de tubería húmeda	sistemas de extinción por diluvio	sistema de tubería seca	Sistema de pre-acción
	B	B	R	R
	B	R	D	D
	R	R	D	D
	B	R	B	B
	B	B	B	B
	B	B	B	B
	B	R	R	R

B: Bueno
R: Regular
D: Deficiente

Fuente: elaboración propia

2.3.3 Matriz QFD para métodos de cálculo para determinar demanda hidráulica para este campo de selección se tendrá en cuenta los métodos de cálculo para determinar la demanda hidráulica (densidad/área y cuarto más alejado) garantizando que las peticiones por el cliente los "QUÉ", tengan alternativa de solución evaluados en la matriz en los "CÓMO".

A continuación, se presentan los "QUÉ" como peticiones del cliente:

- Que el cálculo sea fácil de interpretar
- Que el resultado de los cálculos sea lo más cercano a la realidad
- Que el cálculo hidráulico no genere grandes costos
- Que el análisis hidráulico sea conciso
- Que el cálculo hidráulico determine los diámetros de tubería

Por otro lado, se presentan los "COMO", como alternativas de solución y mejoras a las peticiones del cliente:

- Matriz de conclusiones hidráulicas
- Evaluación de puntos críticos de iteración
- Determinación de diámetros de tuberías

Para finalizar la selección del tipo de red contra incendios se presenta el análisis de la relación de los "QUE" con lo "COMO" dentro de la matriz QFD.

Imagen 13. Matriz QFD para método hidráulico.

	Matriz de conclusiones Hidráulica	Evaluación de puntos críticos de iteración	Determinación de diámetros de tubería	Importancia para el cliente
Que el calculo sea facil de intepretar	5	0	3	5
Que el resultado de los calculos sea lo mas cercano a la realidad	5	5	5	5
Que el calculo hidraulico no gener grandes costos	5	3	4	5
Que el analisis hidraulico sea conciso	4	3	0	5
Que calculo hidraulico determine los diámetros de tubería	3	0	5	5

alternativas de solución	Densidad / Area	Cuarto mas lejano
	B	R
	B	B
	B	R
	B	B
	R	B

B: Bueno
R: Regular
D: Deficiente

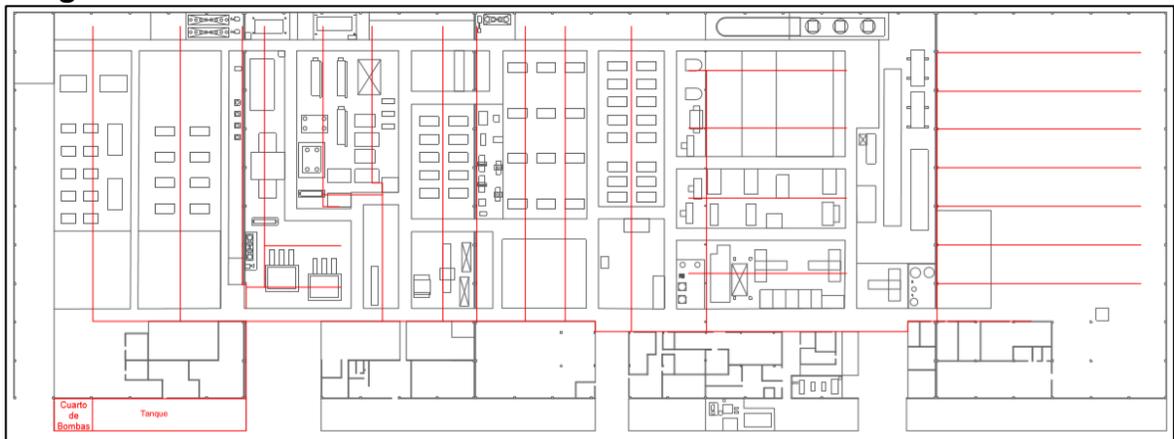
Valores Meta	Datos de calculo	Iteraciones	Diámetros
Evaluación Técnica	SI	SI	SI
	SI	NO	SI

	Densidad / Area	Cuarto mas lejano
	Densidad / Area	Cuarto mas lejano

Fuente: elaboración propia

2.3.4 Conclusión de alternativa de solución las matrices QFD arrojan como resultado, que la configuración de la Red Contra Incendios que mas se ajusta a los requerimientos de la empresa Solinoff Corp S.A. es de tipo ramificada, de sistema de tubería húmeda y para el calculo hidraulico el metodo de Densidad / Area. A continuacion de presenta el plano de la Red Contra Incendios (Anexo C.2).

Imagen 14. Alternativa de distribución de Red Contra Incendios.



Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑO DETALLADO

En este capítulo se desarrollará el diseño, selección y aplicación de parámetros esenciales para el cumplimiento de toda la Red Contra Incendios; ampliando todos los sistemas y subsistemas que la componen.

Dentro del diseño detallado se determinarán aspectos como:

- Trazado definitivo de la red contra incendios, ubicación de rociadores
- Determinación de área de cobertura de los rociadores
- Presión necesaria para el sistema y pérdidas de presión
- Caudal mínimo necesario
- Selección de bombas
- Selección de sistema estructural y soportes
- Selección de detectores y sistemas de alarma

Para finalizar se detalla información referente a los procesos necesarios para su correcto funcionamiento.

3.1 ROCIADORES AUTOMÁTICOS

Para la distribución y extinción del fuego en la Red Contra Incendios se determina que los rociadores deben ser automáticos, con acción por sensibilidad térmica; para esto se exponen los componentes de un rociador automático en la Imagen 15.

Imagen 15. Componente del Rociador Automático



Fuente: TORRES CÓRDOBA, Nicolás Felipe, et al. Diseño del sistema de protección contra incendios con base a extinción automática para el edificio Aquinate de la Universidad Santo Tomás. [Consultado el Mar 11,2020]. Disponible en: https://bombascpa.com.ar/productos/?gclid=Cj0KCQjw-O35BRDVARIsAJU5mQUkiPg2P0DN-HXGNe9VfX-IZoqBOx-37i8Mhv9TpMG1HfvhMSv8WhQaAnV6EALw_wcB

Posterior mente se determina el área de cobertura del rociador según el riesgo máximo presente en la empresa, por medio de la NFPA 13, Cap. 10, tabla 10.2.4.2.1 (c); sin embargo, sabe resaltar que, según la normativa en cualquier caso el área de cobertura máxima de un rociado no debe exceder de 225 ft² (20 m²)³⁷.

Cuadro 30. Selección área de cobertura del rociador.

Tipo de construcción	Tipo de Sistema	Área de protección		Espaciamiento máximo	
		ft ²	m ²	ft	m
Todas	Cedula de tubería	90	8.4	12	3.7
Todas	Calculado hidráulicamente con densidad de $\geq 0,25$ gpm/ft ²	100	9	12	3.7
Todas	Calculado hidráulicamente con densidad de $< 0,25$ gpm/ft ²	130	12	15	4.6

Fuente: elaboración propia, con base en tabla 10.2.4.1(C) Área de protección y espaciamiento máximos de rociadores pulverizadores estándar colgantes y montantes para riesgo extra 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 Mar 18,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>

Se determinó una densidad de caudal menor de 0.3 gpm/ft² para que el área de protección abarque los 9 m² (100 ft²), generándonos un espaciamiento máximo entre rociadores de 3.7 m.

Posteriormente se determina el factor K para los rociadores en la NFPA13 Cap. 7, Tabla 7.2.2.1, dependiendo de riesgo en el cual se encuentran las áreas y el riesgo máximo que estos dispositivos van atacar. El factor K define la cantidad de fluido de agua por cada unidad de presión.

³⁷ NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p.Cap. 10, Ed 2019. [Consultado el Mar 19,2020] Disponible en: <https://nfpa.org/Codes-and-Standards/All-Codes-and-Standards/List-of-Codes-and-Standards>

Por consiguiente, se determinó el factor de $5,6 \text{ gpm}/(\text{psi})^{1/2}$, debido que cumple con un rango de tasa de flujo amplio desde las mínimas presiones hasta las máximas y rango de temperatura de activación oscilante entre $57 - 77 \text{ }^\circ\text{C}$; por otro lado, se evidencia alta comerciabilidad en el mercado gracias a su amplio espectro en la tasa de flujo.

Cuadro 31. Selección de factor K para rociadores

Factor K nominal $\text{gpm}/(\text{Psi})^{1/2}$	Rango del factor K $\text{gpm}/(\text{Psi})^{1/2}$	Porcentaje de descarga del factor K-5.6 nominal	Tipo de rosca
1.4	1.3 - 1.5	25	½ " NPT
1.9	1.8 - 2.0	33.3	½ " NPT
2.8	2.6 - 2.9	50	½ " NPT
4.2	4.0 - 4.4	75	½ " NPT
5.6	5.3 - 5.8	100	½ " NPT
8.0	7.4 - 8.2	140	¾ " NPT o ½ " NPT
11.2	10.7 - 11.7	200	¾ " NPT o ½ " NPT
14.0	13.5 - 14.5	250	¾ " NPT
16.8	16.0 - 17.6	300	¾ " NPT
19.6	18.6 - 20.6	350	1" NPT
22.4	21.3 - 23.5	400	1" NPT
25.2	23.9 - 26.5	450	1" NPT
28.0	26.6 - 29.4	500	1" NPT

Fuente: elaboración propia, con base a tabla 7.2.2.1 Identificación de las características de descarga de los rociadores 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 Mar 19,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

Cuadro 32. Selección rango de temperatura de activación.

Temperatura máxima del cielorraso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Código de color	Colores del bulbo de vidrio
°F	°C	°F	°C			
100	38	135 - 170	57 - 77	Ordinaria	Sin color o negro	Naranja o rojo
150	66	175 - 225	79 - 107	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
225	107	250 - 300	121 - 149	Alta	Azul	Azul
300	149	325 - 375	163 - 191	Extra alta	Rojo	Morado

Cuadro 32. (continuación)

375	191	400 - 475	204 - 246	Muy extra alta	Verde	Negro
475	246	500 - 575	260 - 302	Ultra alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Naranja	Negro

Fuente: elaboración propia, base a tabla 7.2.2.1 Identificación de las características de descarga de los rociadores 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 Mar 20,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

3.1.1 Trazado definitivo de la red contra incendios y ubicación de rociadores con el fin de determinar el trazado definitivo de la Red Contra Incendios, se ubican los rociadores de tal manera que cumpla con las especificaciones de cobertura de extinción y distanciamiento. Por consiguiente, la norma NFPA 13, sugiere el diámetro de la tubería según la cantidad de rociadores que necesita abastecer, esto depende del riesgo de la zona y del riesgo máximo que se encuentra la empresa; en conclusión, para las zonas de riesgo leve y ordinario se manejan las tablas 27.5.2.2.1 y 27.5.3.4 del capítulo 27 de la norma NFPA 13.

Cuadro 33. Máximo de rociadores por diámetro de tubería para Riesgo Leve

Acero		Cobre	
Diámetro tubería	Cantidad rociadores	Diámetro tubería	Cantidad rociadores
1"	2	1"	2
1" ¼	3	1" ¼	3
1" ½	5	1" ½	5
2"	10	2"	12
2" ½	30	2" ½	40
3"	60	3"	65
3" ½	100	3" ½	115

Fuente: elaboración propia, en base a tabla 27.5.2.2.1 Cedula de tubería para riesgo leve NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

Cuadro 34. Máximo de rociadores por diámetro de tubería para Riesgo Ordinario

Acero		Cobre	
Diámetro tubería	Cantidad rociadores	Diámetro tubería	Cantidad rociadores
1"	2	1"	2
1" ¼	3	1" ¼	3
1" ½	5	1" ½	5
2"	10	2"	12
2" ½	20	2" ½	25
3"	40	3"	45
3" ½	65	3" ½	75
4"	100	4"	115
5"	160	5"	180
6"	275	6"	300

Fuente: elaboración propia, en base a tabla 27.5.3.4 Cedula de tubería para riesgo ordinario NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

En conclusión, se determina que para los ramales que suministren rociadores, los diámetros de tubería oscilan entre las siguientes dimensiones; 1", 1" ½, y máximo 2", con tubería en acero al acero cumpliendo la norma ASTM A53. Sin embargo, cabe resaltar que se pueden considerar el número de rociadores por diámetro de tubería de Riesgo Ordinario para las zonas de Riesgo Extra, siempre y cuando el cálculo hidráulico lo certifique. Por otro lado, se desarrolla en el plano de distribución de la Red Contra Incendios (Anexo C.3), se especifica la ubicación de los rociadores según el área de cobertura y la ubicación de los gabinetes seleccionados anteriormente.

Imagen 16. Plano Red Contra Incendios ubicación rociadores y gabinetes



Fuente: elaboración propia.

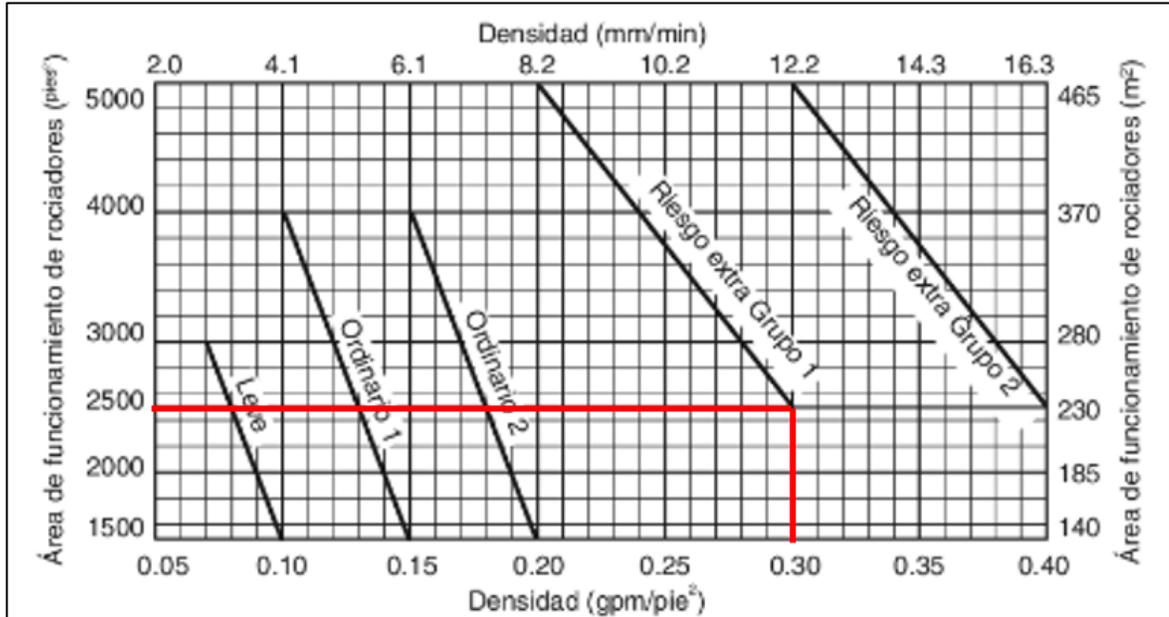
3.2 DEMANDAN HIDRÁULICA Y PRESIÓN NECESARIA

3.2.1 Demanda hidráulica para determinar la demanda hidráulica nos basamos en la alternativa seleccionada en los títulos 2.3.3 y 2.3.4 del proyecto; implementando el método de Densidad /Área que propone la norma NFPA 13 para el cálculo de un caudal teórico, a partir del área mayor demandante y una densidad de descarga de cada rociador.

La implementación de este método garantiza que en el área mayor demandante señalada en el título 1.18 (el cual abarca 1216.89 m² (3992.93 ft²)) y en conjunto de la densidad de descarga por cada rociador equivalente a 0.3 gpm / ft² (con el fin de que el cálculo hidráulico sea el menor posible, pero el más seguro), se determinará una fracción de dicha área para realizar los cálculos hidráulicos. Esto se determinará por medio de las curvas de Densidad / Área (Norma NFPA 13, Capítulo 19, Figura 19.3.3.1.1)

Con este valor de densidad de descarga, se entra en la gráfica; cruzándose con el grado de riesgo presente en esta área. Como se muestra en la Imagen 17.

Imagen 17. Relación densidad de descarga vs área hidráulica



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 Mar 26,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

En conclusión, se determinó un área hidráulica de incendiabilidad de 2500 ft² (232.2596 m²). Con este dato se identificará el caudal necesario para este sector de área ubicado en la delimitación de la Imagen 5 del título 1.18. A partir de la Ecuación 1.

Ecuación 1. Ecuación caudal teórico.

$$Q_t = (d * Ah) + Q_g$$

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. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

Q_t : Caudal teórico= 1250 (gpm)

d : Densidad de descarga = 0.3 (gpm/ft²)

Ah : Área hidráulica = 2500 ft²

Q_g : Caudal teórico según riesgo Norma NFPA 13 = 500 gpm

Del cálculo anterior se concluye que el caudal teórico necesario para abarcar un área de hidráulica de extinción es de 1250 gpm. Esto será comprobado con el cálculo hidráulico y las pérdidas de presión que se encuentran en el título 3.2.2

3.2.2 Presión necesaria para la red contra incendios para determinar la presión necesaria en el área hidráulica mayor demandante, se basó el método de caída de presión propuesto por Hazen-Williams en la norma NFPA 13, donde postula una serie de coeficientes de fricción dependiendo de la tubería seleccionada para el cálculo y del sistema empleado. A esto se suman cálculos de las velocidades del fluido y la descarga necesaria en cada punto de rociador.

Para este cálculo se determinó que la descarga de cada rociador es de 30 gpm, de acuerdo a la densidad de descarga y su área de cobertura seleccionada. Por otro lado, se tomaron en cuenta las longitudes equivalentes por los accesorios necesario el montaje de la red.

Cuadro 35. Selección se coeficiente Hazen Williams

Tubería	Valor C
De hierro dúctil o fundido sin revestimiento	100
De acero negro (sistemas secos, incluidos sistemas de acción previa)	100
De acero negro (sistema humeados, incluidos sistemas tipo diluvio)	120
De acero galvanizado (sistemas secos, incluidos 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

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 May 01,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

En conclusión, se seleccionó un valor de C de 120, la cual será implementada en la Ecuación 2.

Ecuación 2. Caída de presión Hazen-Williams

$$\Delta P = \frac{4.52 * Qt^{1.85} * Lequiv}{C^{1.85} * \emptyset int^{4.87}}$$

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 May 5,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

ΔP : Caída de presión (*psi /ft*)

QT : Caudal teórico en nodo (*gpm*)

$Lequiv$: Longitud equivalente (*ft*).

C : Constante C de Hazen Williams

$\emptyset int$: Diámetro interno de la tubería (*in*)

Así mismo, se implementan la Ecuación 3 para definir las perdidas por fricción de los accesorios y longitudes de la tubería, con el fin de ir acumulando la presión residual en cada nodo.

Ecuación 3. Perdida por fricción Total

$$PF = \Delta P * Lequiv$$

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 May 8,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

PF: Pérdidas por fricción (*psi*)

ΔP : Caída de presión (*psi /ft*)

$Lequiv$: Longitud equivalente (*ft*)

Otro factor importante es la velocidad del fluido, lo cual va se altera por el caudal determinado en cada nodo. Ecuación 4.

Ecuación 4. Velocidad del Fluido

$$v = \left(\frac{0.4085 * Qt}{\emptyset \text{ int}} \right)^2$$

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, 2019. 547 p. [Consultado el May 8,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

v: Velocidad del fluido (*ft/s*)

QT: Caudal teórico en nodo (*gpm*)

∅ int: Diámetro interno de la tubería (*in*)

La presión generada por la velocidad del fluido es un factor el cual se debe seguir continuamente y garantizar que no supere la presión acumulada en cada nodo, garantizando así la estabilidad de los componentes y del cuerpo de la red.

Ecuación 5. Presión por velocidad

$$Pv = \frac{0.001123 * Qt^2}{(\emptyset \text{ int})^4}$$

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 May 8,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

Pv: Presión por velocidad (*gpm*)

QT: Caudal teórico en nodo (*gpm*)

∅ int: Diámetro interno de la tubería (*in*)

Para finalizar la presión final en el nodo de estar sumada junto con la presión por fricción final y la presión por elevación cuando se requiera. En la Ecuación 6.

Ecuación 6. Presión por elevación

$$Pe = 0.433 * h$$

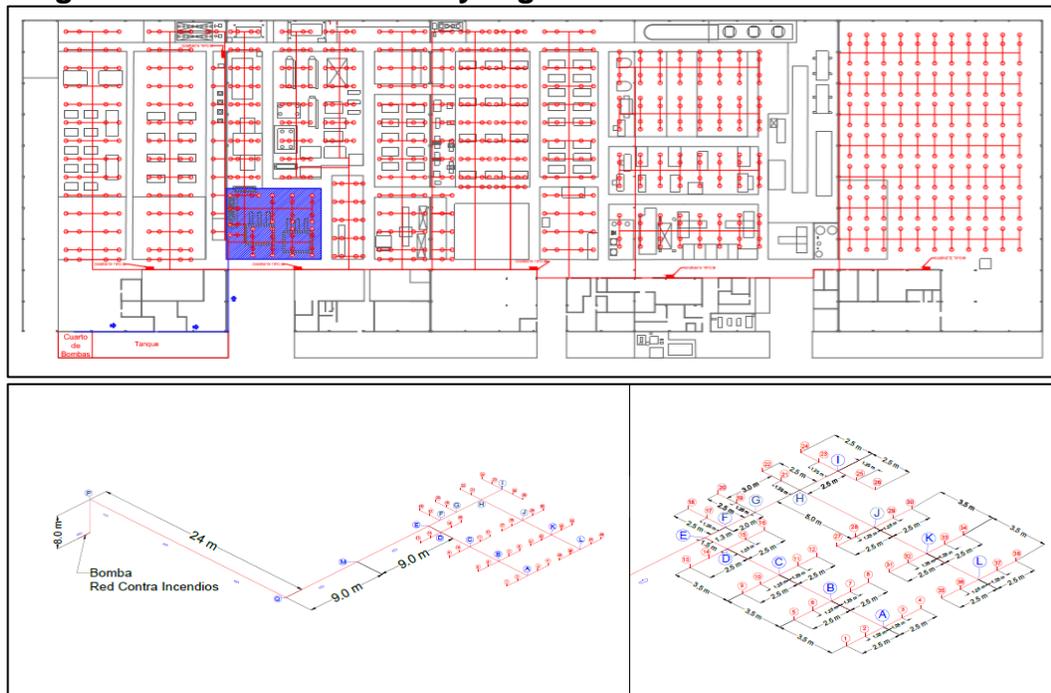
Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Standard for the Installation of Sprinkler Systems. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 547 p. [Consultado el May 8,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

Pe: Presión por elevación (ft)

h: Elevación (ft)

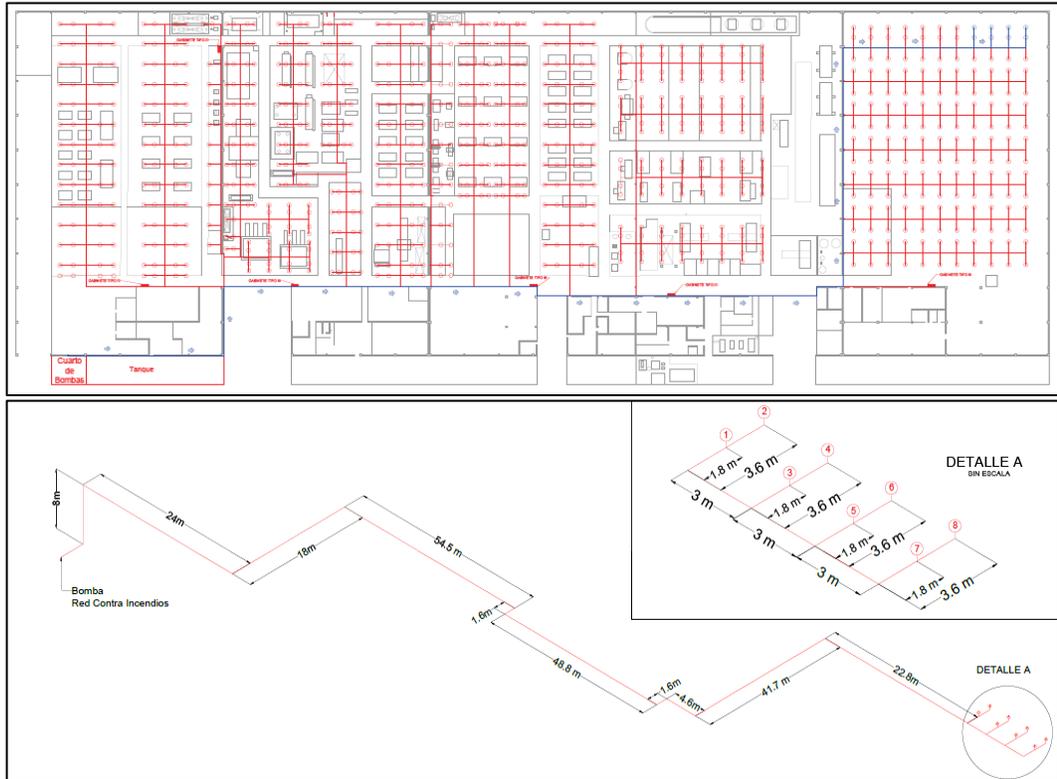
Para finalizar el cálculo hidráulico, se realizar el análisis de dos escenarios importantes a través de las matrices expuestas en el Anexo D y se toma como base la red de los planos en los Anexos C.4 y C.4.1, desde la salida de la bomba hasta el área hidráulica de interés.

Imagen 18. Área hidráulica mayor grado de incendiabilidad



Fuente: elaboración propia

Imagen 19. Área hidráulica punto más lejano



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el estudio realizado y arrojado por las matrices de cálculo del anexo D; dio como resultado los siguientes datos de presión residual y caudal necesario para los dos escenarios.

Cuadro 36. Presión y caudal necesarios

PRESION Y CAUDAL		
Área mayor grado incendiabilidad	Presión	139 (psi)
	Caudal	1140 (gpm)
Área punto más alejado	Presión	133 (psi)
	Caudal	240 (gpm)

Fuente: elaboración propia

Dentro del análisis de los datos para el área de mayor grado de incendiabilidad, se presentó presiones altas con caudales considerables, esto debido que se encuentra en una zona con mayor densidad de descarga, mayor cantidad de rociadores activos por el distanciamiento máximo entre rociadores estipulado en la norma NFPA 13; por otro lado, se presentó que por la distribución de la red hidráulica se encuentran diámetros de tuberías que oscilan entre las 2" y 2" ½ y pérdidas de presión a causa de accesorios de direccionamiento debido a la configuración de

esta misma, generando mayores coeficientes de fricción y pérdidas acumuladas por suplir. Siendo el escenario más demandante.

Por otro lado, en el análisis de los datos para el área del cuarto más lejano, se presentó presiones altas con caudales bajos, esto debido que se encuentra en un área de menor densidad de descarga, menor cantidad de rociadores activos por el distanciamiento máximo y optimización del espacio a ocupar por rociador, ya que la generación de un conato de incendio en esta área pueda ser de naturaleza externa y no por operación o almacenamiento. Adicionalmente, se presentó que en la distribución de la red hidráulica se encuentran diámetros de tuberías que oscilan entre las 4" y 2" ½ y un diseño de red hidráulica de pocos cambios de dirección generando menores coeficientes de fricción y pérdidas acumuladas por suplir. Siendo el escenario menos demandante.

Se evidencia que para el óptimo desarrollo y funcionamiento del sistema de rociadores dentro de los dos escenarios se necesita una presión aproximada de 139 psi y 1140 gpm; cabe destacar que el caudal es menor al teórico, por consiguiente, se escoge el caudal de 1250 gpm. Sin embargo, en este punto no se está garantizando el caudal necesario para los gabinetes. Por consiguiente, como lo sugiere la norma NFPA 13, se debe agregar a este caudal 500 gpm, según por el Riesgo Extra presente en el área de cálculo.

En conclusión, a lo anterior, el caudal necesario para el correcto funcionamiento de toda la Red Contra Incendios mixta, es de 1750 gpm y una presión de 139 psi.

3.2.3 Trazado definitivo de la red de tubería conjunto al cálculo realizado se determinan los diámetros de tubería óptimos, de acuerdo al grado de presión que manejan los ramales y sub divisiones. Para esto se remite al Anexo C.5, C.5.1, C.5.2, C.5.3, C.5.4, C.5.5

3.3 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Para determinar el volumen que debe tener el tanque de almacenamiento de agua de la red contra incendios para la empresa Solinoff Corp S.A., se debe tener en cuenta la demanda hidráulica (gpm) y el tiempo de duración de la descarga de acuerdo al riesgo existente. En el cuadro 37 se relaciona el tipo de riesgo con la duración (minutos) del suministro.

Cuadro 37. Requisito para determinar duración suministro de agua

Ocupación	Manguera interior		Manguera interior y exterior total combinada		Duración
	gpm	L/min	gpm	L/min	Min
Riesgo leve	0, 50 o 100	0, 190 o 380	100	380	30
Riesgo ordinario	0, 50 o 100	0, 190 o 380	250	950	60 - 90
Riesgo extra	0, 50 o 100	0, 190 o 380	500	1900	90 - 120

Fuente: elaboración propia, en base a tabla 19.3.3.1.2 Requisitos de asignación para chorros de manguera y duración del suministro de agua para sistemas calculados hidráulicamente NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 570 p. [Consultado el May 15,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>

La clasificación de riesgo extra para la empresa Solinoff Corp S.A. fue expuesto en el Capítulo 1 título 17, de acuerdo a esta clasificación se puede determinar que la operación de descarga del sistema debe tener como mínimo una duración de 90 minutos.

La ecuación 7 define el cálculo para hallar volumen del tanque.

Ecuación 7. Calculo volumen del Tanque

$$V_t = Q_t * D_e$$

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 May 19,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

- Vt: Volumen total tanque (gal)
- Qt: Caudal necesario (gpm)
- De: Duración de descarga (minutos)

El cálculo da como resultado un valor de 157.500 gal (596,20 m³), los cuales deben ser la capacidad efectiva disponible de fluido. Esto quiere decir que esta capacidad es la que debe existir por encima de la tubería de salida hacia la bomba. Para el dimensionamiento del tanque se debe tener en cuenta la ubicación de esta tubería de descarga para definir el volumen de fluido muerto.

Teniendo en cuenta la planta física de Solinoff Corp S.A. y el área disponible para la ubicación del tanque y cuarto de bombas (150 m²) ubicada en la parte frontal de la bodega N4, se sugiere la construcción de un tanque rectangular superficial, las dimensiones: Longitud (24 m), ancho (4,5 m) y altura (6 m). El volumen del tanque de 171.183 gal (648 m³). En la imagen 20 Ubicación tanque de almacenamiento de agua.

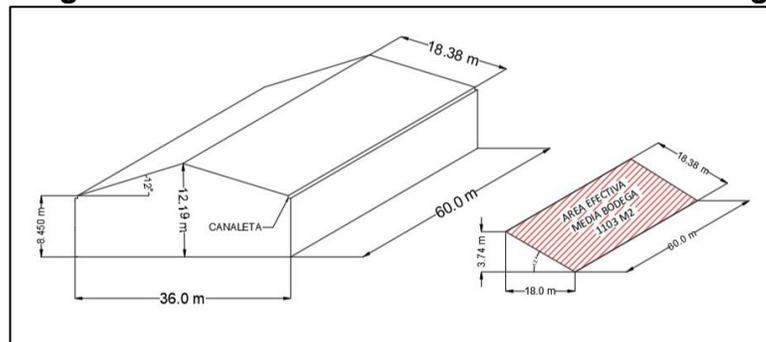
Imagen 20. Área hidráulica para cálculo hidráulico



Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de llenado del tanque de almacenamiento agua (lluvias) a través de la precipitación explicada en el Capítulo 1 título 1.19, es necesario conocer el área efectiva de recolección del techo tipo dos aguas existentes en cada una de las bodegas de Solinoff Corp S.A.

Imagen 21. Dimensiones exteriores de cada bodega



Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta las dimensiones de la bodega y la diferencia de altura al inicio del desnivel, expuestas en el Anexo C.6, se determina las siguientes características.

Cuadro 38. Características techo de captación

CARACTERÍSTICAS TECHO	
Desnivel	12°
Área captación efectiva por bodega	2205,6 m ²
Área captación efectiva planta completa	11018 m ²

Fuente: elaboración propia

Se realiza el cálculo de llenado teniendo en cuenta el uso de una sola bodega para la captación y otro usando la totalidad de la planta.

Cuadro 39. Características techo de captación

Periodo	Precipitación (L/m²)	Área 1 Bodega (m²)	Volumen Captado (L)	Volumen Captado (m³)
Feb-Jun	508,33	2205,6	1121172,648	1121,172648
Sep-Nov	255,33	2205,6	563155,848	563,155848
Periodo	Precipitación (L/m²)	Área 5 Bodegas (m²)	Volumen Captado (L)	Volumen Captado (m³)
Feb-Jun	508,33	11018	5600779,94	5600,77994
Sep-Nov	255,33	11018	2813225,94	2813,22594

Fuente: elaboración propia

En conclusión, se determina que para el tanque de almacenamiento de agua de la empresa Solinoff Corp S.A.; el periodo optimo para captacion de agua lluvia y llenado de tanque es entre los meses de Febero y Junio, siendo solo necesario el uso de una sola bodega. Sin embargo, el tiempo de llenado puede ser menor al de la totalidad del período de recolección (meses entre Febrero y Junio).Adicional, debera ser diseñado bajo los parámetros de tanques de tamaño no estandar debido a sus limitaciones de espacio, no obstante la capacidad no puede ser alterada por el diseño del tanque.

Cuadro 40. Características mínimas de los tanques de almacenamiento

Capacidad y elevación	
1	El tamaño y la elevación de los tanques deben ser determinados por el flujo y duración de incendio requerido para el sistema de protección contra incendios y las presiones requeridas
2	Los tamaños estándar de los tanques deben ser los especificados en 5.1.3, 6.1.2, 8.1.3
3	Deben ser permitidos tanques de tamaño no estándar
4	Respecto de los tanques de succión, la capacidad neta debe ser la cantidad de galones estadounidenses (m ³) entre la boca de entrada del rebose y el nivel de la placa de vórtice

Cuadro 40. (continuación)

5	Para todos los tanques que no sean tanques de succión, la capacidad neta debe ser el número de galones estadounidenses (m ³) entre la entrada del rebose y la salida de descarga
6	Un tanque debe ser dimensionado de manera tal que el suministro almacenado más el rellenado automático confiable para cumplir con la demanda del sistema para la duración del diseño

Fuente: elaboración propia, NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Tanques De Agua Para La Protección Contra Incendios Privada. NFPA 22. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2018. 14 p

3.4 SISTEMA DE BOMBEO

Una vez determinada la presión y demanda necesarias para el funcionamiento del sistema, se procede a escoger el sistema de bombeo con los siguientes parámetros.

Cuadro 41. Parámetros sistema de bombeo

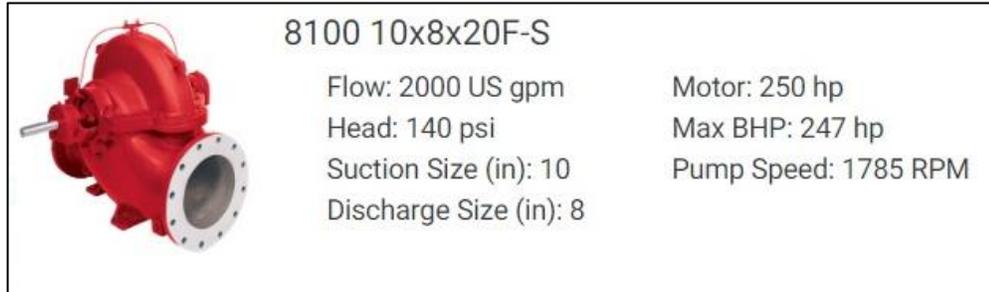
SISTEMA DE BOMBEO	
Presión	139 (Psi)
Caudal	1750 (gpm)

Fuente: elaboración propia.

Para esto se remite a la selección comercial del equipo solicitado. La empresa AC FIREPUMP en Illinois EE. UU que se desempeña en el suministro y fabricación de equipos contra incendios; a través de su herramienta de selección de Bombas, permite la selección específica del equipo con sus respectivos datos técnicos. La empresa AC FIREPUMP tiene representación de productos en Colombia a través de las compañías Almacén Bombas Ltda. y Civalco Ltda.

Para este proyecto se determinó la bomba centrífuga horizontal de carcasa dividida o Split Case, modelo 10x8x20F-S serie 8100; suministrando una presión máxima de 140 Psi y un caudal máximo de 2000 gpm (valor superior al calculado por efectos comerciales y de seguridad). Cabe resaltar que la bomba cumple con los requisitos por la Norma NFPA 20. Por otro lado, para el correcto funcionamiento del sistema de tubería húmeda, se selecciona una bomba jockey para presurizar el sistema de rociadores modelo 92SV (e-SV) de 3500 RPM. (Anexos E1 y E2).

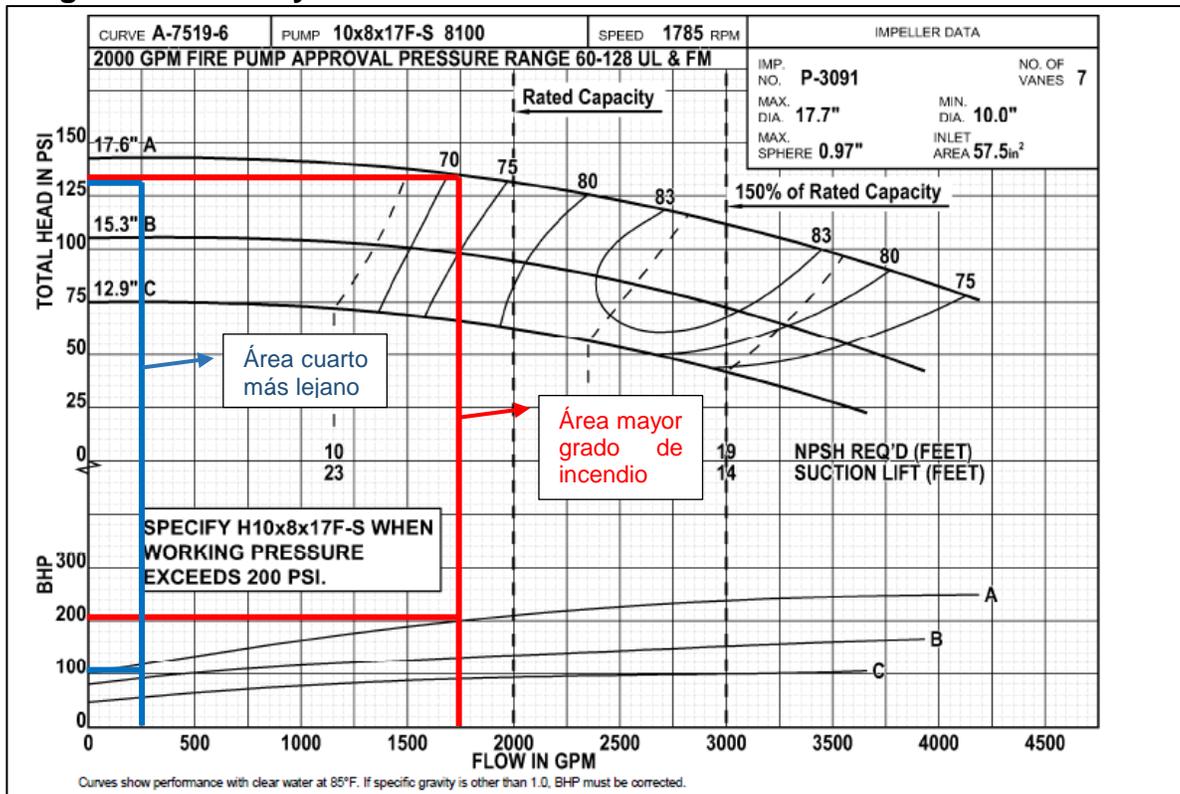
Imagen 22. Bomba horizontal centrifuga



Fuente: elaboración propia, con base en AC FIREPUMPS, sistemas contra incendios. Disponible en: <https://www.selectacfirepump.com>

Las bombas seleccionas cumplen con los requerimientos técnicos necesarios para el funcionamiento de la Red Contra Incendios, como se ve en la siguiente imagen.

Imagen 23. Diseño y selección Bomba Contra Incendios.



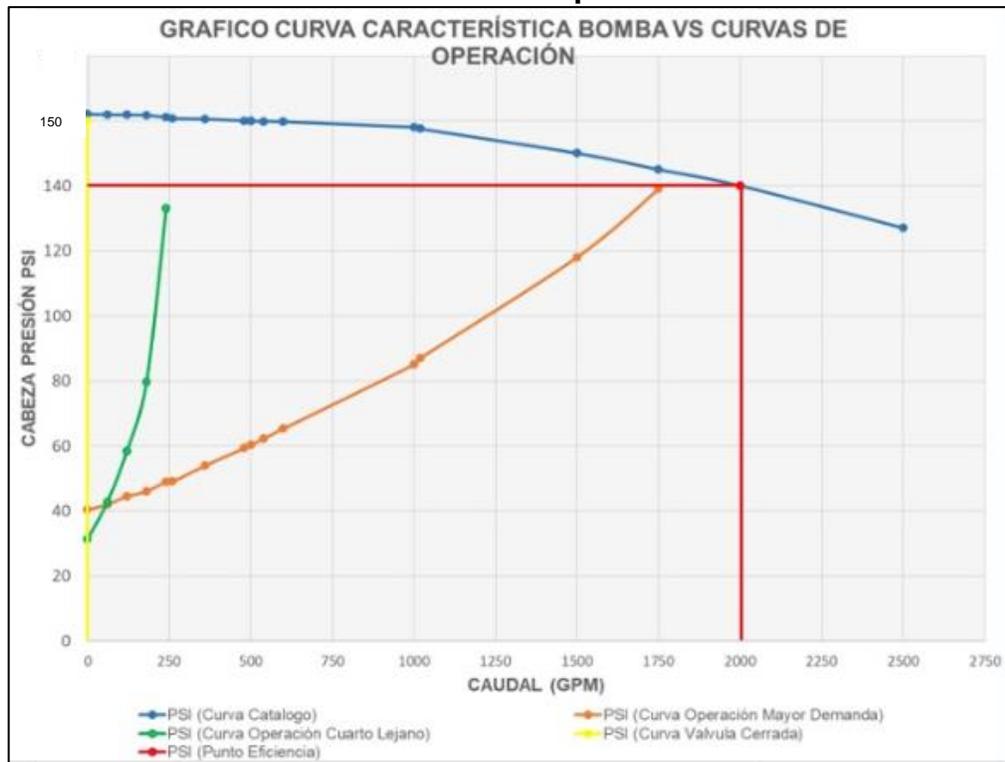
Fuente: elaboración propia, con base en AC FIREPUMPS, sistemas contra incendios. Disponible en: <https://www.selectacfirepump.com>

Adicionalmente, se confrontan los diferentes escenarios característicos del cálculo hidráulico, teniendo en cuenta las variables del área mayor demandante y el área del cuarto más lejano se encuentren dentro del rango de operación de la curva

característica y por debajo de la línea de suministro de la bomba centrífuga seleccionada.

Se tuvo en cuenta que tanto las variables de cuarto más alejado (133 Psi y 240 gpm), el área mayor demandante (139 Psi y 1750 gpm), los puntos característicos de cierre de válvulas y variables máximas de operación nominales, estuviesen graficados con el fin de tener un panorama de operación de las situaciones más críticas permitidas dentro lo establecido en la normativa. Las bombas para sistemas contra incendios están en la capacidad de operación hasta en un 150% de su caudal nominal, garantizando que la presión nominal no caída o esté por debajo de la presión requerida.

Gráfica 6. Curvas características de operación



Fuente: elaboración propia.

Como se puede evidenciar en la gráfica, las curvas de operación de los dos escenarios (Curva de Operación Cuarto Lejano y Curva de Operación Mayor Demanda) se encuentran por debajo de la curva de operación de la bomba (Curva Catalogo), indicando que la bomba fue seleccionada adecuadamente; Por otro lado, se evidencias la presión y el caudal en el momento que la válvula de compuerta se encuentre totalmente cerrada (160 Psi y 0 gpm) como el punto de operación nominal con mejor eficiencia en los parámetros de la bomba (140 Psi y 2000 gpm), se debe tener en cuenta que a partir de este punto es permisible el porcentaje de variación del sistema.

Para este punto se realiza el cálculo de potencia necesaria que demanda la operación del sistema en el caso más crítico, donde la presión y el caudal es de 139 Psi y 1750 gpm respectivamente.

Ecuación 8. Calculo de potencia de la bomba

$$P = \frac{Q * H}{75 * n}$$

Fuente: SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS, C. A. Manual de Procedimiento para el cálculo y selección de sistema de bombeo. Sistemas Hidráulicos Perú, 1995.

- P: Caída de presión (HP)
- Q: Caudal nominal (gpm)
- H: Cabeza de altura dinámica (m).
- n: Porcentaje de eficiencia (%)

Para el cálculo de la potencia de la bomba se toman las eficiencias de operación para cada escenario de acuerdo con la imagen 23 de la curva característica de la bomba. Dando como lugar que para el escenario del área de mayor grado de incendiabilidad sea del 72% y para el área del cuarto más lejano sea del 13% (Este valor debido a presiones altas con densidades de descarga bajas).

Cuadro 42. Calculo de potencia bomba

Potencia Area Mayor Demanda 1750gpm y 139Psi				
Caudal (Q)	L/s	133	240	HP
Cabeza Presion (H)	m	97,7		
Eficiencia	%	72		
Potencia Area Cuarto Mas Lejano 240gpm y 133Psi				
Caudal (Q)	L/s	10,1	96,7	HP
Cabeza Presion (H)	m	93,5		
Eficiencia	%	13		

Fuente: elaboración propia.

En conclusión, se puede evidenciar que la potencia requerida por la bomba en el escenario del área de mayor grado de incendiabilidad, se encuentra dentro de la potencia nominal dada por la bomba seleccionada. De este modo se garantiza que

la operación del motor a seleccionar debe suministrar esta potencia y las revoluciones nominales de la bomba.

Por otro lado, la potencia requerida por el área del cuarto más alejado es menor, pero garantizara esta demanda; sin embargo, se evidencia una eficiencia muy baja en operación de la bomba lo que incurre que la bomba trabaje a altas presiones y pocos caudales. Esto generara en la bomba un esfuerzo el cual está contemplado dentro del diseño de operación de la bomba, no obstante, el escenario del área del cuarto más lejano es el que menor grado de riesgo presenta debido a su operación y almacenamiento, arrojando una posibilidad muy baja de que se presente un conato de incendio.

Se debe tener presente que el área del cuarto más lejano presenta una densidad de descarga inferior, debido que el número de rociadores activos tomados para el cálculo es menor al del área del mayor grado de incendiabilidad. Concluyendo que es un escenario poco probable pero que se tiene en cuenta en la operación de la bomba.

3.5 SISTEMA ESTRUCTURAL

Teniendo en cuenta el diseño detallado en el Anexo C.5 de la red contra incendios para la empresa Solinoff Corp S.A., en el cual se incluye información sobre las características de los tubos y su distribución a lo largo de la planta, se hace indispensable determinar los tipos de soporte de acuerdo a los requerimientos expuestos en la norma NFPA 13 Capítulo 17.

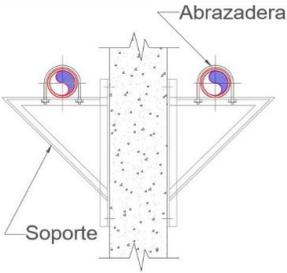
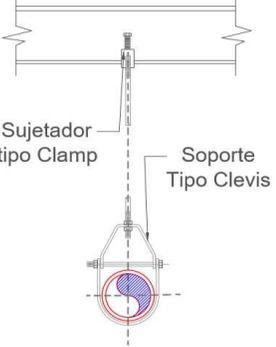
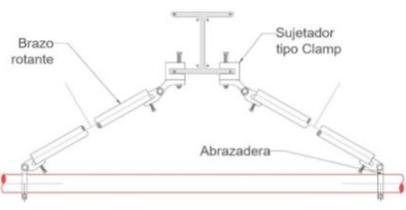
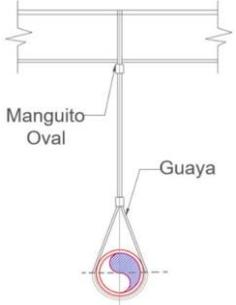
Cuadro 43. Requerimientos soportes colgante

GENERALIDADES SOPORTES COLGANTES	
1	Los soportes deben estar diseñados para soportar 5 veces el peso de la tubería llena de agua, más 250 lb en cada uno de los puntos del soporte de la tubería
2	Estos puntos deben ser adecuados para sostener el sistema
3	El espaciamiento entre soportes no debe exceder el valor establecido para el tipo de tubería
4	Los componentes de los soportes colgantes deben ser ferrosos

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 May 25,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

3.5.1 Tipos de soportes en el cuadro 44 se exponen los diferentes tipos de soportes colgantes para tubería de redes contra incendio más comunes de forma comercial y normalizados. Anexo C.6

Cuadro 44. Tipos de soportes colgantes

TIPOS DE SOPORTES COLGANTES PARA REDES CONTRA INCENDIOS				
Nombre	Ubicación	Anclaje - Soporte	Características	Imagen
Adosado muro	Muros	Anclaje Vertical - Soporte Horizontal	Soporte voladizo adecuado a la longitud a soportar	
Colgante	Techos o cielos rasos (Anclaje vertical)	Anclaje Vertical - Soporte Horizontal	Abrazadera CLEVIS	
			Anillo forjado ajustable (Pera)	
			Abrazadera en U	
			Abrazadera de acero para tubería	
Sismo resistentes	Techos o cielos rasos (Anclaje vertical)	Anclaje Vertical - Soporte Horizontal	Soporte que combinan accesorios y elementos de fijación de soportes contra perturbaciones de sísmicas	
Cable metálico (Guaya)	Techos o cielos rasos (Anclaje vertical)	Anclaje Vertical - Soporte Horizontal	Soporte a partir de un cable metálico trenzado y combinado con accesorios y elementos de fijación	

Fuente: elaboración propia

Evaluando la estructura física de la planta de la empresa Solinoff Corp S.A. se determina el uso de soportería adosada a muro; a lo largo de la segunda columna,

ubicada a 8 m en todos los muros de separación de bodegas. Así mismo, se determina el uso de soportería colgante tipo Clevis, Sismo – resistente y Cable metálico (guaya), para el resto de la tubería.

3.5.2 Calculo cargas de tubería para realizar la correcta selección de los soportes; se debe conocer las cargas generadas por la tubería de la red contra incendios; para esto es necesario identificar en un cuadro de síntesis las características de cada una de las tuberías. Se remitimos al catálogo de la empresa China TPMCSTEEL para tubería de acero ASTM A53 SCH 40.

Cuadro 45. Características tubo cedula 40 TPMCSTEEL

Supply scope for sch40 pipe						
Size			Thickness	Mass	Test pressure	Model
NPS	DN	OD(mm)	T (mm)	kg/m	MPa	
1/2"	15	21.3	2.77	1.27	4.8	P02-4015 (Only ISO)
3/4"	20	26.7	2.87	1.69	4.8	P02-4020 (Only ISO)
1"	25	33.4	3.38	2.50	4.8	P02-4025 (Only UL)
1-1/4"	32	42.2	3.56	3.39	6.9	P02-4032 (Only UL)
1-1/2"	40	48.3	3.68	4.05	6.9	P02-4040 (Only UL)
2"	50	60.3	3.91	5.44	6.9	P02-4050 (Only UL)
2-1/2"	65	73.0	5.16	8.63	6.9	P02-4065 (Only UL)
3"	80	88.9	5.49	11.29	6.9	P02-4080 (Only UL)
4"	100	114.3	6.02	16.08	8.3	P02-40100 (Only UL)
5"	125	141.3	6.55	21.77	8.3	P02-40125 (Only UL)
6"	150	168.3	7.11	28.26	8.3	P02-40150 (Only UL)
8"	200	219.1	8.18	42.55	8.3	P02-40200 (Only ISO)
10"	250	273.1	9.27	60.31	6.9	P02-40250 (Only ISO)

Note:
 1. For pipe NPS 8" and NPS 10", the thickness follows ASME B36.10M.
 2. The manufacturing method is HFW (high frequency electric resistance welding), and available UOE/JCOE of LSAW for large size.

Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2018/12/ASTM-A795-ERW-steel-pipe.pdf>

Por otra parte, se determina el distanciamiento máximo que debe existir entre soportería de acuerdo a la imagen 24.

Imagen 24. Distancia máxima entre soportes colgantes

	Tamaño nominal de tubería (pulg.)											
	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	3½	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 Tabla 17.4.2.1(a) Distancia máxima entre soportes colgantes 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 May 25,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

Para los diferentes diámetros de tubería seleccionada, se tiene el mismo distanciamiento entre soportes colgantes, equivalente a 15 ft (4,57 m). Se determina el peso de la tubería vacía a partir de la siguiente ecuación.

Ecuación 9. Peso tubería vacía

$$P_{tv} = P_t * D$$

Fuente: elaboración propia.

P_{tv} : Peso tubería vacía (kg)

P_t : Peso tubería por metro (kg/m)

D : Distancia máxima entre soportes (m)

Cuadro 46. Cálculo peso tubería vacía

Diam (in)	Longitud (m)	Peso (kg/m)	Peso tubería vacía (kg)
1,5	4,572	4,05	18,52
2	4,572	5,44	24,87
2,5	4,3	8,63	37,109
4	2,8	16,08	45,024
6	1,4	28,26	39,564

Fuente: elaboración propia

Se determina el peso del volumen de fluido que pasa a través de la tubería

Ecuación 10. Peso Agua en Tubería.

$$Pa = A * D * \rho$$

Fuente: elaboración propia.

Pa: Peso agua en tubo (kg)

A: Área sección tubo (m²)

D: Distancia máxima entre soportes (m)

 ρ : Densidad (kg / m³)**Cuadro 47. Cálculo peso fluido dentro de la tubería**

Diam (in)	Diam Int (mm)	Área Tubo Int (mm ²)	Distancia (m)	Densidad (kg/m ³)	Peso agua (Kg)
1,5	41,123	1328,16	4,57	997	6,051
2	52,502	2164,9	4,57	997	9,864
2,5	62,078	3026,63	4,3	997	12,9754
4	102,26	8213,05	2,8	997	22,9275
6	154,05	18638,84	1,4	997	26,016

Fuente: elaboración propia

Una vez determinado el peso del agua en la tubería y el peso de la tubería vacía, se puede determinar la carga que deben cumplir los soportes colgantes, este debe cumplir con el requerimiento número 1 del cuadro 43.

Cuadro 48. Cálculo de carga requerida para soportes colgantes

Diam (in)	Peso tubería vacía (kg)	Peso agua (Kg)	Factor Seguridad Norma (kg)	Peso total (Kg)	Carga (N)
1,5	18,52	6,051	113,4	236,2005422	2317,12732
2	24,87	9,864	113,4	287,0239854	2815,7053
2,5	37,109	12,9754	113,4	363,823221	3569,1058
4	45,024	22,9275	113,4	453,1569577	4445,46976
6	39,564	26,016	113,4	441,298789	4329,14112

Fuente: elaboración propia

3.5.3 Selección soportes la selección de los diferentes tipos de soporte colgante depende de factores tales como: superficie de sujeción, diámetro de tubo y carga a soportar. Dentro de la empresa Solinoff Corp S.A. nos enfrentamos a dos escenarios de sujeción, concreto y acero. La norma NFPA 13 nos indica en el capítulo 17, los diámetros mínimos de las varillas y pernos que se usaran como anclaje.

Cuadro 49. Tamaño mínimo de pernos y varillas

Concreto		Acero	
Tamaño tubería	Diámetro perno o varilla	Tamaño tubería	Diámetro perno o varilla
Hasta 4"	3/8"	Hasta 4"	3/8"
5"		5"	
6"	1/2"	6"	1/2"
8"		8"	
10"	5/8"	10"	5/8"
12"	3/4"	12"	3/4"

Fuente: elaboración propia, con base a tabla 17.2.2.10.1 Tamaño mínimo de pernos o varillas para concreto y tabla 17.2.3.5.1 tamaño mínimo de pernos o varilla para acero 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 May 25,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>.

En conclusión, se determina que, para la tubería de 4" y 2" ½ que ira sujeta al concreto, se requiere varillas y pernos de un diámetro mínimo de 3/8".

En el caso del tubo de 6" debe ser sujeta con pernos de un diámetro mínimo de 1/2". Para la tubería de 2" ½, 2" y 1" ½ que ira sujeta a las vigas de acero, se requiere varillas y pernos de un diámetro mínimo de 3/8".

Para la selección de los accesorios que conforman la soportería, se remite a catálogos de accesorios y soportes de diferentes empresas.

Imagen 25. Varilla roscada



Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2018/12/Threaded-rod.pdf>

Cuadro 50. Selección varilla roscada

Nominal size D (Inch)	Screw Thread	Tolerance class	Property class	Max service load (KN)	Model
1/4"	UNC	6g	4.8 / 8.8	1.07	P22-1/4
3/8"	UNC	6g	4.8 / 8.8	3.25	P22-3/8
1/2"	UNC	6g	4.8 / 8.8	6.01	P22-1/2
5/8"	UNC	6g	4.8 / 8.8	9.61	P22-5/8
3/4"	UNC	6g	4.8 / 8.8	14.37	P22-3/4
7/8"	UNC	6g	4.8 / 8.8	19.93	P22-7/8
1"	UNC	6g	4.8 / 8.8	26.25	P22-1

Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2018/12/Threaded-rod.pdf>

Las varillas seleccionadas cumplen con los diámetros estipulados por la norma NFPA y su capacidad es superior a la carga generada por cualquier de los tramos de tubería de diferentes diámetros. La longitud puede variar entre 500 mm a 4000 mm.

Imagen 26. Sujetador tipo CLEVIS



Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2018/12/Clevis-hanger.pdf>

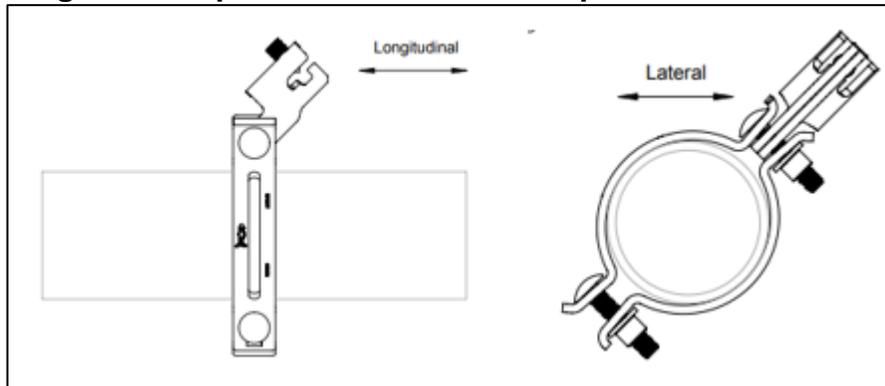
Cuadro 51. Selección sujetador tipo CLEVIS

Available Size						
Nominal pipe size		Rod size	Dimension (mm)		Recommend load	Model
NPS	DN	UNC (metric)	A	B	KN, max	
1/2"	15	3/8" (M10)	54	41	2.71	P16-15
3/4"	20	3/8" (M10)	61	45	2.71	P16-20
1"	25	3/8" (M10)	69	50	3.24	P16-25
1-1/4"	32	3/8" (M10)	84	61	3.24	P16-32
1-1/2"	40	3/8" (M10)	100	73	3.24	P16-40
2"	50	3/8" (M10)	114	82	3.24	P16-50
2-1/2"	65	1/2" (M12)	133	92	6.00	P16-65
3"	80	1/2" (M12)	152	105	6.00	P16-80
4"	100	5/8" (M16)	197	137	6.36	P16-100
5"	125	5/8" (M16)	248	173	6.36	P16-125
6"	150	3/4" (M20)	298	209	8.63	P16-150
8"	200	3/4" (M20)	357	242	8.89	P16-200

Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2018/12/Clevis-hanger.pdf>

Las sujetadores tipo CLEVIS seleccionados, cumplen con los diámetros de rosca de soporte estipulados por la norma NFPA y su capacidad es superior a la carga generada por cualquier de los tramos de tubería de diferentes diámetros. Este tipo de sujetador debe ser usado solo en tubería soportada en superficies de acero, de un diámetro de 2" y 2" 1/2.

Imagen 27. Soporte sísmico universal para tubo



Fuente: elaboración propia, con base en nVent Caddy, Soportes sismo resistentes. Disponible en: <https://www.erico.com/catalog/literature/CFS544.pdf>

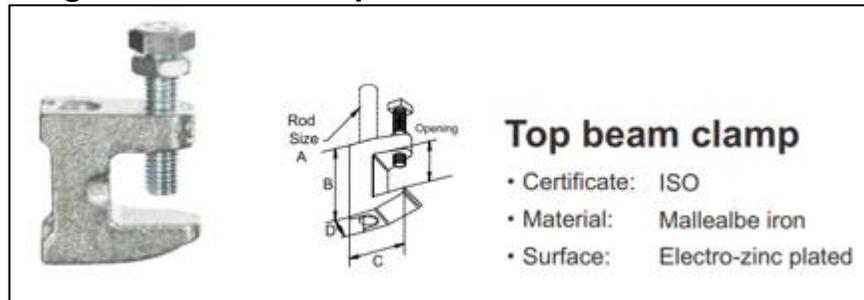
Cuadro 52. Selección soporte sísmico universal

EG Finish*		Service Pipe Size		UL® Loads (Listed for Sway Braces) lbs (N)					
Part Number	Article Number	NPS (in)	mm**	Part Number	Youngstown Tube Fire Flow	Bull Moose Eddy Flow	Wheatland Mega Flow	Sch 10 Service Pipe	Sch 40 Service Pipe
CSB0100	404516	1	25	CSB0100	N/A	N/A	N/A	1,600 (7,117)	1,600 (7,117)
CSB0125	404517	1-1/4	32	CSB0125	N/A	1,000 (4,448)	1,000 (4,448)	1,000 (4,448)	1,000 (4,448)
CSB0150	404518	1-1/2	38	CSB0150	1,600 (7,117)				
CSB0200	404519	2	50	CSB0200	2,015 (8,963)				
CSB0250	404520	2-1/2	65	CSB0250	2,100 (9,341)				
CSB0300	404521	3	80	CSB0300	2,600 (11,565)				
CSB0400	404522	4	100	CSB0400	2,600 (11,565)	2,600 (11,565)	2,600 (11,565)	2,600 (11,565)	2,600 (11,565)
CSB0500	404523	5	125	CSB0500	N/A	N/A	N/A	2,600 (11,565)	2,600 (11,565)
CSB0600	404524	6	150	CSB0600	N/A	N/A	2,600 (11,565)	2,600 (11,565)	2,600 (11,565)
CSB0800	404525	8	200	CSB0800	N/A	N/A	N/A	2,600 (11,565)	2,600 (11,565)
CSB1000	404526	10	250	CSB1000	N/A	N/A	N/A	2,800 (12,455)	2,800 (12,455)
CSB1200	404551	12	300	CSB1200	N/A	N/A	N/A	2,800 (12,455)	2,800 (12,455)

Fuente: elaboración propia, con base en nVent Caddy, Soportes sismo resistentes. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.erico.com/catalog/literature/CFS544.pdf>

Los soportes sísmicos universal seleccionados, cumplen con capacidad superior a la carga generada por cualquier de los tramos de tubería de diferentes diámetros. Este tipo de sujetador debe ser usado solo en tubería soportada en superficies de acero, de un diámetro de 2" y 2" ½. Funciona con tubería de refuerzo de 1" a 2".

Imagen 28. Beam Clamp



Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2018/12/Beam-clamp-and-Universal-structural-attachment.pdf>

Cuadro 53. Selección Beam Clamp

Rod size A (inch)	Dimension (inch)			Design load (LBS)	Model
	B	C	D		
3/8"	2-1/4" (57.1)	2" (50.8)	1-1/8" (28.6)	500	P19-BC07
1/2"	2-5/16" (58.7)	2-3/16" (55.5)	1-1/4" (31.7)	810	P19-BC08
5/8"	2-5/8" (66.7)	2-1/2" (63.5)	1-3/8" (34.9)	1000	P19-BC09
3/4"	2-11/16" (68.3)	2-1/2" (63.5)	1-7/16" (36.5)	1400	P19-BC10

Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2018/12/Beam-clamp-and-Universal-structural-attachment.pdf>

Los soportes Beam Clamp seleccionados, cumplen con los diámetros de rosca de soporte estipulados por la norma NFPA y su capacidad es superior a la carga generada por cualquier de los tramos de tubería de diferentes diámetros. Las cargas respectivamente corresponden a 500 lbf (2224,11 N) y 810 lbf (3603,05 N). Este tipo de sujetador debe ser usado solo en tubería soportada en superficies de acero, de un diámetro de 1" ½, 2" y 2" ½.

Imagen 29. Soporte universal para estructuras



Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2018/12/Beam-clamp-and-Universal-structural-attachment.pdf>

Cuadro 54. Selección soporte universal para estructuras

Hole size HS (mm)	Dimension (mm)			UL load rating (KN)	Model
	A	B	C		
14	133.4	101.6	41.4	13.34	P19-US01
21	133.4	101.6	41.4	13.34	P19-US02

Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2018/12/Beam-clamp-and-Universal-structural-attachment.pdf>

El soporte universal para estructuras seleccionado, tiene una capacidad superior a la carga generada por cualquier de los tramos de tubería de diferentes diámetros. Este tipo de sujetador debe ser usado solo en tubería soportada en superficies de acero, de un diámetro de 2" y 2" ½.

Imagen 30. Soporte adosado a muro con abrazadera en U



Fuente: elaboración propia, con base en VIKING GROUP INC, Hanger&Fasteners. [Consultado el May 25,2020]
 Disponible en: <https://www.vikinggroupinc.com/sites/default/files/usrelated/tolco/fig31m.pdf>

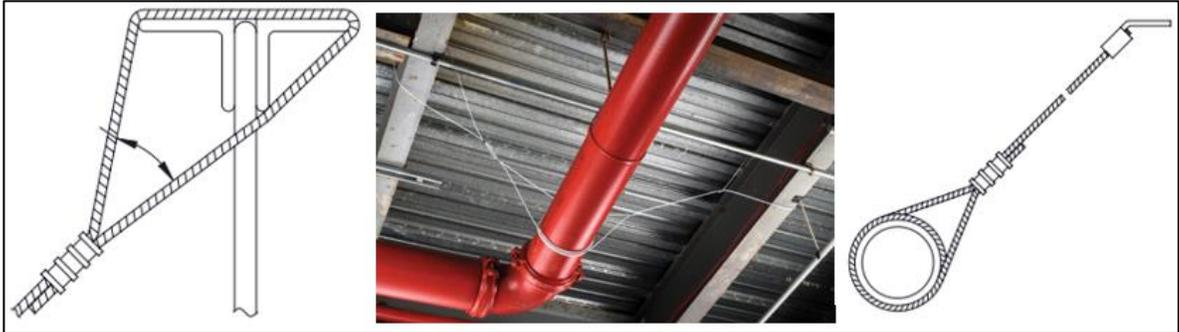
Cuadro 55. Selección soporte adosado a muro

Dimensions		
Pipe Size	H Hole Size	Max. Rec. Load Lbs.
1/2 - 2½	9/16	1000
3	9/16	1000
3½	9/16	1000
4	11/16	1000
5	11/16	1000
6	11/16	1000
8	11/16	1000

Fuente: elaboración propia, con base en VIKING GROUP INC, Hanger&Fasteners. [Consultado el May 25,2020]
 Disponible en: <https://www.vikinggroupinc.com/sites/default/files/usrelated/tolco/fig31m.pdf>

El soporte adosado a muro con abrazadera en U seleccionado, tiene una capacidad superior a la carga generada por cualquiera de los tramos de tubería de diferentes diámetros que no supere las 1000 lbs (4448,22 N). Este tipo de sujetador debe ser usado solo en tubería soportada en superficies de concreto, de un diámetro de 2" ½, 4" y 6".

Imagen 31. Soporte tipo cable (Guaya) y manguito oval.



Fuente: elaboración propia, con base en nVent Caddy, Soportes sismo resistentes. Refuerzo sísmico con cables. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.erico.com/catalog/literature/CFS432.pdf>

Cuadro 56. Selección cable (Guaya) y tamaño manguito oval (brace)

Brace Size	Cable Color	Certified Minimum Break Strength	
		Lbs	Kg
#12	Red	920	417.3
#18	White	1700	771.1
#36	Blue	4200	1905.1
#48	Yellow	7000	3175.1

Part Number	Article Number	Description	Cable Color	Brace Size	Cable Diameter	Sleeve Part Number	Sleeve Article Number	
CSB12CBL	402190	250 ft of cable provided on a spool (sleeves sold separately)	Red	#12	3/32	2.4	CSB12SLVB	402194
CSB18CBL	402191		White	#18	1/8	3.2	CSB18SLVB	402195
CSB36CBL	402192		Blue	#36	3/16	4.8	CSB36SLVB	402196
CSB48CBL	402193		Yellow	#48	1/4	6.4	CSB48SLVB	402197

Fuente: elaboración propia, con base en nVent Caddy, Soportes sismo resistentes. Refuerzo sísmico con cables. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.erico.com/catalog/literature/CFS432.pdf>

El soporte colgante tipo cable (guaya) seleccionado, tiene una capacidad superior 417 Kg a la carga generada (137 Kg) en los tramos de tubería de diámetro 1" ½. Debe ir soportada a superficie de acero.

3.5.4 Cuadro síntesis selección de soportería en conclusión, se seleccionan los tipos de soportería para cada diámetro existentes en la Red Contra Incendios, según sus cargas y su funcionalidad. Se presenta cuadro de los accesorios que componen los sistemas de soportería.

Cuadro 57. Capacidad mínima de carga por tipo de soporte

Tipo de Soportería	Accesorios	Carga por accesorio (N)	Carga Mínima (N)
Adosado a muro	Estructura metálica y arandela tipo U	4448,22	4448,22
Tipo Clevis 1/2"	Sujetador Beam Clamp 1/2"	3603,05	3603,05
	Varilla roscada 1/2"	6010	
	Clevis 1/2"	6000	
Tipo Clevis 3/8"	Sujetador Beam Clamp 3/8"	2224,11	2224,11
	Varilla roscada 3/8"	3250	
	Clevis 3/8"	3240	
Sismo - Resistente	Sujetador Beam Clamp 1/2"	3603,05	3603,05
	Sujetador Beam Clamp Universal	13340	
	Soporte Sísmico Universal Para Tubo	8963	
Cable Metálico (guaya)	Guaya y manguito oval 3/32"	4093,713	4093,713

Fuente: elaboración propia.

Para determinar la selección se basa en el cuadro 57, tomando como capacidad neta la carga menor, así salvaguardando la estructura de la tubería y sus componentes.

Cuadro 58. Síntesis selección de soportería

Diámetro tubería (in)	Peso total (Kg)	Distanciamiento máximo (m)	Carga (N)	Tipo de soportería	Capacidad de carga (N)
1 ½	236	4,57	2317,13	Cable metálico y Manguito Oval (Guaya)	4093,713

Cuadro 58. (continuación)

2	287	4,57	2815,7	Soporte sismo Resistente	3603,05
				Cable metálico y Manguito Oval (Guaya)	4093,713
				Soporte tipo Clevis	2224,11
2 ½	346,3	4,3	3569,1	Soporte sismo Resistente	3603,05
				Soporte tipo Clevis	3603,05
				Soporte adosado a muro con abrazadera tipo U	4446,22
4	453,15	2,8	4445,46	Soporte adosado a muro con abrazadera tipo U	4447,22
6	441,3	1,4	4329,14	Soporte adosado a muro con abrazadera tipo U	4448,22

Fuente: elaboración propia.

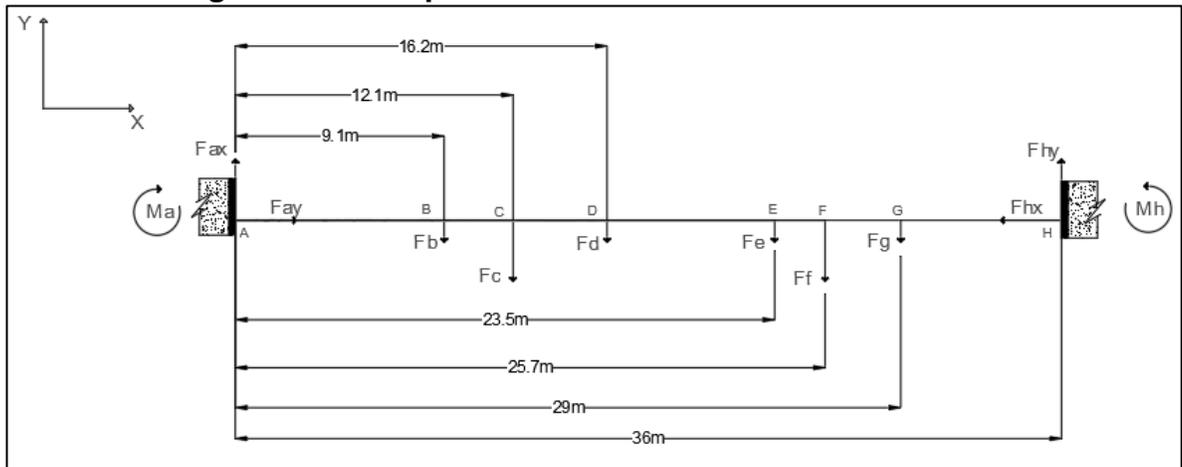
3.6 Cálculo estructural de soportes

Para completar el cálculo de cargas de los soportes de la red contra incendios, es necesario analizar las cargas transmitidas que generan estas sujeciones a las vigas metálicas que componen la estructura general de las bodegas expresadas en el Anexo C.8; con el fin de garantizar que los soportes de tubería no afecten la estructura ni deflecten las vigas de soporte.

En la gráfica 7, se evidencia el diagrama de cuerpo libre del sistema (viga estructural) en equilibrio estático al cual se va a realizar el análisis, teniendo en cuenta las cargas reales (fuerzas concentradas) generadas por los soportes de

tuberías de 1 ½", 2", 2 ½". El equilibrio estático establece que la suma de todas las fuerzas y la suma de todos los momentos que actúan sobre un sistema en equilibrio es cero.³⁸ Es necesario para efectos de cálculo tener en cuenta la fuerza cortante y momento flexionante generados al realizar secciones dentro del diagrama de cuerpo libre, de este modo determinar los esfuerzos generados en la viga. Teniendo en cuenta los accesorios que hacen parte de la soportería de la red contra incendios; se determinan el componente de las fuerzas concentradas en el plano YX, como se evidencia en la Imagen 32 para su análisis estático. Es probable que como resultado se encuentre una flexión positiva.

Gráfica 7. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: elaboración propia.

Donde las fuerzas ejercidas por los soportes anti-sísmicos y tipo Clevis corresponden a las fuerzas Fc y Ff y las fuerzas ejercidas por los soportes de guaya corresponden a las fuerzas Fb, Fd, Fe y Fg respectivamente. Por otro lado, como se ve el Anexo C.8 las vigas se encuentran con apoyos empotrados a cada extremo.

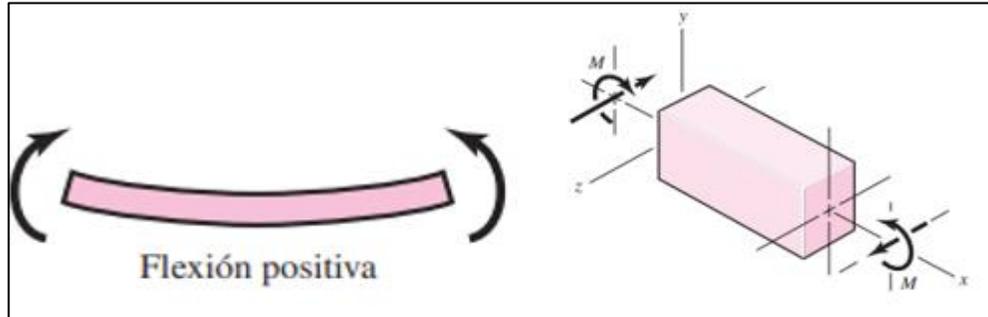
Cuadro 59. Fuerzas ejercidas en la viga

Fuerzas	Magnitud (N)
By	1353,4
Cy	1603,8
Dy	1353,4
Ey	1353,4
Fy	1603,8
Gy	1353,4

Fuente: elaboración propia.

³⁸ SHIGLEY, Joseph Edward, et al. Diseño en ingeniería mecánica. McGraw-Hill 1990. Capítulo 3. Pg 68 ISBN-10: 970-10-6404-6

Imagen 32. Viga a flexión positiva



Fuente: elaboración propia en base a SHIGLEY, Joseph Edward, et al. Diseño en ingeniería mecánica. 1990. Capítulo 3.

Se debe tener en cuenta los siguientes supuestos para el análisis estático de una viga en flexión.

Cuadro 60. Suposiciones para análisis de viga en flexión

SUPUESTOS PARA ANALISIS DE VIGA EN FLEXIÓN	
1	La viga se somete a flexión pura; esto significa que la fuerza cortante es nula y que no hay cargas de torsión o axiales presentes
2	El material es isotrópico y homogéneo
3	El material cumple con la ley de Hooke
4	Inicialmente la viga es recta, con una sección transversal constante en toda su longitud
5	La viga tiene un eje de simetría en el plano de la flexión
6	Las proporciones de la viga son tales que fallaría ante la flexión, en vez de fallar por aplastamiento, corrugación o pandeo lateral
7	Las secciones transversales de la viga permanecen planas durante la flexión

Fuente: elaboración propia en base a SHIGLEY, Joseph Edward, et al. Diseño en ingeniería mecánica. 1990. Capítulo 3.

Para concluir las fuerzas que reacciones en la viga se re parten de tres ecuaciones primordiales para el cálculo estático.

Ecuación 11. Sumatoria de fuerzas en Y

$$\sum Fy = 0$$

Fuente: elaboración propia en base a SHIGLEY, Joseph Edward, et al. Diseño en ingeniería mecánica. 1990. Capítulo 3.

Ecuación 12. Sumatoria de momentos

$$\sum Fm = 0$$

Fuente: elaboración propia en base a SHIGLEY, Joseph Edward, et al. Diseño en ingeniería mecánica. 1990. Capítulo 3.

Ecuación 13. Ecuación de la curva elástica

$$EI \frac{d^2y}{dx} = M(x)$$

Fuente: elaboración propia en base a SHIGLEY, Joseph Edward, et al. Diseño en ingeniería mecánica. 1990. Capítulo 3.

Realizado el análisis de las fuerzas y sus reacciones por los empotramientos, se concluyen el siguiente sistema de ecuaciones.

- $\sum FY = 0$

$$Ay - By - Cy - Dy - Ey - Fy - Gy + Hy = 0 \quad (1)$$

- $\sum Ma = 0$

$$\begin{aligned} -By * 9.1m - Cy * 12.1m - Dy * 16.2m - Ey * 23.5m - Fy * 25.7m \\ -Gy * 29m + Hy * 36m + Mh = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Debido que nos encontramos con más incógnitas que ecuaciones, se procede generando la ecuación de la curva elástica, con el fin de integrar el momento en función de la distancia, arrojando las ecuaciones (3), (4) y (5).

- $EI \frac{d^2y}{dx} = M(x)$

$$-B(x - 9.1) - C(x - 12.1) - D(x - 16.2) - E(x - 23.5) - F(x - 25.7) - G(x - 29) + Hx + Mh = 0 \quad (3)$$

- $EI \frac{dy}{dx} = M \frac{(x)^2}{2}$

$$-\frac{B(x - 9.1)^2}{2} - \frac{C(x - 12.1)^2}{2} - \frac{D(x - 16.2)^2}{2} - \frac{E(x - 23.5)^2}{2} - \frac{F(x - 25.7)^2}{2} - \frac{G(x - 29)^2}{2} - \frac{H(x)^2}{2} - Mh(x) + C1 \quad (4)$$

- $EI y = M \frac{(x)^3}{6}$

$$-\frac{B(x - 9.1)^3}{6} - \frac{C(x - 12.1)^3}{6} - \frac{D(x - 16.2)^3}{6} - \frac{E(x - 23.5)^3}{6} - \frac{F(x - 25.7)^3}{6} - \frac{G(x - 29)^3}{6} - \frac{H(x)^3}{6} - \frac{M(x)^2}{2} + C1x + C2 \quad (5)$$

Posteriormente se determinan las condiciones de frontera que garantice el despeje de las incógnitas generadas por la integración en las ecuaciones (4) y (5).

- Condición de frontera, donde $x=0$ y $y=0$; $C1=0$ $C2=0$
- Condición de frontera, donde $x=36$ $y=0$ (Para ecuación (8))

Con el fin de garantizar un sistema de 3 ecuaciones y 3 incógnitas se simplifica la ecuación (5) y se despejan las variables incógnitas de las ecuaciones (1) y (2). Obteniendo el siguiente sistema de ecuaciones.

$$Ay = 8621.2 N - Hy \quad (6)$$

$$Mh = 132270.96 N - 36Hy \quad (7)$$

$$648Mh = 7776 Hy + 10600798.78 \quad (8)$$

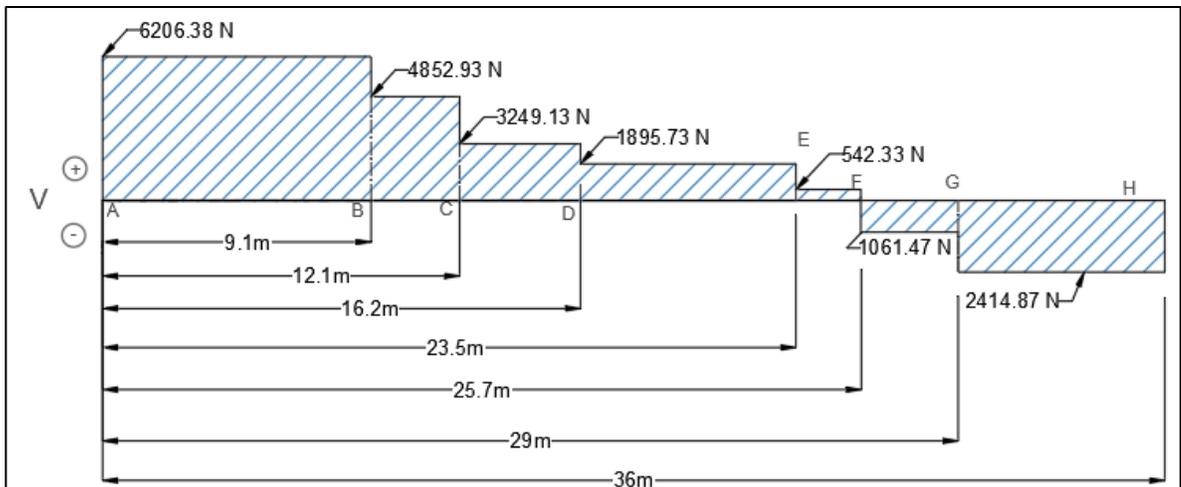
Para finalizar, se deducen las fuerzas resultantes como los momentos que ejercen los apoyos empotrados en cada extremo de la viga. Arrojando las siguientes magnitudes en los apoyos, curvas de fuerza cortante y momento flector.

Cuadro 61. Fuerzas ejercidas en la viga

Fuerzas	Magnitud
Ay	6206,38 N
Hy	2414,82 N
Ma	45336,20 Nm
Mh	45336,20 Nm

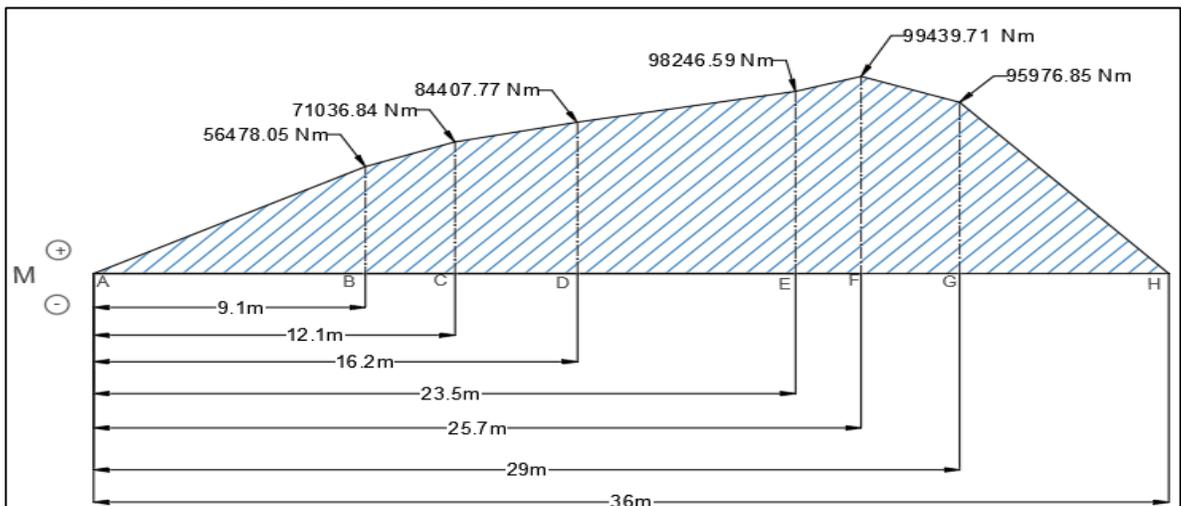
Fuente: elaboración propia.

Gráfica 8. Curva fuerzas cortantes



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 9. Curva de momento flector



Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se realiza el cálculo del esfuerzo máximo que se trasmite a la viga por las cargas ejercidas a través de las siguientes ecuaciones. Por otro lado, se realiza la comparación del esfuerzo que soporta la viga con el transmitido por las cargas.

Ecuación 14. Esfuerzo flexionante máximo

$$\sigma \text{ max} = \frac{M \cdot C}{I}$$

Fuente: elaboración propia en base a SHIGLEY, Joseph Edward, et al. Diseño en ingeniería mecánica. 1990. Capítulo 3.

σ : Esfuerzo máximo (N/ cm²)
M: Momento flector (N.cm)
C: Centroide de la figura (cm)
I: Momento de inercia (cm⁴)

Ecuación 15. Esfuerzo flexionante con respecto al módulo de sección

$$\sigma \text{ s} = \frac{M}{\sigma \text{ max}} \quad S = \frac{I}{C}$$

Fuente: elaboración propia en base a SHIGLEY, Joseph Edward, et al. Diseño en ingeniería mecánica. 1990. Capítulo 3.

σ : Esfuerzo máximo (N/ cm²)
M: Momento flector (N.cm)
S: Modulo de sección (cm³)
C: Centroide de la figura (cm)
I: Momento de inercia (cm⁴)

Con el fin de garantizar que la viga HEA 200 del catálogo de la empresa METAZA (que se encuentra en la estructura física de la planta Solinoff Corp S.A.) no sufra alguna deformación provocada por las cargas transmitidas del conjunto de soportería y red contra incendios, se realiza el comparativo del módulo de sección entre estas. No obstante, es necesario aclarar que según la distribución de vigas en el plano "tipo estructura bodegas Solinoff Corp S.A." en el Anexo C.8, se repiten las mismas configuraciones y los mismos esquemas de cargas para cada viga y para todas las bodegas, por la simetría en la distribución de la red contra incendios.

Cuadro 62. Comparativo modulo se sección

COMPARACIÓN DE ESFUERZOS Y MÓDULO DE SECCIÓN			
ESFUERZO Y MÓDULO DE SECCIÓN GENERADOS		MÓDULO DE SECCION VIGA HEA 200	
$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot C}{I}$	20601,01 N/cm ²	$s = \frac{M}{\sigma_{\max}}$	389 cm ³
$s = \frac{M}{\sigma_{\max}}$	288 cm ³		

Fuente: elaboración propia.

En conclusión, se puede observar que el módulo de sección necesario para suplir el esfuerzo que generan el conjunto de soportería y tubería es muy inferior al módulo de sección que provee la viga HEA 200, garantizando que no se genera alguna deformación por la aplicación de las cargas.

3.7 DETECTORES Y SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO

Para determinar los componentes del sistema de detección y alarma convenientes para el diseño de la red contra incendios para la empresa Solinoff Corp S.A., es necesario tener en cuenta que, al ser un sistema con rociadores automáticos, no requiere de detectores de humo para la activación del sistema, sin embargo, se evalúan componentes eléctricos que permitan generar señales de alarma para activar los protocolos ante un incendio. Este parámetro se determinó en el Cuadro 29 con el uso de pulsadores de activación manual, ubicadas en puntos estratégicos de la planta, en los cuales exista la mayor probabilidad de Riesgo Extra y Ordinario; estos pulsadores estarán conectados a un sistema de control de alarmas que activarán alarmas visuales y auditivas.

Imagen 33. Pulsador manual de alarma



Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Alarm System. Intelligent Fire Alarm System. [Consultado el May 25, 2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2019/04/Addressable-Manual-Call-Point.pdf>

Las alarmas visuales y auditivas deben estar ubicadas a lo largo de la empresa en los puntos de corredores, estos deben indicar a su vez el recorrido a las salidas de emergencia. Estos componentes eléctricos son un complemento al sistema de alarma existente en el cuarto de bombas.

Imagen 34. Alarma visual y auditiva



Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Alarm System. Intelligent Fire Alarm System. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2019/04/Intelligent-Sounder-Strobe.pdf>

Adicional, se debe implementar un protocolo de corte de fluido eléctrico conjunto a la activación del sistema contra incendio, por parte de la empresa o el equipo de Bomberos llamado en el conato; con el fin de asegurar el óptimo funcionamiento de la red húmeda y evitar daños en componentes eléctricos de la planta.

3.8 ACCESORIOS PARA SISTEMA DE TUBERÍA HÚMEDA

Para el sistema de tubería húmeda seleccionado, es de requerimiento la implementación de válvulas específicas y accesorios esenciales que hacen del sistema el correcto funcionamiento.

3.8.1 Gabinete contra incendios es esencial la implementación de gabinetes contra incendios, según el riesgo que se presente en el diseño de la red contra incendios. Sin embargo, se remite a la empresa TPMCSTEEL, para la selección de este. El detalle de la tubería en el gabinete se presenta en el Anexo C.6.

Imagen 35. Gabinete contra incendios



Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2018/11/Fire-hose-rack-cabinet.pdf>

Cuadro 63. Selección gabinete contra incendios.

Available size					
Capacity	Dimension (mm)			Class as NFPA 14	Model
	D	W	H		
1.5" x 30m	180	700	800	Class II	F45-40
2.5" x 30m	300	900	1100	Class II	F45-65
1.5" x 30m+ landing valve	200	700	800	Class III	F45-40L
2.5" x 30m+ landing valve	300	900	1100	Class III	F45-65L

Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2018/12/Beam-clamp-and-Universal-structural-attachment.pdf>

3.8.2 Válvula de compuerta os&y bridada para controlar el flujo en la salida del sistema es necesario la implementación de una válvula de compuerta tipo OS&Y bridada, salvaguardando así el correcto control de la red en situaciones de emergencia.

Imagen 36. Válvula de compuerta OS&Y bridada



Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2019/04/British-Flanged-OSY-gate-valve.pdf>

Cuadro 64. Selección de válvula de compuerta tipo OS&Y bridada

Available size								
Size			Dimension (mm)				Bolting (n x φd)	Ref. No.
Inch	DN	mm	L	H min	H max	D		
2"	50	60.3	178	348	400	165	4 x 3/4"	V09-50E
2-1/2"	65	76.1	190	373	440	185	4 x 3/4"	V09-65E
3"	80	88.9	203	408	490	200	4 x 3/4"	V09-80E
4"	100	114.3	229	471	573	220	8 x 3/4"	V09-100E
5"	125	139.7	254	541	665	250	8 x 7/8"	V09-125E
6"	150	168.3	267	601	755	285	8 x 7/8"	V09-150E
8"	200	219.1	292	774	975	340	8 x 7/8"	V09-200E
10"	250	273.0	330	939	1193	405	12 x 1"	V09-250E
12"	300	323.9	356	1065	1370	460	12 x 1"	V09-300E

Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 25,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2019/04/British-Flanged-OSY-gate-valve.pdf>

3.8.3 Válvula de control pilotada posteriormente, para el funcionamiento de presurización del sistema es necesario la existencia de una válvula tipo mariposa de un cuarto de vuelta, donde sea abierta o cerrada completamente mediante un sistema pilotado.

Imagen 37. Válvula mariposa pilotada



Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 29,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2019/04/British-Grooved-butterfly-valve.pdf>

Cuadro 65. Selección válvula mariposa pilotada

Available size								
Size			Dimension (mm)					Ref. No.
Inch	DN	mm	A	B	H	L	T	
2"	50	60.3	89	65	123	202	81	V08-50E
2-1/2"	65	76.1	102	71	123	202	97	V08-65E
3"	80	88.9	109	81	123	202	97	V08-80E
4"	100	114.3	128	95	123	202	116	V08-100E
5"	125	139.7	141	111	123	202	148	V08-125E
6"	150	168.3	153	133	123	215	148	V08-150E
8"	200	219.1	184	164	123	274	153	V08-200E
10"	250	273.0	216	196	123	274	159	V08-250E
12"	300	323.9	254	226	132	294	165	V08-300E

Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 29,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2019/04/British-Grooved-butterfly-valve.pdf>

3.8.4 Válvula de retención con alarma la selección de esta válvula es indispensable para el funcionamiento del sistema de tubería húmeda, debido que es la encargada de suministrar la perdida de presión en la red a los tableros de control de las bombas, entrando así en funcionamiento el sistema de bombeo y generando la aspersion en los rociadores activados.

Imagen 38. Válvula de retención con alarma



Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 29,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2019/04/Flanged-alarm-check-valve.pdf>

Imagen 39. Selección válvula de retención con alarma

Available size						
Size			Dimension (mm)		Bolting (n x φd)	Ref. No.
Inch	DN	mm	L	H		
3"	80	88.9	190	257	8 x 3/4"	V01-80
4"	100	114.3	229	270	8 x 3/4"	V01-100
6"	150	168.3	279	346	8 x 7/8"	V01-150
8"	200	219.1	340	432	8 x 7/8"	V01-200

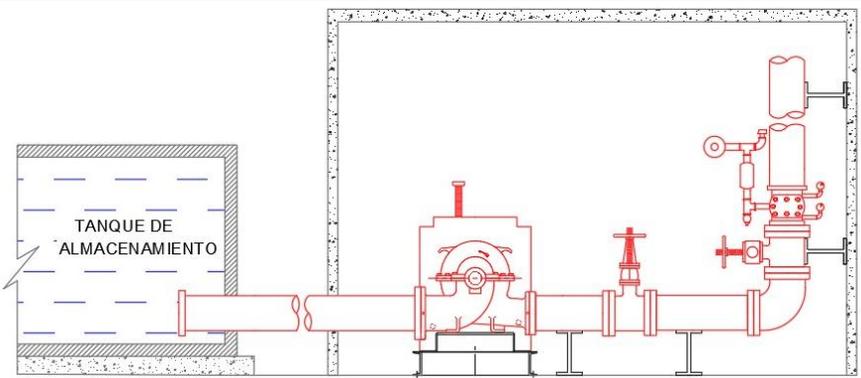
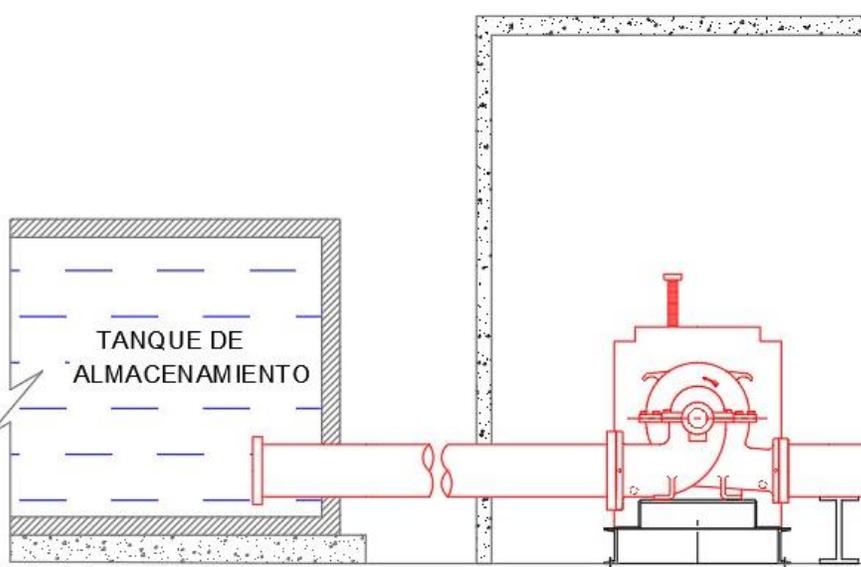
Fuente: elaboración propia, con base en TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el May 29,2020] Disponible en: <https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2019/04/Flanged-alarm-check-valve.pdf>

4. MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los procedimientos de instalación, operación y mantenimiento de la red contra incendios deben estar sujetas a la normativa NFPA, debe designarse personal certificado que cuente con la capacidad de interpretar planos y definir las etapas del montaje. Es necesario contar con la herramienta necesaria para trabajo de tubería y seguir protocolos de seguridad.

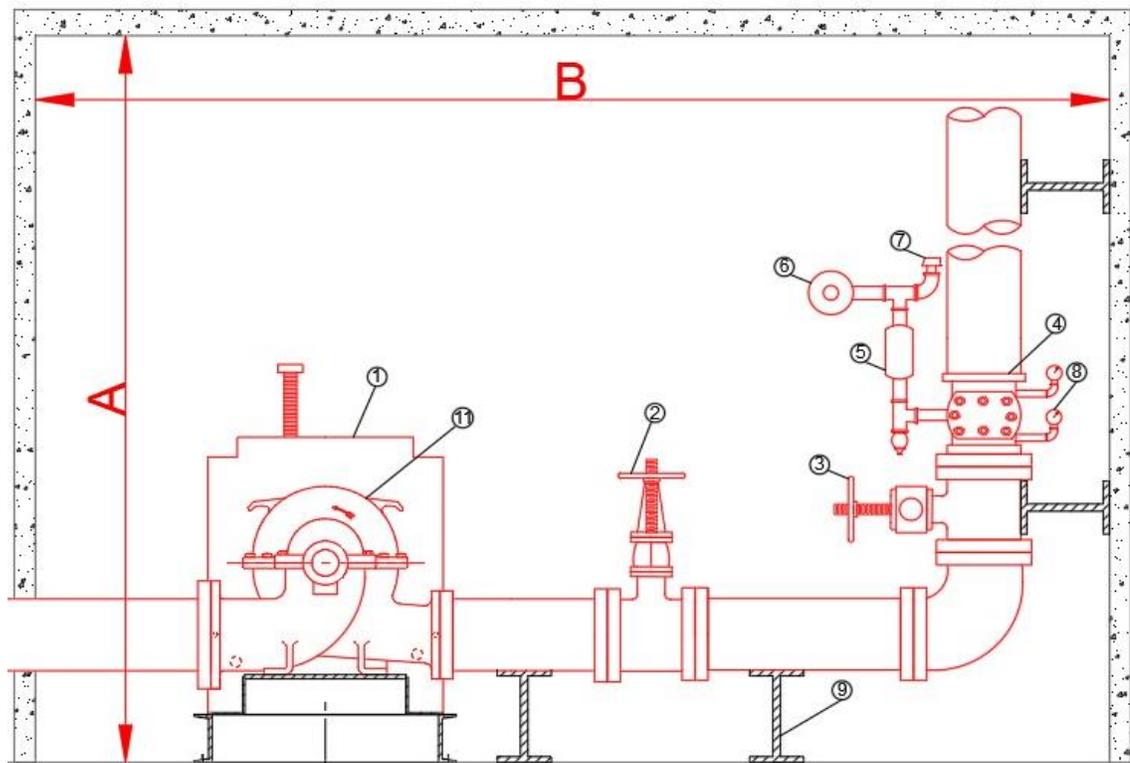
Se debe realizar pruebas para la aprobación de la instalación y funcionamiento, así como de materiales y presiones de la red, en caso de no ser cumplidas, se considera como una mala ejecución y el personal encargado de la instalación debe realizar las actividades correctivas. Almacenar el registro de la instalación, pruebas de aceptación y fichas técnicas de los componentes.

4.1 MANUAL DE INSTALACIÓN

Manual de instalación	
Componente 1 : Cuarto de bombas	
1. Esquema general	
	
2. Conexion tanque-bomba	
	
Partes	<ul style="list-style-type: none"> • Tanque de almacenamiento • Tubería de succion • Bomba principal
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Todos los componentes principales deben ser anclados al suelo. • Tanque de succión positiva a nivel de superficie. • Se recomienda la instalación de un filtro y válvula cheque en la tubería de succión. • La tubería de succión debe ser de diámetro de 10" SCH40 	

- En la etapa de succión se debe instalar conexiones bridadas y reducciones si son necesarias.
- La distancia de la tubería de succión, entre la salida de descarga del tanque y la bomba debe ser mínimo de 8 veces el diámetro de la entrada de succión de la misma.
- Etiquetar tuberías y equipos.
- Garantizar espacios despejados entre el tanque de almacenamiento y cuarto de bombas.

3. Cuarto bombas



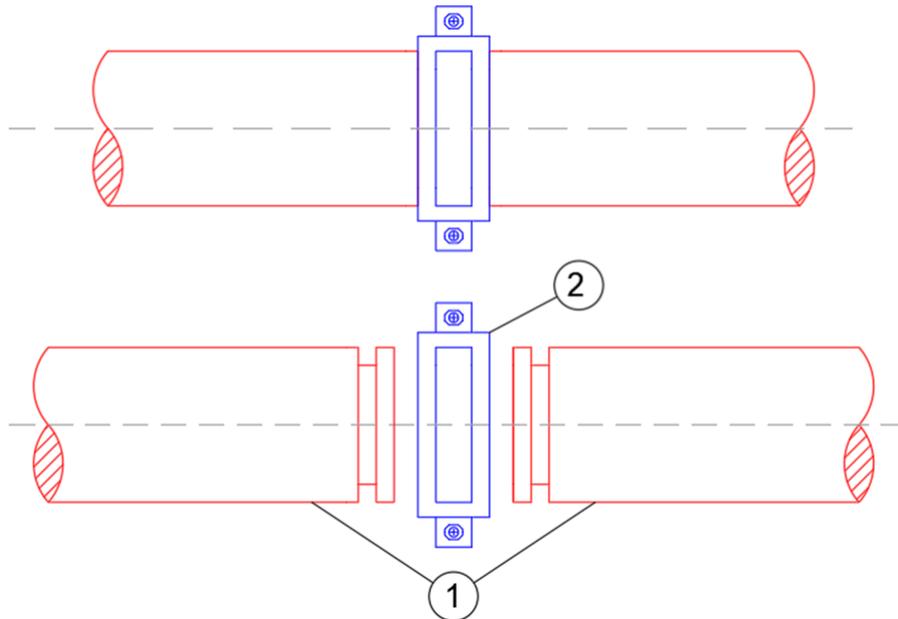
Partes

1. Motor diesel
2. Valvula compuerta OS&Y
3. Valvula mariposa servopilotada
4. Valvula Risk & Check
5. Camara de retardo
6. Alarma hidromecanica
7. Presostato
8. Manometro

	<p>9. Soportes 10. Tanque de almacenamiento 11. Bomba principal horizontal de carcasa partida</p>
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • El cuarto debe tener una altura (A) no inferior a 2.5 m y una longitud (B) de 5 m. • Todos los componentes principales deben ser anclados al suelo. • En las etapas de succión y descarga se deben instalar conexiones bridadas y reducciones si son necesarias. • Se debe instalar soportes de tubería que mantengan la alineación de las etapas de la bomba. • La base de la bomba debe estar ubicado mínimo a 1.5 m de radial del perímetro. • Se debe verificar la hermeticidad de los accesorios roscados dentro del cuarto. • La salida de la tubería principal debe alcanzar una altura de 8 m desde la superficie inferior del cuarto de bombas y debe interconectar con la línea principal de la red contra incendios. • Etiquetar tuberías y equipos. • Instalación tanque de combustible para motor diésel. • Realizar conexiones eléctricas de tableros de control y anclaje de gabinete a 1.5 m de altura. • Garantizar espacios despejados dentro del cuarto de bombas. • Realizar derivación para escape de gases de combustión fuera del cuarto. • El cuarto de bombas debe contar con sifones de descarga. • Se sugiere que el cuarto de bombas tenga iluminación natural y de emergencia. • Para la conexión de los accesorios de activación, remitirse al componente número 3 del manual de instalación. 	

Componente 2 : Tubería, accesorios y uniones ranuradas

1. Unión tubería - tubería



Partes

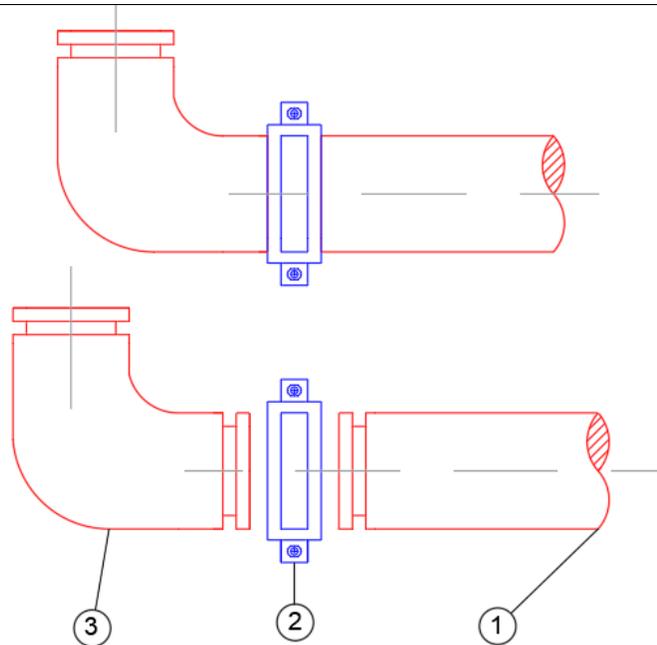
1. Tubería SCH40 ranurada
2. Clamps para unión de tubería ranurada

Procedimiento

- Suministro e instalación de tubería SCH40 de acero al carbón.
- Usar tubería (1) diámetros de 1 ½", 2", 2 ½", 4" y 6".
- Verificar que la tubería soporte una presión interna en las paredes de 300 psi (21 Bar).
- De acuerdo a la distribución de la red contra incendios, determinar longitud, realizar corte y ranurado necesario en la tubería (1).
- Previo a la instalación de tubería ranurada (1) es recomendable lubricar las uniones para el desplazamiento y adherencia del elastómero que hace parte del Clamp para unión (2).
- Usar instrumentos adecuados para realizar ranurado y cortes a 90° en la tubería (1).
- Garantizar el correcto ajuste en los Clamps para unión de tubería ranurada (2).
- Guiarse del esquema unión tubería – tubería.
- Para la instalación de soportería necesaria y pertinente según el diámetro de la tubería, remitirse al componente número 5 del manual de instalación.
- Etiquetar tuberías.

- Verificando la correcta alineación y sujeción.

2. Unión tubería- codo



Partes

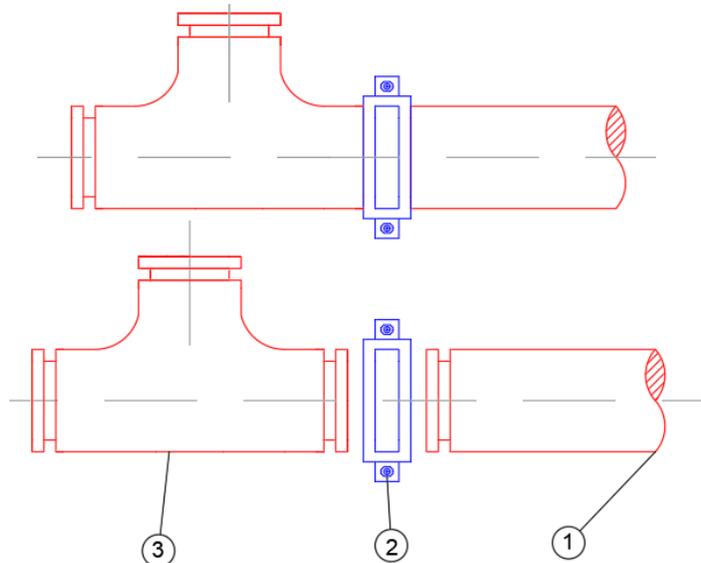
1. Tubería SCH40 ranurada
2. Clamps para unión de tubería ranurada
3. Codo 90 ° ranurado

Procedimiento

- Suministro e instalación de tubería SCH40 de acero al carbón.
- Usar tubería (1) y accesorios (3) de diámetros de 1 ½", 2", 2 ½", 4" y 6".
- Verificar que la tubería soporte una presión interna en las paredes de 300 psi (21 Bar).
- De acuerdo a la distribución de la red contra incendios, determinar longitud, realizar corte y ranurado necesario en la tubería (1).
- Previo a la instalación de accesorios ranurado (3) y tubería ranurada (1) es recomendable lubricar las uniones para el desplazamiento y adherencia del elastómero que hace parte del Clamp para unión (2).
- Usar instrumentos adecuados para realizar ranurado y cortes a 90° en la tubería (1).
- Garantizar el correcto ajuste en los Clamps para unión de tubería y accesorios ranurado (2).
- Guiarse del esquema unión tubería – codo.
- Para la instalación de soportería necesaria y pertinente según el diámetro de la tubería, remitirse al componente número 5 del manual de instalación.
- Etiquetar tuberías.

- Verificando la correcta alineación y sujeción.

3. Unión tubería- tee



Partes

1. Tubería SCH40 ranurada
2. Clamps para unión de tubería ranurada
3. Tee ranurado

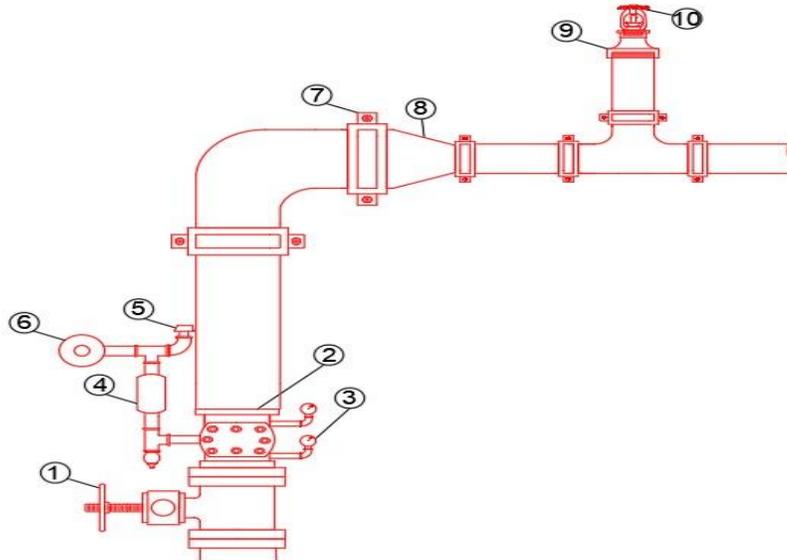
Procedimiento

- Suministro e instalación de tubería SCH40 de acero al carbón.
- Usar tubería (1) y accesorios (3) de diámetros de 1 ½", 2", 2 ½", 4" y 6".
- Verificar que la tubería soporte una presión interna en las paredes de 300 psi (21 Bar).
- De acuerdo a la distribución de la red contra incendios, determinar longitud, realizar corte y ranurado necesario en la tubería (1).
- Previo a la instalación de accesorios ranurado (3) y tubería ranurada (1) es recomendable lubricar las uniones para el desplazamiento y adherencia del elastómero que hace parte del Clamp para unión (2).
- Usar instrumentos adecuados para realizar ranurado y cortes a 90° en la tubería (1).
- Garantizar el correcto ajuste en los Clamps para unión de tubería y accesorio ranurado (2).
- Guiarse del esquema unión tubería – codo.
- Para la instalación de soportería necesaria y pertinente según el diámetro de la tubería, remitirse al componente número 5 del manual de instalación.
- Etiquetar tuberías.

- Verificando la correcta alineación y sujeción.

Componente 3: Accesorios del sistema

1. Accesorios de activación



Partes

1. Valvula mariposa servopilotada
2. Valvula Risk & Check
3. Manometro
4. Camara de retardo
5. Presostato
6. Alarma hidromecanica
7. Clamps para unión de tubería ranurada
8. Reducción
9. Copa reductora
10. Rociador Up Righth

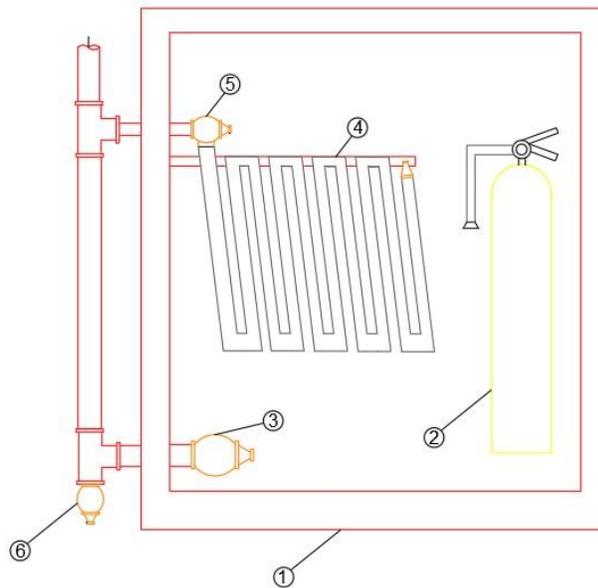
Procedimiento

- Suministro e instalación de tubería SCH40 de acero al carbón.
- Usar tubería y accesorios de diámetros de 1 ½", 2", 2 ½", 4" y 6".
- De acuerdo a la distribución de la red contra incendios, determinar longitud, realizar corte y ranurado necesario en la tubería.
- Ubicar el sitio de instalación de acuerdo al esquema cuarto de bombas, remitirse al componente número 1 del manual de instalación.
- Verificar que los componentes a instalar se encuentren en optimo estado.
- Instalar en el sentido de flujo, los componentes para el correcto funcionamiento y organizarlos de la siguiente forma ascendente: Valvula

mariposa servopiloteada (1), válvula Risk & Check (2), manómetros (3), cámara de retardo (4), presostato (5) y alarma hidromecánica (6).

- Se sugiere una ubicación perpendicular con el fin de contribuir al funcionamiento de la válvula de Risk & Check.
- Para la instalación de uniones de tubería y accesorios, remitirse al componente número 2 del manual de instalación.
- Para la instalación de soportería necesaria y pertinente según el diámetro de la tubería, remitirse al componente número 5 del manual de instalación.
- Etiquetar tuberías.
- Verificando la correcta alineación y sujeción.

2. Gabinete tipo III



Partes

1. Estructura gabinete tipo III
2. Extintor
3. Valvula 2 1/2" (conexión bomberos)
4. Manguera
5. Valvula 1 1/2" (conexión manguera)
6. Valvula 1 1/2" de purga

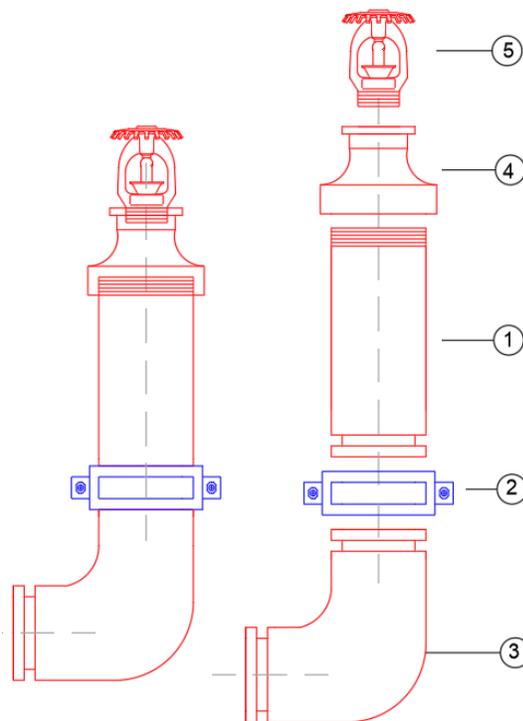
Procedimiento

- Suministro e instalación de tubería SCH40 de acero al carbón.
- Usar tubería y accesorios de diámetros de 1 1/2" y 2 1/2".

- De acuerdo a la distribución de la red contra incendios, determinar longitud, realizar corte y ranurado necesario en la tubería.
- Ubicar el sitio de instalación según los planos de la red contra incendios.
- Se debe instalar de forma superficial en una pared plana, teniendo en cuenta que la altura mínima respecto al piso debe ser de 1.6 m.
- Los gabinetes deben contar con sistemas de alarma cercanos.
- Se debe instalar las válvulas roscadas (3, 5 y 6), manguera (4) con boquilla de chorro niebla-directo, extintor (2) y verificar que los componentes se encuentren en optimo estado.
- Para la instalación de uniones de tubería y accesorios, remitirse al componente número 2 del manual de instalación.
- Para la instalación de soportería necesaria y pertinente según el diámetro de la tubería, remitirse al componente número 5 del manual de instalación.
- Etiquetar tuberías.
- Verificando la correcta alineación y sujeción.

Componente 4 : Rociadores

1. Conexión codo-rociador



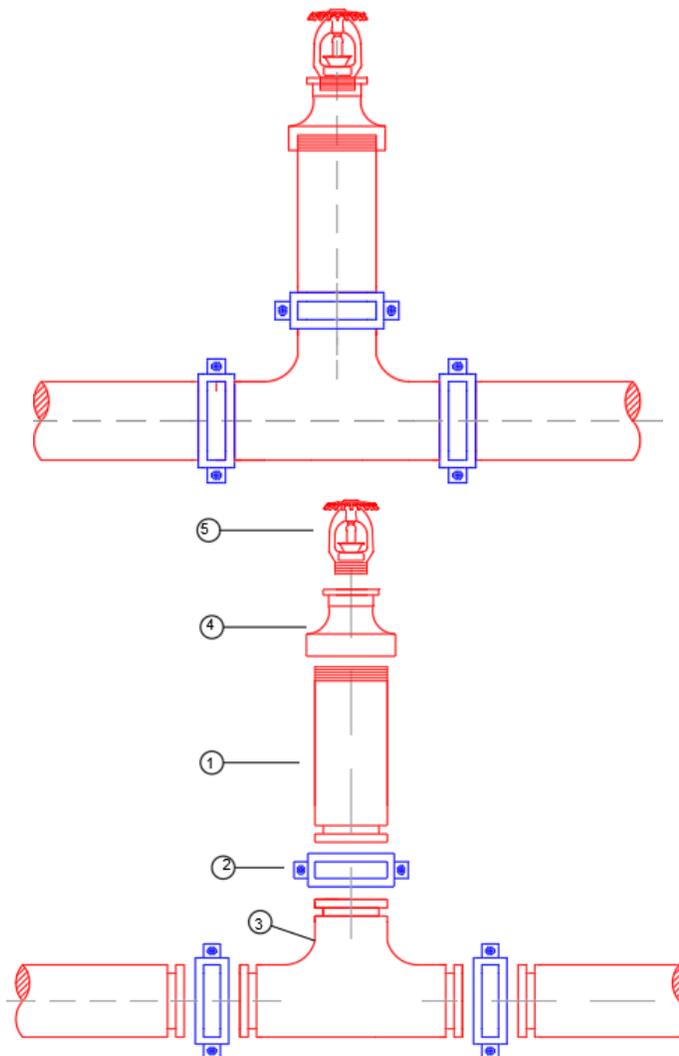
Partes

1. Tubería SCH40 ranurada y roscada
2. Clamps para unión de tubería ranurada

	3. Codo 90 ° ranurado 4. Copa reductora roscada 5. Rociador Up Righth
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Suministro e instalación de tubería SCH40 de acero al carbón. • Usar tubería (1) y accesorios (3 y 4) de diámetros de 1 ½”, 2”, 2 ½”. • Verificar que la tubería soporte una presión interna en las paredes de 300 psi (21 Bar). • De acuerdo a la distribución de la red contra incendios, determinar longitud, realizar corte, ranurado y roscado necesario en la tubería (1). • Previo a la instalación de accesorios (3 y 4) y tubería (1) es recomendable lubricar las uniones para el desplazamiento y adherencia del elastómero que hace parte del Clamp para unión (2). • Usar instrumentos adecuados para realizar ranurado, roscado y corte a 90° en la tubería (1). • Garantizar el correcto ajuste en los Clamps (2) para unión de tubería ranurada y accesorios (3 y 4). • Aplicar de forma continua y uniforme pegamento adhesivo sellador de fuerza alta en uniones roscadas (1, 4 y 5). • La reducción del accesorio roscado (4) que permite la conexión con el rociador (6), debe ser de salida a ½”. • Los accesorios roscados solo se deben utilizar donde se ubiquen conexiones a rociadores. • Verificar que la presión en los rociadores no supere los 175 psi (12,1 Bar). • Verificar que los accesorios y la tubería cuenten con roscas tipo NPT. • Verificar la limpieza en la parte interior de los accesorios roscados (libre de virutas e impurezas). • El proceso de roscado de los accesorios se debe realizar utilizando llaves de tubo. (Verificar ajuste) • No realizar ninguna prueba hasta que se cumpla el tiempo de secado indicado por el fabricante del pegamento adhesivo sellador. • Los rociadores deben cumplir con las siguientes características: Factor de descarga K de 5.6, rosca NPT de ½”, temperatura de operación promedio 57°C. • Los rociadores deben ser tipo “UP-RIGTH” automático de bulbo térmico. • No instalar ningún rociador si el bulbo presenta ruptura o pierde líquido. • No forzar el ajuste de la rosca de los rociadores, puede producir daños y fugas. 	

- Verificar que los rociadores se encuentren ubicados en el mismo nivel en una misma rama y respetar distanciamiento máximo de 3.7 m entre rociadores.
- Para la instalación de uniones de tubería y accesorios, remitirse al componente número 2 del manual de instalación.
- Para la instalación de soportería necesaria y pertinente según el diámetro de la tubería, remitirse al componente número 5 del manual de instalación.
- Etiquetar tuberías.
- Verificando la correcta alineación y sujeción.

2. Conexión tee-rociador

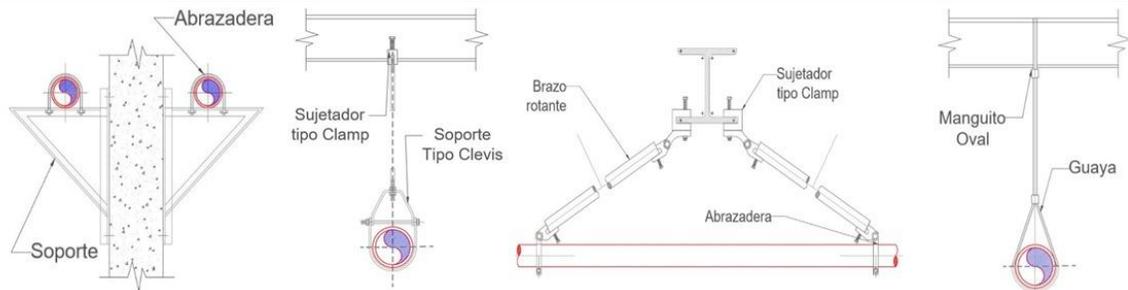


Partes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tubería SCH40 ranurada y roscada 2. Clamps para unión de tubería ranurada 3. Tee ranurada 4. Copa reductora roscada 5. Rociador Up Righth
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Suministro e instalación de tubería SCH40 de acero al carbón. • Usar tubería (1) y accesorios (3 y 4) de diámetros de 1 ½”, 2”, 2 ½”. • Verificar que la tubería soporte una presión interna en las paredes de 300 psi (21 Bar). • De acuerdo a la distribución de la red contra incendios, determinar longitud, realizar corte, ranurado y roscado necesario en la tubería (1). • Previo a la instalación de accesorios (3 y 4) y tubería (1) es recomendable lubricar las uniones para el desplazamiento y adherencia del elastómero que hace parte del Clamp para unión (2). • Usar instrumentos adecuados para realizar ranurado, roscado y corte a 90° en la tubería (1). • Garantizar el correcto ajuste en los Clamps (2) para unión de tubería ranurada y accesorios (3 y 4). • Aplicar de forma continua y uniforme pegamento adhesivo sellador de fuerza alta en uniones roscadas (1, 4 y 5). • La reducción del accesorio roscado (4) que permite la conexión con el rociador (6), debe ser de salida a ½”. • Los accesorios roscados solo se deben utilizar donde se ubiquen conexiones a rociadores. • Verificar que la presión en los rociadores no supere los 175 psi (12,1 Bar). • Verificar que los accesorios y la tubería cuenten con roscas tipo NPT. • Verificar la limpieza en la parte interior de los accesorios roscados (libre de virutas e impurezas). • El proceso de roscado de los accesorios se debe realizar utilizando llaves de tubo. (Verificar ajuste) • No realizar ninguna prueba hasta que se cumpla el tiempo de secado indicado por el fabricante del pegamento adhesivo sellador. • Los rociadores deben cumplir con las siguientes características: Factor de descarga K de 5.6, rosca NPT de ½”, temperatura de operación promedio 57°C. • Los rociadores deben ser tipo “UP-RIGTH” automático de bulbo térmico. • No instalar ningún rociador si el bulbo presenta ruptura o pierde líquido. 	

- No forzar el ajuste de la rosca de los rociadores, puede producir daños y fugas.
- Verificar que los rociadores se encuentren ubicados en el mismo nivel en una misma rama y respetar distanciamiento máximo de 3.7 m entre rociadores.
- Para la instalación de uniones de tubería y accesorios, remitirse al componente número 2 del manual de instalación.
- Para la instalación de soportería necesaria y pertinente según el diámetro de la tubería, remitirse al componente número 5 del manual de instalación.
- Etiquetar tuberías.
- Verificando la correcta alineación y sujeción.

Componente 5 : Soporteria

Tipos de soporte



Procedimiento

- Para la instalación de tubería de la red contra incendios se deben determinar los elementos de fijación y sujeción que componen los diferentes tipos de soportes.
- Todos los elementos que componen los soportes deben estar certificados.
- Todos los elementos que componen los soportes deben ser de materiales ferrosos.
- Los soportes deben estar diseñados para soportar 5 veces el peso de la tubería llena de agua más 250 lbs.
- Los tramos a instalar deben corresponder con las distancias, altura y alineación según el plano de diseño.
- El distanciamiento máximo que debe existir para todos los tipos de soporte debe ser de 4.6 m.
- Para la tubería principal de diámetro 6" el distanciamiento máximo entre soportes debe ser de 1.4 m. Para la tubería principal de diámetro 4" el distanciamiento máximo entre soportes debe ser de 2.8 m y para la tubería

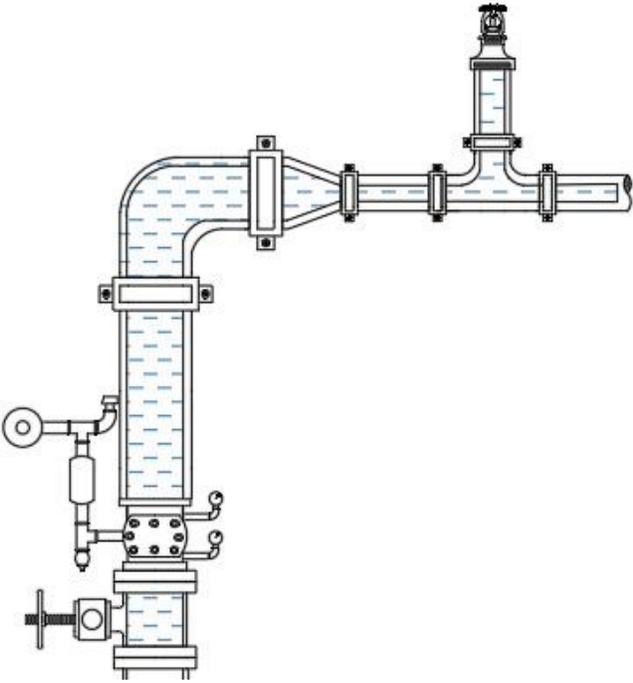
principal de diámetro 2" ½ el distanciamiento máximo entre soportes debe ser de 4.3 m.

- Todos los soportes colgantes deben tener anclaje de expansión interna.
- Roscar hasta el tope todos los elementos de anclaje (varillas y chazos).
- La tubería principal de diámetro 6", 4" y 2" ½ que corresponda a la línea principal de la red debe ser anclada a muros y vigas de concreto por medio de un soporte adosado a muro y abrazadera en U, los elementos de anclaje y varillas roscadas deben ser de diámetro ½" para tubería de 6" y de diámetro 3/8" para tubería de 4" y 2" ½. Usar para anclajes verticales y horizontales.
- La tubería de 2" ½, 2" y 1" ½ que corresponden a las bifurcaciones principales y ramas de la red contra incendios debe ser ancladas a las vigas de acero estructural del techo por medio de soportes colgantes conformados por los siguientes componentes: Beam Clamp, varilla roscada, abrazaderas tipo Clevis o pera. Los elementos de anclaje y varillas roscadas deben ser de diámetro ½" para tubería de 2" ½" y de diámetro 3/8" para tubería de 2" y 1" ½.
- La tubería de 2" ½ y 2" que corresponden a las bifurcaciones principales de la red contra incendios debe ser ancladas a las vigas de acero estructural del techo por medio de soportes colgantes sismo resistente conformados por los siguientes componentes: Beam Clamp, sujetador universal para Beam Clamp, tubo de alineación y soporte sísmico universal para tubo. Los elementos de anclaje y varillas roscadas deben ser de diámetro ½" para tubería de 2" ½" y 2". Este tipo de soporte solo se usará donde sea requerido.
- La tubería de 1" ½ que corresponden a las ramas de la red contra incendios debe ser ancladas a las vigas de acero estructural del techo por medio de soportes colgantes conformados por los siguientes componentes: Beam Clamp (uso opcional), cable metálico (guaya) calibre 3/32" y manguito oval para cable metálico de 3/32". Si se realiza uso de Beam Clamp los elementos de anclaje y varillas roscadas deben ser de diámetro 3/8".

Componente 6: Accesorios de alarma y detección	
1. Pulsador manual y alarma visual-auditiva	
Partes	1. Alarma visual-auditiva 2. Palanca o pulsador manual
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los puntos de ubicación de las palancas manuales de alarma (2). Se recomienda en un lugar de fácil acceso y visible. • La palanca manual (2) debe ser instalada a una altura (A) de 1.5 m respecto al piso. • Ubicar las alarmas visuales y auditivas (1) en la parte superior de las palancas manuales (2), respetando una distancia (B) de 1.5m respecto (A). • Verificar que los accesorios de detección y alarma sean certificados. • Verificar el funcionamiento de los accesorios antes de su instalación. • Verificar que la fuente de alimentación eléctrica o baterías de los accesorios de alarma y detección cumplan con los datos técnicos del fabricante. • Realizar conexión eléctrica a través de tuberías especiales para cableado EMT. • Los sistemas de alarma deben estar cercanos a los lugares donde exista un gabinete. 	

Fuente: elaboración propia.

4.2 MANUAL DE OPERACIÓN

Manual de operación	
Descripción sistema	
<p>Sistema fijo de protección contra incendios; compuesto de rociadores automáticos sensibles a la temperatura, gabinetes tipo III (Mangueras y conexión a bomberos), tanque de almacenamiento, sistema de bombeo y alarma. Es un conjunto donde la red se encuentra presurizada, con agua alimentada desde una fuente confiable.</p> <p>A continuación, se presenta el paso a paso de activación del sistema de red contra incendio por medio de los accesorios teniendo en cuenta los siguientes 3 escenarios.</p> <ol style="list-style-type: none">1. Sistema presurizado2. Activación del sistema3. Descarga de bomba principal	
Escenario 1	Sistema presurizado
	
<p>En este escenario se puede evidenciar que el sistema ha sido presurizado a través de la bomba jockey para su puesta en marcha. No existen caídas de presión por ningún componente de la red contra incendios (Rociadores con bulbo térmico, mangueras o fugas).</p>	

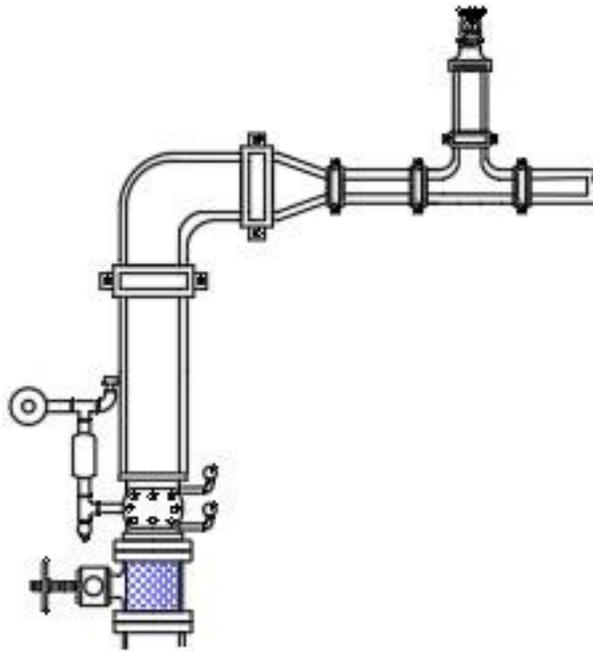
La ubicación de los accesorios de activación se encuentra en la tubería de descarga en el cuarto de bombas, conectados a su vez a los tableros de control. Esto permite emitir la señal a las bombas de descarga para su activación.

La válvula principal de activación Risk & Check es una válvula anti retorno que permite mantener la presión generada anteriormente por la bomba jockey, suministrando un sistema estático disponible para la activación de algún rociador o manguera.

Por otro lado, los sistemas de alarma se encuentran disponibles para su activación manual.

Escenario 2

Activación del sistema



En este escenario se puede evidenciar que existe una fuente de calor que activa el funcionamiento del rociador, creando así una pérdida de presión. Esta pérdida también puede ser generada por la apertura de las válvulas ubicadas en los gabinetes.

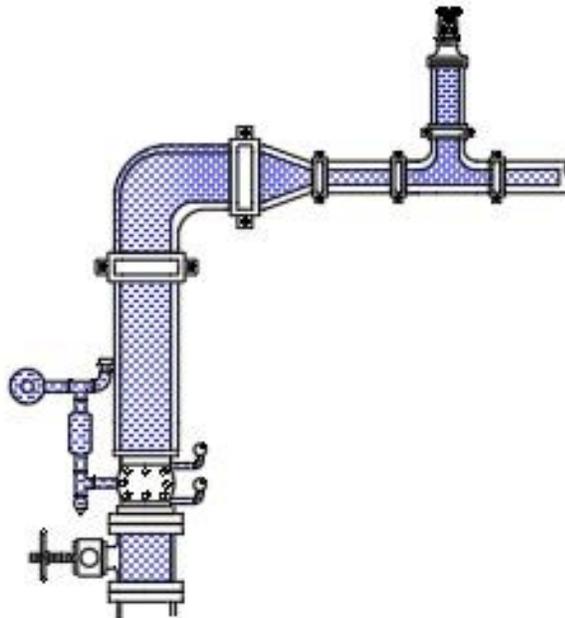
Si la caída de presión representa una magnitud considerable para vencer la inercia de la válvula principal de activación Risk & Check, se va a generar la apertura de la clapeta en interior de esta, transmitiendo la caída de presión a los demás accesorios de activación. De manera simultánea, se transmite la señal a la alarma hidromecánica y a los tableros de control principal. Se debe notificar al cuerpo de bomberos.

Los tableros de control, arrancan el funcionamiento de motor diésel para la activación de la bomba principal.

Por otro lado, los sistemas de alarma deben ser activados manualmente para iniciar un protocolo de evacuación del personal en las instalaciones y de desactivación de fluido eléctrico.

Escenario 3

Descarga de bomba principal



La bomba principal de descarga entra en funcionamiento, suministrando la presión y caudal necesario para el funcionamiento de la red durante 90 minutos.

En simultaneo, se presuriza la cámara de retardo validando que la caída de presión sea lo suficiente para un incendio real y no una falsa alarma, garantizando que la red contra incendios sea activada de manera óptima.

Los rociadores y mangueras que fueron activadas distribuirán el fluido para mitigar la propagación del incendio.

La descarga en el sistema se prolongará hasta que se vacíe el tanque de almacenamiento o por desconexión manual de las bombas por parte de personal certificado.

Los rociadores que entraron en funcionamiento durante la operación de la red contra incendios, deberán ser reemplazados.

PARAMETROS PARA LA OPERACIÓN DE LA RED CONTRA INCENDIOS

- Presión de presurización: 100 psi
- Caudal de presurización: 15 gpm
- Presión de descarga: 139 psi
- Caudal de descarga: 1750 gpm
- Temperatura de operación de rociadores: 57°C – 77°C
- Densidad de descarga rociador: 5,6 gpm/(psi)^{-1/2}
- Caudal de descarga rociador: 30 gpm
- Caudal descarga gabinetes: 250 gpm
- Volumen de fluido en tanque: 596,2 m³
- Bomba principal: 1785 RPM 250 Hp
- Bomba Jockey: 3500 RPM 5 Hp

Fuente: elaboración propia

4.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO

Las operaciones de mantenimiento para la red contra incendios deben estar sujetas a la normativa NFPA 25 que indica las inspecciones, pruebas y mantenimiento para los sistemas húmedos. Se debe tener en cuenta las operaciones de mantenimiento descritas por los fabricantes de los componentes y accesorios instalados. Por parte de la empresa Solinoff Corp S.A. deberá seguir las siguientes indicaciones.

- Implementar plan de mantenimiento preventivo
- Delegar personal certificado y autorizado para la realización de las inspecciones, prueba y mantenimiento
- Registrar todas las actividades de inspección, prueba y mantenimiento

- Almacenar registros y mantenerlos disponibles en caso de ser requeridos por las autoridades competentes
- Conservar planos de instalación, cálculos hidráulicos, registros de pruebas y fichas técnicas de fabricantes
- Aplicar reglamentos de seguridad industrial
- Implementar protocolo de desactivación de un sistema de red contra incendio

Donde se detecte alguna anomalía, debe efectuarse una acción correctiva para reestablecer las condiciones iniciales y optimas de los accesorios; los equipos que no aprueben los requisitos de inspección y prueba deben ser reparados y probados, de persistir el problema se deben reemplazar. A continuación, se presenta la tabla de las tareas de mantenimiento para la red contra incendios (ver anexo F).

Cuadro 66. Tareas de mantenimiento según norma NFPA 25

Manual de mantenimiento	
Componente 1	Cuarto bombas
Prueba de bomba accionada por motor diésel (sin flujo)	Semanal
Prueba módulo de control	Anual
Reemplazo de acoplamiento de transmisión de potencia	5 años / Recomendación fabricante
Componente 2	Tanque de almacenamiento
Tanques de acero deben ser inspeccionados en su interior cada 3 años, de otros materiales cada 5 años	3 Años/ 5 años
Prueba de indicadores de nivel y drenaje	5 Años
Componente 3	Tubería y uniones ranuradas
Se debe realizar inspección visual a nivel del piso	Anual
Se debe realizar muestras internas para analizar materiales extraños orgánicos / inorgánicos en las tuberías	
Verificación e inspección tubería que se encuentre en ubicaciones de difícil acceso	Paradas programadas
Prueba hidrostática	Anual
Evaluación de condición interna de tuberías	5 Años
Realizar examen interno de válvula del sistema, montantes, tubería principal y ramales	5 Años
Lavado previo de tuberías	5 Años/ Si se evidencian obstrucciones en el sistema
Componente 4	Accesorios del sistema
Se debe realizar inspección visual a los gabinetes, mangueras, conexiones de manguera, válvulas e instrumentos de medición del sistema de accionamiento	Anual / Después de cada uso

Se debe realizar pruebas de flujo para verificar la presión en la salida de las mangueras hidráulicamente más remota	5 Años
Prueba de drenaje principal a la entrada del suministro de agua del sistema para determinar si ha existido algún cambio en la condición del suministro	Anual
Componente 5	Rociadores
Se debe realizar inspección visual a nivel del piso	Anual
Las pruebas de mantenimiento en rociadores de respuesta rápida (temperatura) se realizan a los 20 años después de su instalación y luego a partir de los 10 años	20 Años / 10 Años
Si el rociador presenta alguna falla debe ser reemplazado inmediatamente.	Anual/ Retirados por algún motivo
Se debe mantener un stock de rociadores certificados para mantenimiento de mínimo 12 unidades	
Los rociadores de stock deben tener las mismas características de los instalados	N/A
Componente 6	Soportería
Se debe realizar inspección visual a nivel del piso	Anual
Verificación e inspección soportería que se encuentre en ubicaciones de difícil acceso	Paradas programadas
Los soportes colgantes que presenten alguna falla deben ser reemplazados si es necesario, en su defecto se pueden reajustar	Anual
No deben existir cargas externas, solamente deben soportar tubería que haga parte de la red contra incendios	
Verificar la totalidad de los soportes colgantes teniendo en cuenta el desplazamiento máximo	
Componente 7	Accesorios de alarma y detección
Prueba de aceptación de sistema	Anual
Prueba de reaceptación de sistema	Cada vez que se realice alguna modificación
Limpieza general	Anual

Fuente: elaboración propia, con base en NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems. NFPA 25. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 218 p. Disponible en: <https://nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=25>

5. EVALUACIÓN FINANCIERA Y AMBIENTAL

Este capítulo aborda la valoración numérica para la inversión y el impacto ambiental que genera el proyecto de la Red Contra Incendios para la empresa Solinoff Corp S.A.; así mismo, los beneficios de esta implementación.

Se tiene en cuenta esta evaluación financiera con las etapas de diseño, instalación y mantenimiento, con el fin de contextualizar los costos y beneficios de la implementación del proyecto para la empresa Solinoff Corp S.A.; para futuros criterios de evaluación. Sin embargo, este proyecto solo cuenta con la etapa de diseño.

5.1 EVALUACIÓN FINANCIERA

Para el desarrollo de la evaluación financiera, se determinó el costo preliminar de los materiales, instalación y diseño. Por otro lado, se toma como punto de partida los precios manejados en el mercado de accesorios de redes contra incendio y la tasa representativa del mercado (TRM) de para el mes de Mayo del 2020.

El análisis financiero se basó en el costo anual equivalente que representa la implementación del proyecto en un periodo de 10 años, donde se necesita una re-inversión para el mantenimiento de la red contra incendios. Por otro lado, se determinan los beneficios de la implementación del proyecto.

5.1.1 Costos materiales para determinar el costo de los materiales a utilizar, se realiza el siguiente cuadro síntesis de los componentes, cantidades y valores.

Cuadro 67. Listado materiales

COSTO DE PARTES					
DESCRIPCIÓN	Ø (in)	CANT	UND	PRECIO u/n	TOTAL
Rociadores Up Rigth K= 5,6	N.A	791	und	\$12.000	\$9.492.000
Gabinete Tipo III	N.A	6	und	\$938.000	\$5.628.000
Tubería A.C ASTM A-53 SCH40	6	30	mts	\$154.600	\$4.638.000
	4	165	mts	\$101.800	\$16.797.000
	2 1/2	328	mts	\$55.900	\$18.335.200
	2	443	mts	\$34.300	\$15.194.900
	1 1/2	940	mts	\$25.300	\$23.782.000

Cuadro 67. (continuación)

Codo ranurado A.C ASTM A-53 SCH40	6	5	und	\$48.316	\$241.580
	4	6	und	\$25.158	\$150.948
	2 1/2	5	und	\$10.842	\$54.210
	2	2	und	\$9.158	\$18.316
	1 1/2	485	und	\$5.474	\$2.654.890
Tee ranurada A.C ASTM A-53 SCH40	4	14	und	\$42.842	\$599.788
	2 1/2	48	und	\$20.421	\$980.208
	2	21	und	\$15.190	\$318.990
	1 1/2	306	und	\$11.010	\$3.369.060
Cruceta ranurada A.C ASTM A-53 SCH40	4	1	und	\$84.184	\$84.184
	2 1/2	40	und	\$31.474	\$1.258.960
	2	157	und	\$18.000	\$2.826.000
Reducción ranurada A.C ASTM A-53 SCH40	6 x 4	1	und	\$53.000	\$53.000
	4 x 2 1/2	16	und	\$19.539	\$312.624
	2 1/2 x 2	22	und	\$8.500	\$187.000
	2 1/2 x 1 1/2	118	und	\$8.500	\$1.003.000
	2 x 1 1/2	340	und	\$6.900	\$2.346.000
Copa Reductora Rosc. Interna A.C ASTM A-53 SCH 40	1 1/2 x 1/2	791	und	\$4.710	\$3.725.610
Unión tubería ranurada A.C ASTM A-53 SCH40	6	42	mts	\$25.158	\$1.056.636
	4	56	mts	\$13.579	\$760.424
	2 1/2	110	mts	\$10.421	\$1.146.310
	2	148	mts	\$8.211	\$1.215.228
	1 1/2	313	mts	\$7.263	\$2.273.319
Bomba Jockey (accesorios)	N.A	1	und	\$5.926.797	\$5.926.797
Bomba Split case (accesorios)	N.A	1	und	\$314.044.746	\$314.044.746
Válvula OS&Y	6	3	und	\$5.200.000	\$15.600.000
Válvula Risk & Check	6	1	und	\$4.000.000	\$4.000.000
Válvula mariposa	6	1	und	\$790.200	\$790.200
	2 1/2	6	und	\$401.316	\$2.407.896
	1 1/2	6	und	\$70.812	\$424.872
Manómetro de presión 0 -200 Psi caratula 2 1/2	N.A	10	und	\$40.263	\$402.630

Cuadro 67. (continuación)

Soportes colgantes tipo Clevis	2 1/2	22	und	\$38.800	\$853.600
	2	77	und	\$37.488	\$2.886.576
Soportes cable metálico y manguito oval	2	20	und	\$5.900	\$118.000
	1 1/2	791	und	\$5.900	\$4.666.900
Soporte colgante sismo-resistente	2 1/2	89	und	\$79.859	\$7.107.451
	2	122	und	\$78.988	\$9.636.536
Soporte adosado a muro	6	12	und	\$15.235	\$182.820
	4	53	und	\$14.585	\$773.005
TOTAL				\$490.325.414	

Fuente: elaboración propia.

5.1.2 Costos ingeniería para determinar los costos de ingeniería se basó en las horas trabajadas por los proyectistas y los materiales utilizados.

Cuadro 68. Costos de ingeniería

COSTOS INGENIERÍA				
ITEM	CANTIDAD	HORAS	VALOR / (Hrs)	VALOR TOTAL (COP)
Proyectistas	2	480	\$14.630	\$14.044.848
Resma papel	1	--	--	\$10.000
Tóner tinta	1	--	--	\$50.000
Costos computacionales	2	480	\$3.000	\$2.880.000
TOTAL (COP)				\$16.984.848

Fuente: elaboración propia.

5.1.3 Costos instalación para la determinación de los costos se tuvo en cuenta el personal a desarrollar las tareas propias de instalación, equipos y servicios requeridos para la adecuación de la red.

Cuadro 69. Costos de instalación

COSTOS DE INSTALACIÓN				
ITEM	CANTIDAD	HORAS	VALOR / (hrs)	VALOR TOTAL (COP)
Ingeniero de obra	1	480	\$ 14.630	\$ 7.022.400
Instaladores	4	480	\$ 3.657	\$ 7.021.440

Cuadro 69. (continuación)

Equipos	1	400	\$ 120.000	\$ 48.000.000
Corte de tubería	1	120	\$ 30.000	\$ 3.600.000
Ranurada de tubería	1	100	\$ 30.000	\$ 3.000.000
Roscado de tubería	1	100	\$ 35.000	\$ 3.500.000
Adhesión de roscas	20	-	-	\$ 360.000
			TOTAL (COP)	\$ 72.503.840

Fuente: elaboración propia.

5.1.4 Análisis financiero para desarrollar el análisis financiero, se determinó primero el costo total que representa la implementación del proyecto en el cuadro 70. Posteriormente, se realizó la viabilidad financiera al momento de llevar a cabo el proyecto y los beneficios a largo plazo que provee la red contra incendios.

Cuadro 70. Costo total de proyecto

INVERSIÓN TOTAL	
CATEGORIA	VALOR (COP)
Costos partes	\$ 490.325.414
Costos ingeniería	\$16.984.848
Costos Instalación	\$ 72.503.840
TOTAL (COP)	\$ 579.814.102

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis financiero se tomó la inflación anual de 3.62% a la fecha del proyecto; también el depósito a término fijo (DTF) de 4.36%, suministrada por la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC) para la semana #20 del año 2020. Todo eso con el fin de determina el valor presente neto del costo de proyecto evaluado a 10 años

Cuadro 71. Flujo de costos

COSTOS PROYECTO	AÑOS		
	0	1	2
Materiales	\$490.325.414	\$0	\$0
Instalación	\$72.503.840	\$0	\$0
Ingeniería	\$18.389.333	\$0	\$0
Mantenimiento	\$0	\$1.755.360	\$1.860.682
F.C.N	-\$581.218.587	\$1.755.360	\$1.860.682

Cuadro 71. (continuación)

COSTOS PROYECTO	AÑOS			
	3	4	5	6
Materiales	\$0	\$0	\$0	\$0
Instalación	\$0	\$0	\$0	\$0
Ingeniería	\$0	\$0	\$0	\$0
Mantenimiento	\$1.972.322	\$2.090.662	\$2.216.102	\$2.349.068
F.C.N	-\$1.972.322	-\$2.090.662	-\$2.216.102	-\$2.349.068

Continuación Cuadro 71.

COSTOS PROYECTO	AÑOS			
	7	8	9	10
Materiales	\$0	\$0	\$0	\$0
Instalación	\$0	\$0	\$0	\$0
Ingeniería	\$0	\$0	\$0	\$0
Mantenimiento	\$2.490.012	\$2.639.412	\$2.797.777	\$12.742.404
F.C.N	-\$2.490.012	-\$2.639.412	-\$2.797.777	-\$12.742.404

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 72. Calculo de VPN y CAUE

VPN	-\$597.644.772,81	CAUE	-\$101.395.845,16
------------	-------------------	-------------	-------------------

TIO	11%	Deuda (p)	\$597.644.772,81
Inflación	3,62%	Interés (i)	11%
DTF	4,36%	Periodo (n)	10
Tasa deseada	3,00%		

Fuente: elaboración propia.

Arrojando un valor presente neto de (VPN) de \$597.644.722,81, siendo la inversión total para la implementación del proyecto y generando un costo anual uniformemente equivalente (CAUE) de \$ 101.395.845,16.

5.2 BENEFICIOS DE LA INVERSIÓN

Finalmente se logra evaluar la viabilidad del proyecto a realizar el análisis financiero de la implementación de la red contra incendios para la empresa Solinoff Corp S.A, donde se habla de una alta inversión que no genera ninguna utilidad monetaria para la compañía, pero que si acarrea consigo una seria de beneficios.

El contar con estos sistemas de protección, hace que se mitigue en un rango considerable la reinversión que sea necesaria frente a un posible conato de incendio; salvaguardando así la mayor cantidad de bienes y capitales de la empresa. Por otro lado, la empresa está dentro de las capacidades de certificarse en un programa de sistemas integrado de gestión ligado a la salud y seguridad ocupacional (SySO), escalonándose en un perfil competitivo internacionalmente.

5.3 EVALUACIÓN AMBIENTAL

Se determina el impacto ambiental de la instalación, operación y mantenimiento del proyecto, a través de la matriz EPM que evalúa las acciones, los efectos e impactos que conlleva la implementación de la red contra incendios, con una ponderación cuantitativa, según los siguientes parámetros de la siguiente imagen.

Imagen 40. Listado de criterios de evaluación matriz EPM

CRITERIO	RANGO	VALOR
CLASE	Positivo (+)	+1
	Negativo (-)	-1
PRESENCIA	Cierta	1.0
	Muy probable	0.7
	Probable	0.3
	Poco probable	0.1
	No Probable	0.0
DURACIÓN	Muy larga o permanente (D>10 años)	1.0
	Larga (7<D<10 años)	(0.7-1.0)
	Media (4<D<7 años)	(0.4-0.7)
	Corta (1<D<4 años)	(0.1-0.4)
	Muy corta (D<1 año)	(0.0-0.1)
EVOLUCIÓN	Muy rápida (E<1 mes)	(0.8-1.0)
	Rápida (1<E<12 meses)	(0.6-0.8)
	Media (12<E<18 meses)	(0.4-0.6)
	Lenta (18<E<24 años)	(0.2-0.4)
	Muy lenta (E>24 meses año)	(0.0-0.2)
MAGNITUD	Muy alta (Mr>80%)	(0.8-1.0)
	Alta (60%<Mr<80%)	(0.6-0.8)
	Media (40%<Mr<60%)	(0.4-0.6)
	Baja (20<Mr<40%)	(0.2-0.4)
	Muy baja (Mr<20%)	(0.0-0.2)

Fuente: elaboración propia, con base en EPM and INGETEC, S. A. PROYECTO NUEVA ESPERANZA. [Consultado el Jun 9, 2020] Disponible en: www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/Nueva%20Esperanza/CAP_5.pdf

A continuación, se presenta la tabla de evaluación de resultados de acuerdo a la matriz EPM.

Imagen 41. Listado de criterios de evaluación

Calificación de importancia (CI)	Intervalo de Valores	Posición en la escala
	$8,0 \leq CI < 10,0$	Muy significativo
$6,0 \leq CI < 8,0$	Significativo	
$4,0 \leq CI < 6,0$	Medianamente significativo	
$2,0 \leq CI < 4,0$	Ligeramente significativo	
$0,0 \leq CI < 2,0$	Poco significativo	

Fuente: elaboración propia, con base en EPM and INGETEC,S. A. PROYECTO NUEVA ESPERANZA. [Consultado el Jun 19,2020] Disponible en: www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/Nueva%20Esperanza/CAP_5.pdf

A continuación, se presenta la matriz EPM con los criterios ambientales más relevantes incluidos en relación al proyecto. Se determinó como etapas los procesos de instalación, operación y mantenimiento; a partir de estas etapas, se determinaron las acciones que generan un impacto ambiental al momento de su realización.

Cuadro 73.Matriz EPM

ETAPA	IMPACTO	C	P	E	M	D	CALIFICACIÓN AMBIENTAL
INSTALACIÓN	Fabricación de tubería y accesorios en acero al carbono para RCI	N	0,3	0,2	0,4	0,5	-3,57
	Proceso de corte, roscado y ranurado en instalación de RCI	N	0,3	0,2	0,4	0,1	-0,77
	Fabricación de elastómeros para uniones ranuradas	N	0,3	0,2	0,6	0,7	-5,01
	Captación de agua lluvias para abastecer tanque de almacenamiento	N	0,3	0,2	0,4	0,1	-0,77
	Afectación de suelo por construcción	N	0,2	0,2	0,7	0,5	-3,58
	Contaminación visual	N	1	0,1	0,7	1	-7,21
	Aplicación de pintura en tuberías	N	0,3	0,4	0,4	0,3	-2,24

Cuadro 73. (continuación)

	Residuos de construcción	N	0,1	0,6	0,3	0,12	-0,89
	Aplicación de pegamento adhesivo sellador (anaeróbico)	N	0,3	0,6	0,2	0,1	-0,81
OPERACIÓN	Emisión de gases contaminantes por motor diésel	N	0,1	0,8	0,4	1	-7,10
	Aprovechamiento de recurso ambientales (Agua)	P	0,7	0,6	0,2	1	7,25
	Uso de combustibles a base de hidrocarburos	N	0,3	0,6	0,4	0,2	-1,62
	Suministro de fluido eléctrico	N	1	1	0,2	0,3	-2,70
	Emisiones de CO2 por incendio	N	0,1	0,2	1	1	-7,06
MANTENIMIENTO	Suministro de agua	N	0,3	0,8	0,5	0,6	-4,56
	Agua residual contaminada	N	0,7	0,8	0,5	0,4	-3,64
	Pintura de tubería	N	0,3	0,4	0,4	0,3	-2,24
	Cambio de tuberías, accesorios en acero al carbono	N	0,3	0,2	0,4	0,5	-3,57
	Residuos por elementos de mantenimiento	N	0,3	0,8	0,2	0,4	-2,94
	Aceites quemados	N	0,3	0,5	0,2	0,4	-2,89
	Filtros degradados	N	0,3	0,6	0,2	0,4	-2,91

Fuente: elaboración propia

Para finalizar el análisis de impacto ambiental se presenta el siguiente cuadro de síntesis de resultados de los impactos ambientales según la etapa del proyecto.

Cuadro 74. Síntesis de resultados de impacto ambiental

ETAPA	IMPACTO	CALIFICACIÓN AMBIENTAL
INSTALACIÓN	Fabricación de elastómeros para uniones ranuradas	-5,01
	Contaminación visual	-7,21
OPERACIÓN	Emisión de gases contaminantes por motor diésel	-7,10
	Aprovechamiento de recurso ambientales (Agua)	7,25
	Emisiones de CO2 por incendio	-7,06
MANTENIMIENTO	Suministro de agua	-4,56
	Agua residual contaminada	-3,64
	Cambio de tuberías, accesorios en acero al carbono	-3,57

Fuente: elaboración propia

En conclusión, se puede determinar que existe una serie de actividades en las etapas del proyecto que oscilan entre los criterios “ligeramente significativo” y “significativo” de la imagen 41. En la etapa de operación se ubica el único impacto positivo “significativo” en el aprovechamiento del recurso hídrico a través de la captación de aguas lluvias para su operación; debido que cumple con uno de los propósitos del proyecto.

Adicional se encuentra que en la etapa de instalación se maneja un impacto negativo “significativo” que es la contaminación visual en la implementación de la red contra incendios. Por otro lado, en la etapa de operación se encuentra un impacto negativo “significativo” por la emisión de gases de efecto invernadero. Finalmente, en la etapa de mantenimiento se encuentra un impacto negativo “ligera

y medianamente significativo”, debido cambio de tuberías, accesorios y residuos generados por las mismas tareas.

6. CONCLUSIONES

- En el desarrollo de la clasificación de la empresa, se evidencio un riesgo latente en la producción y acumulación de materias primas para la fabricación de mobiliario, a través de la matriz grafica del tipo de fuego según la distribución de áreas (Anexo C.1), estableciendo que la empresa se encontraba en un riesgo Extra-grupo 1 según la norma NFPA 13. Por otro lado, se evidencio que el agua era el fluido más eficaz para la extinción del tipo de fuego que podría generar la compañía en un posible conato y su facilidad de recolección a través de la precipitación en Funza-Cundinamarca, aprovechando la infraestructura de la planta y un recurso hídrico importante.
- A través del modo funcional de la red contra incendios y sus sistemas de operación, se definen todas las alternativas de solución que se componen en 3 segmentos como lo son: tipo de configuración de red, tipo de distribución de la red y el método de cálculo seleccionado. Concluyendo a través de las matrices QFD que la red a implementar debe ser de tipo de tubería húmeda con una distribución ramificada y que debería ser calculada por el método de las curvas de Densidad/Área (según norma NFPA 13) y también confrontada por el método de cálculo hidráulico por caídas de presión.
- Se realizó en el cálculo detallado y conformación de la red contra incendios, se llevó acabo el diseño hidráulico que partió de la distribución definitiva de los rociadores automáticos y selección de área de mayor grado de incendiabilidad, para el cálculo hidráulico y la confrontación con las curvas de Densidad/Área. Se realizaron los cálculos hidráulicos determinando los diámetros de tuberías principales y las condiciones de operación del sistema de red contra incendios.
- Se determinó en el diseño detallado el tamaño del tanque de almacenamiento que supliera el tiempo estimado y caudal necesario que exige la red contra incendios, además de la información necesaria para seleccionar adecuadamente los equipos de propulsión (Presión y caudal mínimos de 139 Psi y 1750 gpm), los accesorios pertinentes para la operación y sujeción estructural de la misma teniendo en cuenta su modo de sujeción y cargas a soporta por los diámetros de tubería presurizados.
- En la evaluación de ambiental se evidencio que la implementación del proyecto no genera un grado significativo de impacto ambiental; sin embargo, se hace la aclaración que genera desechos inevitables en el proceso de operación, que al

momento de realizar una disposición final adecuada se mitigara. Por otro lado, se evidencia un impacto positivo en la recolección de aguas lluvias debido al aprovechamiento de un recurso natural.

- Finalmente, en el análisis financiero se evidencia que la implementación del proyecto genera un costo anual uniformemente equivalente, que no genera un retorno monetario sino un desglose de beneficios, que son punto de partida para criterios de decisión.

7. RECOMENDACIÓN

- Para una futura implementación de la red contra incendios por parte de la empresa Solinoff Corp S.A. , se recomienda tener claridad de los parámetros generales que determinaron el diseño propuesto en este proyecto, asegurando que no hayan tenido variaciones significativas y que impliquen la necesidad de una nueva etapa de diseño y cálculo para validar su óptima operación acorde a la propuesta aquí expuesta.
- Se debe implementar un sistema de captación de aguas lluvias en los techos de la planta, para garantizar el abastecimiento del tanque de almacenamiento; así mismo se debe tener en cuenta los periodos óptimos de recolección para la puesta en marcha de la red contra incendios.
- Se deben implementar los métodos complementarios de extinción del fuego en las zonas estipuladas y capacitaciones de operación al personal de la empresa.
- Se realizó la selección de los componentes que hacen parte del sistema de la red contra incendios teniendo como criterio de selección los requerimientos calculados en la etapa de diseño detallado y la propuesta planteada es una recomendación, sin embargo, se hace mención que en caso de realizarse la implementación de la red por parte de la empresa, la adquisición de dichos elementos se puede realizar a través del proveedor de su elección siempre y cuando se asegure el cumplimiento de las variables de selección y las respectivas certificaciones indicadas en el capítulo 3.
- El análisis financiero se realizó teniendo en cuenta el valor cotizado de los componentes en el mercado colombiano para el año 2020; es de mencionar que, en caso de realizarse el estudio de implementación de este proyecto en una fecha diferente, se hace necesario replantear las cotizaciones y ajustar la evaluación financiera con los costos actualizados.

BIBLIOGRAFIA

AC FIREPUMPS, sistemas contra incendios. [Consultado el Jun 1 2020] Disponible en: <https://www.selectacfirepump.com>

BERCIANO, J. L. E., et al. Laminación. Monografías sobre Tecnología del Acero. Parte IV. 2010. [En Línea]. Recuperado en: 16 Febrero 2020. Formato archivo (pdf). 116 p. [Consultado el Feb 5,2020] Disponible en: https://www.academia.edu/9987311/Monograf%C3%ADas_sobre_Tecnolog%C3%ADa_del_Acero._Parte_IV?auto=download

BOTTA, Néstor Adolfo. Sistemas fijos de protección en base a rociadores. Sistemas Fijos de Protección en Base a Rociadores, 2011. ISBN 978-987-27351-3-5. [Consultado el Feb 15,2020] Disponible en: https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2013-07-11_12-53-4537_Sistemas_Fijos_Proteccion_Rociadores_1a_edicion_Julio2011.pdf.

COOMBES, Peter J.; ARGUE, John R.; KUCZERA, George. Figtree Place: a case study in water sensitive urban development (WSUD). Urban Water, 2000, vol. 1, no 4, p. 335-343. [Consultado el Feb 20,2020] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/222691044_Figtree_Place_A_Case_Study_in_Water_Sensitive_Urban_Development_WSUD

PADILLA, Eusebio Dionicio. Aplicaciones de los aceros inoxidable. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, 1999, vol. 2, no 3, p. 11-22. [Consultado el Feb 20,2020] Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/2114>

EPM and INGETEC, S. A. PROYECTO NUEVA ESPERANZA. [En línea] Disponible en: www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/Nueva%20Esperanza/CAP_5.pdf

FAO, F. A. Captación y almacenamiento de agua de lluvia, Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe, Cap 10 Técnicas de captación de agua lluvia, 87-97 p. FAO y FIAT, Chile, 2013, E-ISBN 978-92-5-307581-2. [Consultado el Mar 5,2020] Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_lluvia.pdf

_____. Cap 6 Precipitación Aprovechable, 39-48 p. FAO y FIAT, Chile, 2013, E-ISBN 978-92-5-307581-2. [Consultado el Mar 5,2020] Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_d_e_lluvia.pdf

HITADO ESCUEDRO PABLO ANDRES, Manual de incendios, parte1, Teoría del fuego, CEIS Guadalajara- Grupo Tragsa, Edición r1 2015.10.05. [Consultado el Feb 15, 2020] Disponible en: http://ceis.antiun.net/docus/pdfsonline/m1/M1_Incendios_v6_00_completo/M1-Incendios-v6-00-completo.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

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM, precipitación anual en departamentos, [En línea]. [Consultado el Mar 20, 2020] Disponible en: atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html

MARTÍN, Mario H. Chan, et al. Tableros de madera de partículas. Ingeniería, 2004, vol. 8, no 3, p. 39-46. ISSN: 1665-529X. [Consultado el Feb 19, 2020] Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46780304>

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: 1 Febrero 2020. 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: 1 Febrero 2020. Formato archivo (pdf). 72 p. Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/11titulo-k-nsr-100.pdf>

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Norma para extintores portátiles contra incendios NFPA 10. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2018. 90 p. Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=10>

_____. Norma para la Instalación de Sistemas Rociadores. NFPA 13. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 597 p. [Consultado el Abr 15,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>

_____. Norma para la Instalación de Sistemas Montantes y Mangueras. NFPA 14. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 78 p. [Consultado el Abr 15,2020] 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 Bombas Estacionarias Para Protección Contra Incendios. NFPA 20. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 223 p. [Consultado el Abr 15,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=20>

_____. Norma para Tanques de Agua para la Protección con Incendios Privada. NFPA 22. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 104 p. [Consultado el Abr 16,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=22>

_____. Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua. NFPA 25. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2020. 218 p. [Consultado el May 8,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=25>

_____. Flammable and Combustible Liquids Code, NFPA 30. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2018. 167 p. [Consultado el Mar 10,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=30>

_____. National Fire Alarm and Signaling Code. NFPA 72. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2019. 418 p. [Consultado el May 18,2020] Disponible en: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=72>

_____. Standard for the Prevention of Fires and Explosions in Wood Processing and Woodworking Facilities. NFPA 664. Quincy, MA, E.E.U.U.: La entidad, 2020. 85 p. [Consultado el Feb 10,2020] Disponible en <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=664>

NFPA JOURNAL LATINOAMERICANO. Como saber el significado de NFPA y sus antecedentes, 6 Octubre 2014. [Consultado el May 11,2020] Disponible en: <https://www.nfpajla.org/blog/527-como-saber-el-significado-de-nfpa-y-sus-antecedentes>

NVENT CADDY, Soportes sismo resistentes. [Consultado el Mar 5 2020] Disponible en: <https://www.erico.com/catalog/literature/CFS544.pdf>

PIZARRO, ROBERTO, Manual de diseño y construcción de captación de agua lluvia en sistemas rurales de Chile, Programa hidrológico internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe, Documento técnico No 36, 2013.

PRADA PÉREZ DE AZPEITIA, Fernando Ignacio de, et al. El fuego: química y espectáculo. En Anales de la Real Sociedad Española de Química. Real Sociedad Española de Química, 2006. p. 54-59. [En línea]. Recuperado en: 15 Abril 2020. Formato archivo (pdf). 6 p. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2006399>

RAIA, P., GOLLNER, M. J., & PARK, O. B. Literature review on hybrid fire suppression systems. Fire Protection Research Foundation. 2014. [En línea]. Recuperado en: 5 Febrero 2020. 36 p. Disponible en: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Suppression/RFLiteratureReviewonHybridFireSuppressionSystems.ashx>

Redacción el Tiempo, FUEGO CONSUMIÓ FÁBRICA DE MUEBLES EN BOGOTÁ, 30 de Octubre del 2000. [En línea]. Recuperado en: 25 Marzo 2020. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1263556>

ROJAS-VALENCIA, María Neftalí; GALLARDO-BOLAÑOS, José Roberto; MARTÍNEZ-COTO, Alberto. Implementación y caracterización de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 2012, vol. 15, no 1, p. 16-23. [En línea]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=36544>

SASTOQUE, Correa; HASLEY, Angie. Diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de aguas lluvias como alternativa de ahorro de agua potable en la Universidad Libre de Colombia, sede Bosque Popular, bloque P y cafetería. 2014. [En línea]. Disponible en: <https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/11231/PROYECTO%20D E%20GRADO%20ANGIE%20HASLEY%20CORREA%20SASTOQUE%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SHIGLEY, Joseph Edward, et al. Diseño en ingeniería mecánica. 1990. ISBN: 9686046097

SOLINOFF CORP S.A. Nosotros. [Consultado el Ene 15 2020] Disponible en: <https://www.solinoff.com/es/nosotros>

SUÁREZ, J.; GARCÍA, M.; MOSQUERA, R. Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. VI SEREA. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua João Pessoa (Brasil), 2006, vol. 5.

[Consultado el May 5 2020] Disponible en:
<http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>

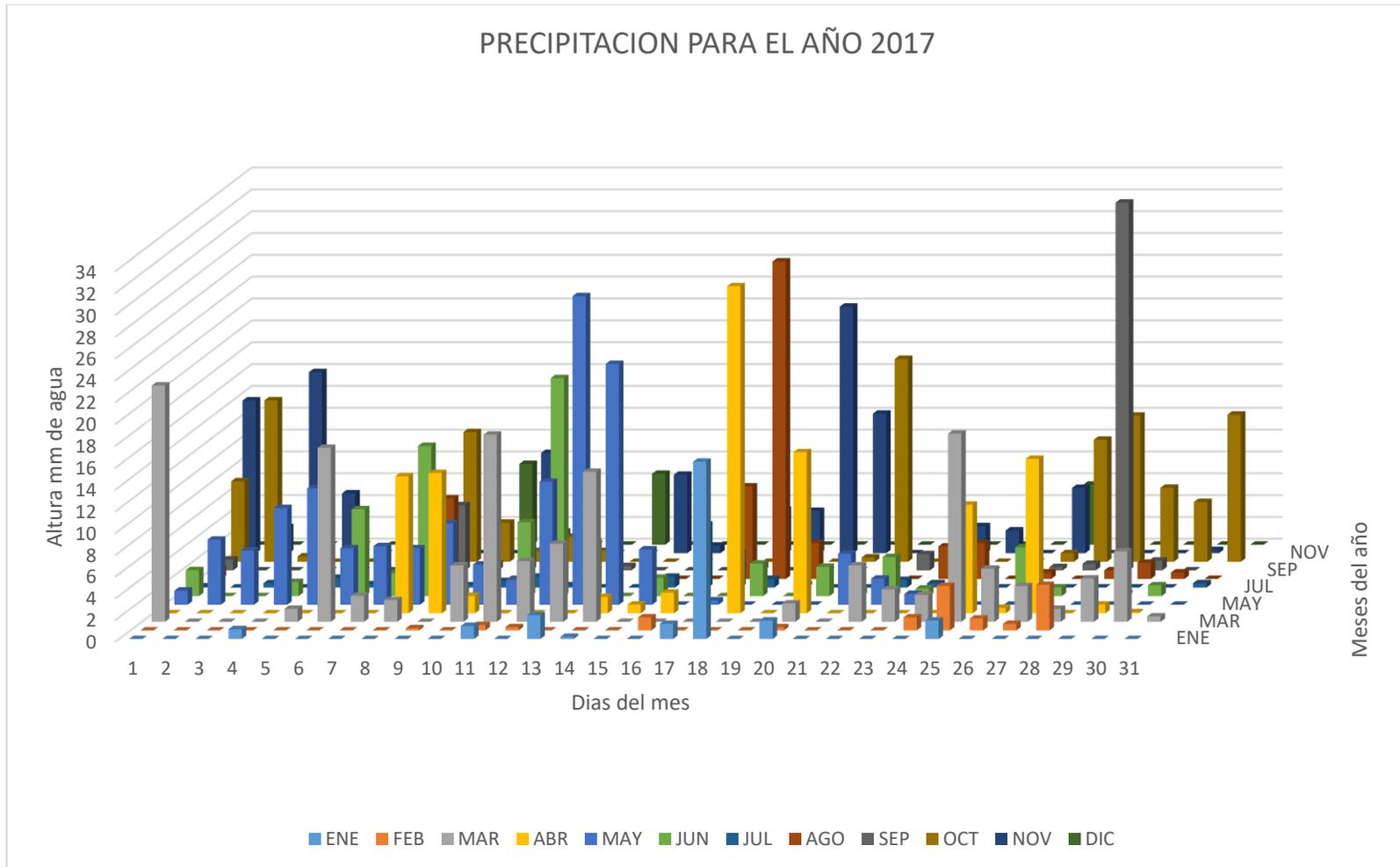
TPMCSTEEL, Fire Fighting Pipe. [Consultado el Jun 1 2020] Disponible en:
<https://www.tpmcsteel.com/wp-content/uploads/2018/12/ASTM-A795-ERW-steel-pipe.pdf>

UNA NORMA ESPAÑOLA. UNE-EN 16941-1:2019, Sistemas in situ de agua no potable. Parte 1: Sistemas para la utilización de agua de lluvia. [En línea]. Disponible en:
<https://revista.une.org/12/sistemas-in-situ-de-agua-no-potable.-parte-1-sistemas-para-l.html>

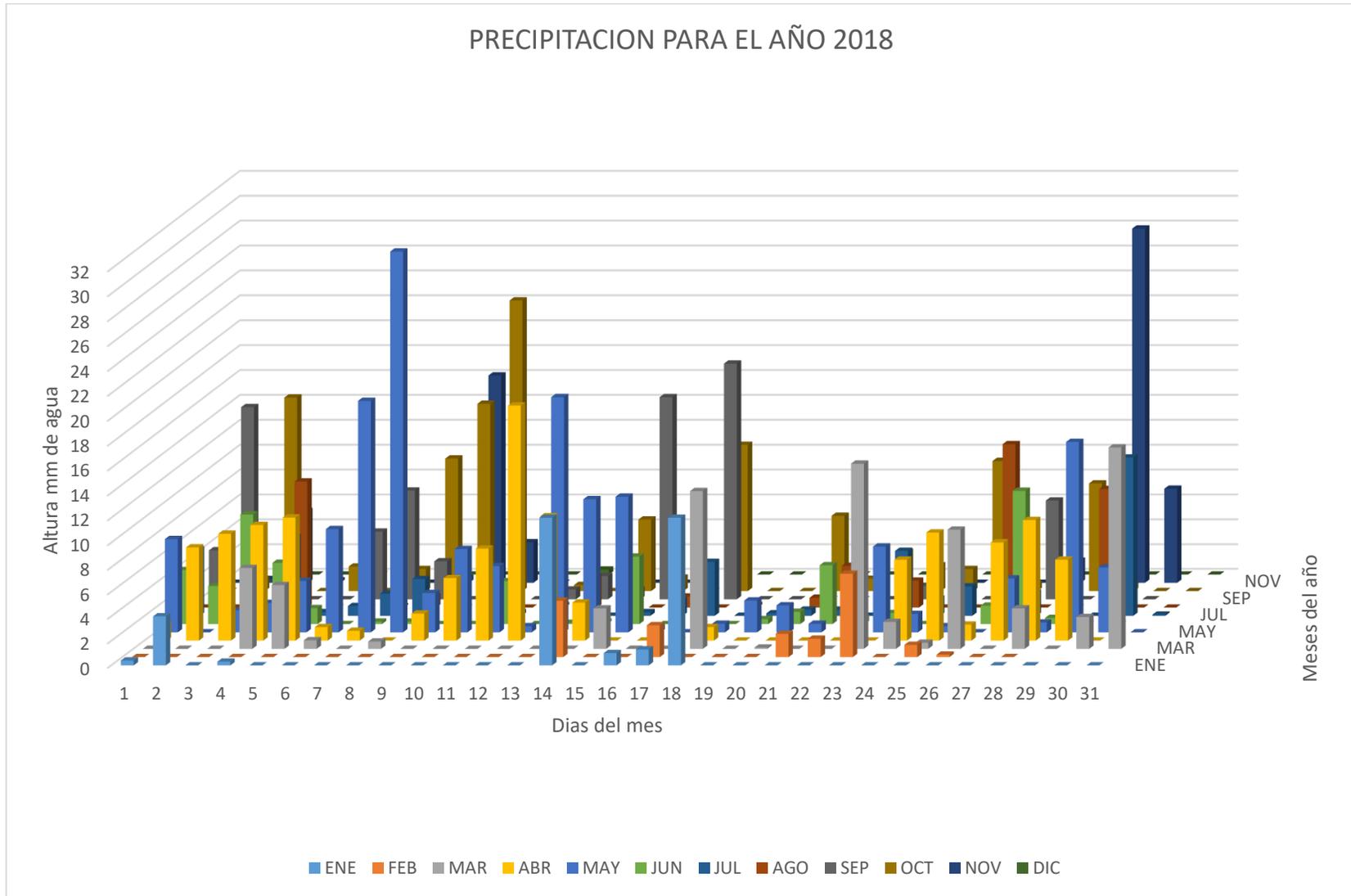
VIKING GROUP INC, Hanger&Fasteners. [Consultado el May 18, 2020] Disponible en: <https://www.vikinggroupinc.com/sites/default/files/usrelated/tolco/fig31m.pdf>

ANEXOS

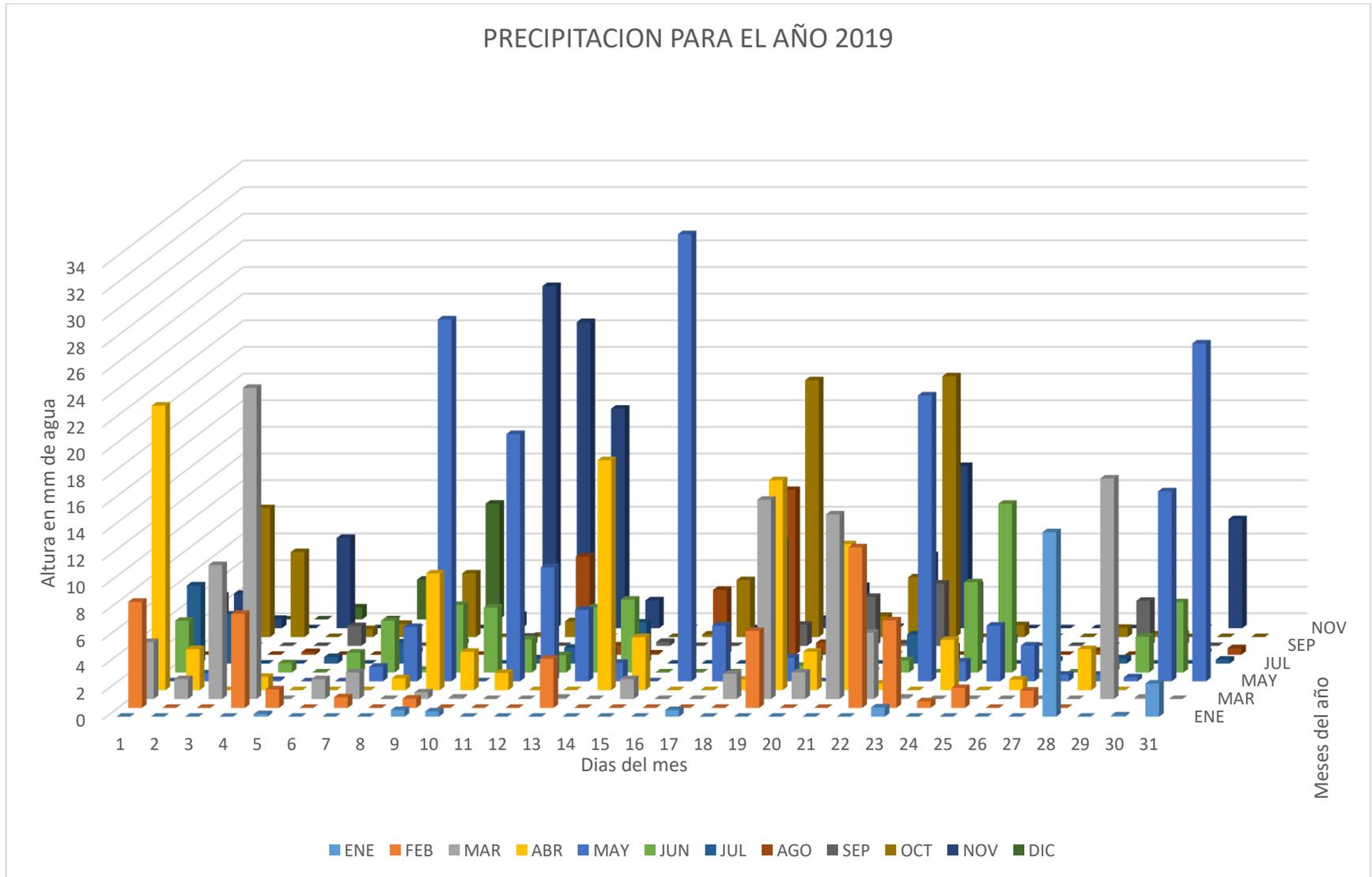
ANEXO A .GRAFICO PRECIPITACION EN FUNZA-CUNDIMARCA DIARIO



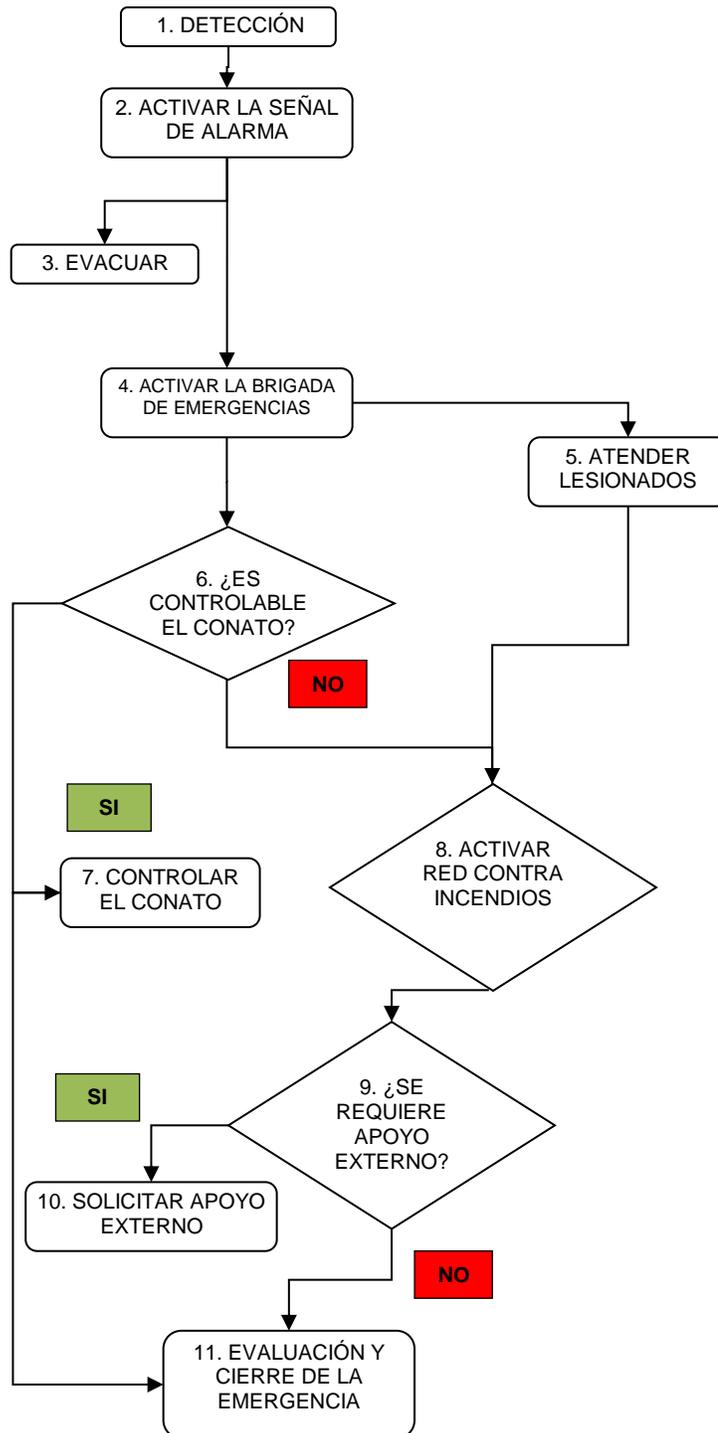
Continuación



Continuación



ANEXO B.FLUGOGRAMA RED CONTRA INCENDIOS



**ANEXO C. PLANOS DE LA RED CONTRA INCENDIOS PARA LAS
INSTALACIONES DE LA EMPRESA SOLINOFF CORP S.A**

Remitirse a los planos.

ANEXO D. CALCULOS RED CONTRA INCENDIOS

-----Escenario cuarto mayor demandante-----

#	Nodo	Factor K	Elevación (Ft)	Descarga (gpm)	Presión Residual (Psi)	Diam Nom	Q(gpm)	(psi/ft)	Long Tub	PF (psi)	
	Inicio					Fin	Diam Int	Vel	Acc	LE acc (ft)	PE (psi)
							Valor C	fps	gpo	Long Total	PV (psi)
1--2	1	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671	
	2	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4		
						120			8,101	0,147108	
2--A	2	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825	
	A	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8		
						120			12,101	0,147108	
4--3	4	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671	
	3	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4		
						120			8,101	0,147108	
3--A	3	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825	
	4	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8		
						120			12,101	0,147108	
A--A	2-A - 3-A	0	26,24	0	29,1018	2	120	0,131653	0	1,316529	
	A	0	26,24	0	30,41833	2,067	11,47341	TEE	10		
						120			10	0,885891	
A--B	A	0	26,24	0	30,41833	2	120	0,131653	11,4829	1,511757	
	B	0	26,24	0	31,93009	2,067	11,47341				
						120			11,4829	0,885891	
5--6	5	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671	
	6	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4		
						120			8,101	0,147108	
6--B	6	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825	
	B	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8		
						120			12,101	0,147108	
8--7	8	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671	
	7	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4		
						120			8,101	0,147108	
7--B	7	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825	
	B	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8		
						120			12,101	0,147108	
B--B	6-B - 7B	0	26,24	0	31,93009	2	120	0,131653	0	2,633057	
	B	0	26,24	0	34,56315	2,067	11,47341	2 TEE	20		
						120			20	0,885891	
B--C	B	0	26,24	0	34,56315	2	240	0,474609	11,4829	5,449886	
	C	0	26,24	0	40,01303	2,067	22,94681				
						120			11,4829	3,543564	
9--10	9	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671	
	10	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4		
						120			8,101	0,147108	
10--C	10	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825	
	C	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8		
						120			12,101	0,147108	
12--11	12	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671	
	11	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4		
						120			8,101	0,147108	
11--C	11	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825	
	C	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8		
						120			12,101	0,147108	
C--C	10C - 11C	0	26,24	0	40,01303	2	120	0,131653	0	2,633057	
	C	0	26,24	0	42,64609	2,067	11,47341	2 TEE	20		
						120			20	0,885891	

continuación

#	Nodo	Factor K	Elevación (Ft)	Descarga (gpm)	Presión Residual (Psi)	Diam Nom	Q(gpm)	(psi/ft)	Long Tub	PF (psi)
	Inicio					Vel	Acc	LE acc (ft)	PE (psi)	
	Fin					Valor C	fps	gpo	Long Total	PV (psi)
C--D	C	0	26,24	0	42,64609	2	360	1,004858	11,4829	11,53868
	D	0	26,24	0	54,18477	2,067	34,42022			
						120			11,4829	7,97302
13--14	13	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	14	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
						120			8,101	0,147108
14--D	14	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	D	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
						120			12,101	0,147108
16--15	16	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	15	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
						120			8,101	0,147108
15--D	15	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	D	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
						120			12,101	0,147108
D--D	14D-15D	0	26,24	0	54,18477	2	120	0,131653	0	2,633057
	D	0	26,24	0	56,81783	2,067	11,47341	2 TEE	20	
						120			20	0,885891
D--E	D	0	26,24	0	56,81783	2	480	1,710966	4,9212	16,97483
Gasto acumulado	E	0	26,24	0	73,79266	2,067	45,89362	CODO	5	
						120			9,9212	14,17426
E--F	E	0	26,24	0	73,79266	2,5	480	0,720065	4,265	3,071077
	F	0	26,24	0	76,86374	2,469	32,16556			
						120			4,265	6,962703
18--17	18	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	17	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
						120			8,101	0,147108
17--F	17	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	F	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
						120			12,101	0,147108
(F--F)	17-F	0	26,24	0	76,86374	2	60	0,036519	0	0,365195
	F	0	26,24	0	77,22893	2,067	5,736703	TEE	10	
						120			10	0,221473
F--G	F	0	26,24	0	77,22893	2,5	540	0,895373	6,5616	5,875078
	G	0	26,24	0	83,10401	2,469	36,18626			
						120			6,5616	8,812171
20--19	20	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	19	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
						120			8,101	0,147108
19--G	19	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	G	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
						120			12,101	0,147108
(G--G)	19-G	0	26,24	0	83,10401	2	60	0,036519	0	0,365195
	G	0	26,24	0	83,46921	2,067	5,736703	TEE	10	
						120			10	0,221473
G--H	G	0	26,24	0	83,46921	2,5	600	1,088066	9,8425	10,70929
Gasto acumulado	H	0	26,24	0	94,1785	2,469	40,20695			
						120			9,8425	10,87922
22--21	22	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	21	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
						120			8,101	0,147108
21--H	11	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	H	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
						120			12,101	0,147108

continuación

#	Nodo		Factor K	Elevación (Ft)	Descarga (gpm)	Presión Residual (Psi)	Diam Nom	Q(gpm)	(psi/ft)	Long Tub	PF (psi)
	Inicio	Fin					Diam Int	Vel	Acc	LE acc (ft)	PE (psi)
							Valor C	fps	gpo	Long Total	PV (psi)
35--36	35		5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	36		5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
							120			8,101	0,147108
36--L	36		5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	L		0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
							120			12,101	0,147108
38--37	38		5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	37		5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
							120			8,101	0,147108
37--L	37		5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	L		0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
							120			12,101	0,147108
L--L	36L-37L		0	26,24	0	29,1018	2	120	0,131653	0	1,316529
	L		0	26,24	0	30,41833	2,067	11,47341	TEE	10	
							120			10	0,885891
L--K	L		0	26,24	0	30,41833	2	120	0,131653	11,4829	1,511757
	K		0	26,24	0	31,93009	2,067	11,47341			
							120			11,4829	0,885891
31--32	31		5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	32		5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
							120			8,101	0,147108
32--K	32		5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	K		0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
							120			12,101	0,147108
34--33	34		5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	33		5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
							120			8,101	0,147108
33--K	33		5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	K		0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
							120			12,101	0,147108
K--K	32K-33K		0	26,24	0	31,93009	2	120	0,131653	0	2,633057
	K		0	26,24	0	34,56315	2,067	11,47341	2 TEE	20	
							120			20	0,885891
K--J	K		0	26,24	0	34,56315	2	240	0,474609	11,4829	5,449886
	J		0	26,24	0	40,01303	2,067	22,94681			
							120			11,4829	3,543564
27--28	27		5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	28		5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
							120			8,101	0,147108
28--J	28		5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	J		0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
							120			12,101	0,147108
30--29	30		5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	29		5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
							120			8,101	0,147108
29--J	29		5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	J		0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
							120			12,101	0,147108
J--J	28J-29J		0	26,24	0	40,01303	2	120	0,131653	0	2,633057
	J		0	26,24	0	42,64609	2,067	11,47341	2 TEE	20	
							120			20	0,885891
J--H	J		0	26,24	0	42,64609	2,5	360	0,422897	16,4041	6,937252
	H		0	26,24	0	49,58334	2,469	24,12417			
							120			16,4041	3,91652

continuación

#	Nodo	Factor K	Elevación (Ft)	Descarga (gpm)	Presión Residual (Psi)	Diam Nom	Q(gpm)	(psi/ft)	Long Tub	PF (psi)
	Inicio					Diam Int	Vel	Acc	LE acc (ft)	PE (psi)
	Fin					Valor C	fps	gpo	Long Total	PV (psi)
H--H	11H	0	26,24	0	78,68515	2,5	420	0,562453	0	13,49888
	JH	0	26,24	0	92,18403	2,469	28,14487	2 TEE	24	
						120			24	5,330819
Gasto acumulado en H desde	A-H						1020			
	L-H				93,18126					
H--I	H	0	26,24	0	93,18126	2,5	1020	2,903927	8,202	23,81801
	I	0	26,24	0	116,9993	2,469	68,35182			
						120			8,202	31,44096
24--23	24	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	23	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
						120			8,101	0,147108
23--I	23	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	I	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
						120			12,101	0,147108
26--25	26	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,269671
	25	5,6	26,24	30,14062	28,96865	1,619	4,675409	CODO	4	
						120			8,101	0,147108
25--I	25	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	4,101	0,402825
	I	0	26,24	0	29,1018	1,619	4,675409	TEE	8	
						120			12,101	0,147108
I--I (E-E)	12-I	0	26,24	0	116,9993	2,5	120	0,055407	0	1,329756
	13-I	0	26,24	0	118,329	2,469	8,04139	2 TEE	24	
						120			24	0,435169
E--M	E-E (I-I)	0	26,24	0	118,329	4	210	0,014422	29,52	0,714174
	M	0	26,24	0	119,0432	4,026	5,292536	TEE	20	
						120			49,52	0,188505
M--Q	I	0	26,24	0	119,0432	6	1140	0,044827	29,52	1,950877
	M	0	26,24	0	120,9941	6,065	12,66005	CODO	14	
						120			43,52	1,078614
Q--P	M	0	26,24	0	120,9941	6	1140	0,044827	78,7401	4,157274
	O	0	26,24	0	125,1514	6,065	12,66005	CODO	14	
						120			92,7401	1,078614
P--BOMBA	Q	0	26,24	0	125,1514	6	1140	0,044827	26,24	2,521079
	BOMBA	0	0	0	139,0422	6,065	12,66005	C+VC+VP	30	11,36979
						120			56,24	1,078614
GASTO ACUMULADO FINAL							1140			
					139,0422					

-----Escenario punto más alejado-----

#	Nodo	Factor K	Elevación (Ft)	Descarga (gpm)	Presión Residual (Psi)	Diam Nom	Q(gpm)	(psi/ft)	Long Tub	PF (psi)
	Inicio					Diam Int	Vel	Acc	LE acc (ft)	PE (psi)
	Fin					Valor C	fps	gpo	Long Total	PV (psi)
1--2	1	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	5,7414	0,324277
	2	5,6	26,24	30,16901	29,02326	1,619	4,675409	CODO	4	
						120			9,7414	0,147108
2--A	2	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	5,7414	0,457432
	A	0	26,24	0	29,15641	1,619	4,675409	TEE	8	
						120			13,7414	0,147108
A--A	2-A	0	26,24	0	29,15641	2	60	0,036519	0	0,365195
	A	0	26,24	0	29,52161	2,067	5,736703	TEE	10	
						120			10	0,221473
A--B	A	0	26,24	0	29,52161	2	60	0,036519	9,8425	0,542041
	B	0	26,24	0	30,06365	2,067	5,736703	CODO	5	
						120			14,8425	0,221473
3--4	3	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	5,7414	0,324277
	4	5,6	26,24	30,16901	29,02326	1,619	4,675409	CODO	4	
						120			9,7414	0,147108
4-B	4	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	5,7414	0,457432
	B	0	26,24	0	29,15641	1,619	4,675409	TEE	8	
						120			13,7414	0,147108
B-B	4-B	0	26,24	0	30,06365	2	120	0,131653	0	1,316529
	B	0	26,24	0	31,38018	2,067	11,47341	TEE	10	
						120			10	0,885891
B-C	B	0	26,24	0	31,38018	2	120	0,131653	9,8425	1,954058
	C	0	26,24	0	33,33423	2,067	11,47341	CODO	5	
						120			14,8425	0,885891
5--6	5	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	5,7414	0,324277
	6	5,6	26,24	30,16901	29,02326	1,619	4,675409	CODO	4	
						120			9,7414	0,147108
6-C	6	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	5,7414	0,457432
	C	0	26,24	0	29,15641	1,619	4,675409	TEE	8	
						120			13,7414	0,147108
C-C	6C	0	26,24	0	33,33423	2	180	0,27874	0	2,787399
	C	0	26,24	0	36,12163	2,067	17,21011	TEE	10	
						120			10	1,993255
C-D	C	0	26,24	0	36,12163	2	180	0,27874	9,8425	4,137197
	D	0	26,24	0	40,25883	2,067	17,21011	CODO	5	
						120			14,8425	1,993255
7--8	7	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	5,7414	0,324277
	8	5,6	26,24	30,16901	29,02326	1,619	4,675409	CODO	4	
						120			9,7414	0,147108
8-D	8	5,6	26,24	30	28,69898	1,5	30	0,033289	5,7414	0,457432
	D	0	26,24	0	29,15641	1,619	4,675409	TEE	8	
						120			13,7414	0,147108
D-D	8D	0	26,24	0	40,25883	2	240	0,474609	0	4,746088
	D	0	26,24	0	45,00492	2,067	22,94681	TEE	10	
						120			10	3,543564
D-E	D	0	26,24	0	45,00492	2	240	0,474609	75,4593	38,18669
	E	0	26,24	0	83,19161	2,067	22,94681	CODO	5	
						120			80,4593	3,543564
E-F	E	0	26,24	0	83,19161	2,5	240	0,199741	136,811	29,72359
	F	0	26,24	0	112,9152	2,469	16,08278	TEE	12	
						120			148,811	1,740676

Continuación

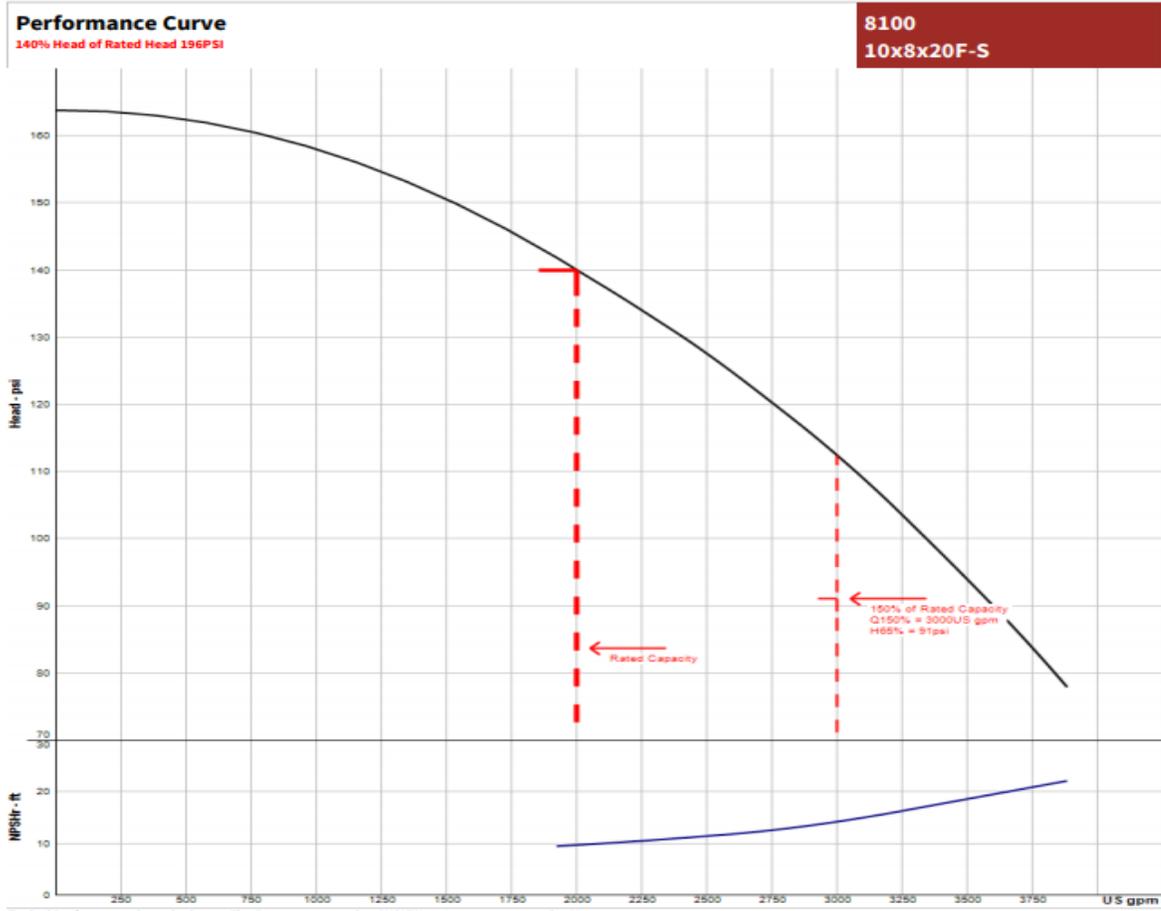
#	Nodo	Factor K	Elevación (Ft)	Descarga (gpm)	Presión Residual (Psi)	Diam Nom	Q(gpm)	(psi/ft)	Long Tub	PF (psi)
	Inicio					Diam Int	Vel	Acc	LE acc (ft)	PE (psi)
	Fin					Valor C	fps	gpo	Long Total	PV (psi)
F-G	F	0	26,24	0	112,9152	4	240	0,018463	14,9878	0,645989
	G	0	26,24	0	113,5612	4,026	6,048612	TEE	20	
						120			34,9878	0,246211
G-H	G	0	26,24	0	113,5612	4	240	0,018463	5,2493	0,466185
	H	0	26,24	0	114,0274	4,026	6,048612	2 CODO	20	
						120			25,2493	0,246211
H-I	H	0	26,24	0	114,0274	4	240	0,018463	160,1049	2,95606
	I	0	26,24	0	116,9834	4,026	6,048612			
						120			160,1049	0,246211
I-J	I	0	26,24	0	116,9834	4	240	0,018463	5,2493	0,466185
	J	0	26,24	0	117,4496	4,026	6,048612	2 CODO	20	
						120			25,2493	0,246211
J-K	J	0	26,24	0	117,4496	4	240	0,018463	178,8057	3,301338
	K	0	26,24	0	120,751	4,026	6,048612			
						120			178,8057	0,246211
K-L	K	0	26,24	0	120,751	4	240	0,018463	39,37	1,096164
	L	0	26,24	0	121,8471	4,026	6,048612	TEE	20	
						120			59,37	0,246211
L-M	L	0	26,24	0	121,8471	6	240	0,00251	89,2388	0,294259
	M	0	26,24	0	122,1414	6,065	2,665273	2	28	
						120			117,2388	0,047806
O--BOMBA	Q	0	26,24	0	122,1414	6	240	0,00251	26,24	0,141157
	BOMBA	0	0	0	133,6523	6,065	2,665273	C+VC+VP	30	11,36979
						120			56,24	0,047806
GASTO ACUMULADO FINAL							240			
					133,6523					

ANEXO E. SISTEMA DE BOMBEO

Bomba Red Contra Incendios



Job/Project: Diseño de una red contra incendios		Representative: Solinoff Corp S.A	
ESP-Systemwize: 16D63C	Created On: 2020-07-15	Phone:	
Location/Tag:		Email:	
Engineer: Luis Mahecha - Santiago Quintero		Submitted By:	Date:
Contractor:		Approved By:	Date:



Pump Selection Summary

Pump Capacity	2000 US gpm	RPM	1785
Pump Head	140 psi	Impeller Diameter	18.979 in
Duty point Power	210 bhp	Motor HP	
Fluid Type	Water	Fluid Temperature	85 °F
Max BHP	247 hp		



Xylem Inc.
8200 N. Ardito Avenue
Morton Grove, Illinois 60053
Phone: (847) 940-0300
Fax: (847) 940-0379
www.us.firepump.com

AC Fire Pump is a trademark of Xylem Inc. or one of its subsidiaries.

Bomba jockey

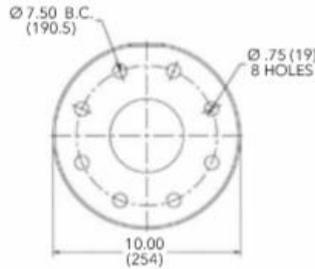
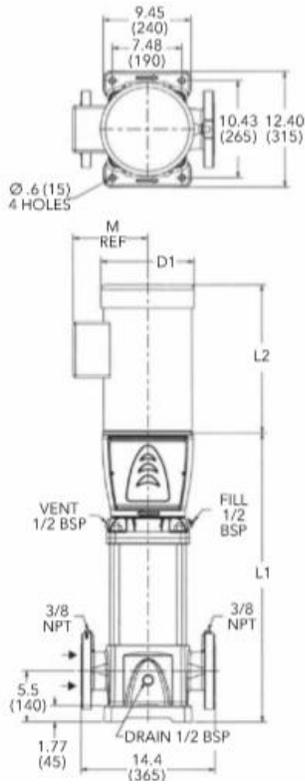
Goulds Water Technology

Commercial Water

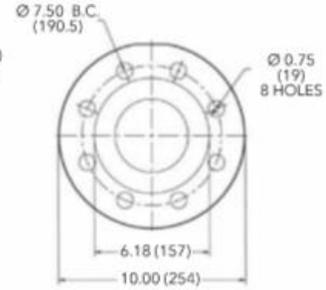
Dimensions and Weights

92SV Series 3500 RPM

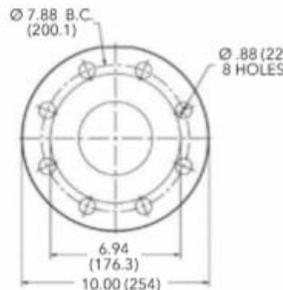
60 Hz



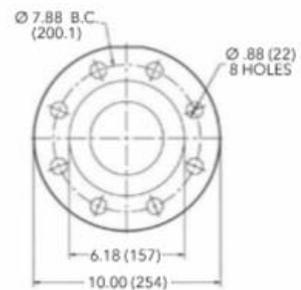
Cast Iron
4" Class 125 F.F.



316SS
4" Class 150 R.F.



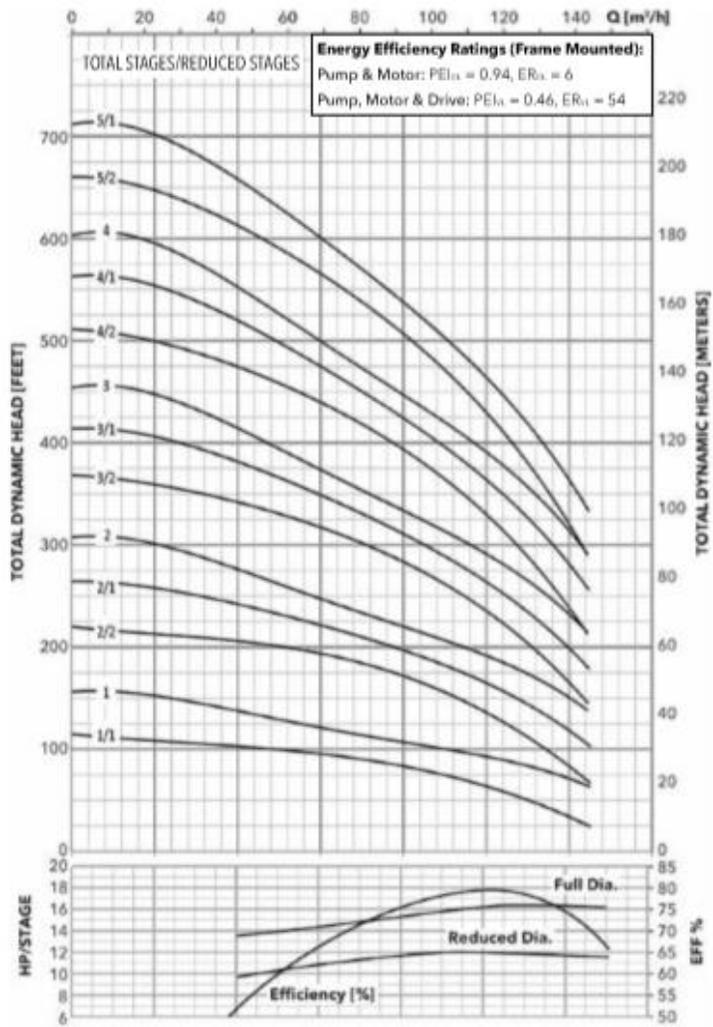
Cast Iron
4" Class 250 R.F.



316SS
4" Class 300 R.F.

92SV SERIES – 60Hz, 3500 RPM ODP/TEFC Enclosures

Pump Type Stages	HP	Motor				Dimensions (in)										Weight (lbs.)									
		NEMA Frame				L1	L2				M (Ref.)	D1 (max.)				D2	Pump Only	Motor				Pump/Motor			
		ODP 10	TEFC 10	ODP 30	TEFC 30		ODP 10	TEFC 10	ODP 30	TEFC 30		ODP 10	TEFC 10	ODP 30	TEFC 30			ODP 10	TEFC 10	ODP 30	TEFC 30	ODP 10	TEFC 10	ODP 30	TEFC 30
92SV/1	15	-	-	215TC	254TC	23.19	-	-	15.56	16.56	9.25	-	-	10.19	10.31	5.51	185	-	-	128	250	-	-	313	435
92SV/2	25	-	-	250TC	284TC	28.31	-	-	18.00	23.38	13.12	-	-	11.63	15.31	5.51	210	-	-	240	420	-	-	450	630
92SV/2/1	30	-	-	284TC	284TC	28.31	-	-	20.12	23.38	13.12	-	-	13.25	15.31	5.51	210	-	-	325	445	-	-	535	655
92SV/2	30	-	-	284TC	284TC	28.31	-	-	20.12	23.38	13.12	-	-	13.25	15.31	5.51	210	-	-	325	445	-	-	535	655
92SV/3/2	40	-	-	284TC	284TC	31.18	-	-	20.12	23.38	13.12	-	-	13.25	15.31	5.51	223	-	-	328	448	-	-	551	671
92SV/3/1	40	-	-	284TC	284TC	31.18	-	-	20.12	23.38	13.12	-	-	13.25	15.31	5.51	223	-	-	328	448	-	-	551	671
92SV/3	50	-	-	326TSC	326TSC	31.28	-	-	22.50	23.38	13.12	-	-	13.25	15.31	5.51	231	-	-	382	592	-	-	613	823
92SV/4/2	50	-	-	326TSC	326TSC	34.88	-	-	22.50	27.22	13.12	-	-	13.25	19.00	5.51	242	-	-	474	736	-	-	716	978
92SV/4/1	60	-	-	326TSC	364TSC	34.88	-	-	22.50	27.22	13.12	-	-	13.25	19.00	5.51	242	-	-	474	736	-	-	716	978
92SV/4	60	-	-	326TSC	364TSC	34.88	-	-	22.50	27.22	13.12	-	-	13.25	19.00	5.51	242	-	-	474	736	-	-	716	978
92SV/5/2	75	-	-	365TSC	365TSC	38.44	-	-	24.12	27.22	14.96	-	-	15.12	19.00	5.51	252	-	-	500	762	-	-	752	1014
92SV/5/1	75	-	-	365TSC	365TSC	38.44	-	-	24.12	27.22	14.96	-	-	15.12	19.00	5.51	252	-	-	500	762	-	-	752	1014



ANEXO F . TABLA DE MANTENIMIENTO RED CONTRA INCENDIOS

SISTEMA	COMPONENTE	FALLAS FUNCIONALES	MODO DE FALLA	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	
SISTEMA HIDRAULICO	Tanque de almacenamiento	Bajo nivel	Válvula de abastecimiento cerrada	Verificar apertura de válvula de paso	8 días	
			No hay suministro de fluido	Suministrar fluido	A falla	
		Podredumbre	Agua contaminada	Limpiar sedimentos	30 días	
				Aplicar agentes de limpieza de agua	30 días	
				Revisar filtro de tubería de abastecimiento	15 días	
		Fugas (Exterior)	Corrosiones juntas roscadas	Verificar y remover corrosión existente	90 días	
	Agrietamiento de paredes de tanque			Verificar estado de las paredes	90 días	
	Ruptura tubería de descarga			Verificar el estado de la tubería	90 días	
	Cuarto de bombas	No succiona agua	Filtro etapa succión taponado	Limpieza de filtro etapa succión	30 días	
			Válvula de pie obstruida	Desmante, limpieza y ajuste	A falla	
		Sedimentos en tanque de combustible	Taponamiento de filtro de combustible motor diésel	Revisar filtro y realizar limpieza	30 días	
		Fugas	Ruptura tubería	Verificar el estado de la tubería	90 días	
				Daño carcasa bomba	Verificar el estado de la carcasa y sus uniones	90 días
				Daño en juntas de unión	Verificar el estado de las juntas de unión	90 días
				Ruptura tanque de combustible	Realizar inspección del tanque	30 días

		Inundación cuarto	Desagües obstruidos	Limpiar sifones y tubería desagüe	90 días
			Filtraciones por paredes del cuarto	Inspeccionar paredes y techos	365 días
		Recalentamiento	Aceite y filtro de motor en mal estado	Cambiar filtro y aceite	A falla
Tubería y accesorios	Fugas	Ruptura tubería	Inspección y cambiar tubería	A falla	
		Daño en juntas de unión	Inspeccionar juntas de unión	365 días	
	Corrosión interna	Obstrucciones de accesorios	Realizar purgas e inspeccionar	15 días	
Accesorios de activación	No hay paso de fluido	Válvulas de compuerta cerrada	Verificar apertura de válvulas	30 días	
		Válvula mariposa cerrada		30 días	
		Válvula Risk & Check dañada	Verificar estado de la clapeta	15 días	
	No activa la alarma hidromecánica	Cámara de retardo con agujeros	Revisar estado y funcionamiento de cámara de retardo	90 días	
	La alarma hidromecánica no funciona	Daño en impeler de alarma	Cambiar alarma hidromecánica	A falla	
	Manómetro no marca	Daño en manómetro	Cambiar manómetro	A falla	
Rociadores	No genera descarga	Obstrucción en orificio de descarga	Realizar drenaje del fluido e inspeccionar componentes	90 días	
		Obstrucción tubería previa		15 días	
		Bulbo térmico sin liquido	Cambiar rociador	A falla	
Gabinetes	No genera descarga	Válvula de paso cerrada	Realizar drenaje del fluido e inspeccionar componentes	90 días	
		Tubería obstruida		90 días	
SISTEMA MECANICO	Tanque de almacenamiento	Fugas	Daño en juntas de unión	Verificar el estado de las juntas de unión	30 días

	No se genera sello en las escotillas	Daño en bisagras o empaquetadura	Verificar estado de los componentes de la escotilla	30 días
Cuarto de bombas	Recalentamiento	No hay suministro de fluido	Nivel de fluido en el tanque y cebar bomba	30 días
		Falla en motor diésel	Realizar tareas de mantenimiento motor diésel	15 días
	Vibración y ruido	Desbalanceo	Cambiar rodamientos	A falla
		Desgaste impeler	Cambio del regulador de caudal	A falla
		Desgaste en soportes antivibratorios	Observar posibles fisuras en el caucho del sellado en la tubería	15 días
		Obstrucción dentro de la carcasa de la bomba	Revisar y extraer cuerpos extraños	A falla
	Bomba no funciona	Sistema de transmisión motor-bomba dañado	Revisar acople de ejes	90 días
		Motor no prende	Realizar tareas de mantenimiento motor diésel	15 días
Tubería y accesorios	Fugas	Daño en uniones roscadas	Revisar juntas de unión roscada	90 días
Accesorios de activación	No hay paso de fluido	Válvula Risk & Check dañada	Verificar estado de la clapeta	15 días
	No activa la alarma hidromecánica	Cámara de retardo con agujeros	Revisar estado y funcionamiento de cámara de retardo	30 días
	La alarma hidromecánica no funciona	Daño en impeler de alarma	Cambiar alarma hidromecánica	A falla

	Rociadores	Fugas	Daño en junta roscada	Cambiar rociador	A falla	
			Ruptura de bulbo térmico		A falla	
			Daño en deflector		A falla	
			Daño en el cuerpo del rociador		A falla	
	Gabinetes	Fugas	Daño en juntas de unión	Revisar el estado de las juntas de unión	90 días	
		No se genera sello en las juntas	Daño en sellos mecánicos	Inspeccionar sellos mecánicos	30 días	
	Soportería	Desajuste	Uniones roscadas sueltas	Ajustar uniones roscadas	90 días	
SISTEMA ELECTRICO	Tanque de almacenamiento	Bajo nivel	Daño en sensor de flotador	Revisar conexión de flotador en tablero de control	30 días	
				Revisar y verificar el estado del flotador	8 días	
	Cuarto de bombas	No prende		Nivel de batería	Revisar y nivelar batería	30 días
				Tablero de control desconectado	Revisar conexión tablero-bomba	30 días
				Corto en conexiones eléctricas	Revisar componentes internos del tablero	30 días
		Poca iluminación	Lámparas no prenden	Revisar estado de lámparas y cambiar	A falla	
	Accesorios de activación	No enciende la bomba principal	Presostato no emite señal a los tableros de control	Revisar funcionamiento de Presostato	30 días	
	Sistema de alarma	No activa iluminación	Mala conexión eléctrica, daño en baterías o mugre	Realizar limpieza e inspección de baterías	90 días	
No activa alarma sonora		Realizar limpieza e inspección de conexiones eléctricas		90 días		
SISTEMA ESTRUCTURAL	Tanque de almacenamiento	Obstrucción de área circundante	Desechos, restos, maleza, materiales combustible alrededor del tanque	Realizar limpieza	15 días	

	Daño en cimientos y estructura soporte	Fenómenos naturales	Verificar estado falla y corregir	A falla	
		Daños por agentes externos		A falla	
		Agrietamiento de paredes de tanque		A falla	
		Degradación y corrosión	Humedad al exterior del tanque	Realizar limpieza	A falla
		Daño en escaleras y escotillas	Daño en juntas de unión y piezas faltantes	Verificar y corregir	A falla
Cuarto de bombas	Daño en base de bomba-motor	Desnivel o ruptura de soporte	Revisar y nivelar estructura general de soporte	90 días	
	Daño en base tableros de control			90 días	
Tubería y accesorios	Fugas y rupturas	Daño en soporte	Revisar estado de soportería	90 días	
		Desnivel de tubería	Revisar altura de soporte colgante	90 días	
		Cargas externas	Quitar cargas que no hagan parte de la red contra incendios	15 días	
	Daño en etiquetas	Desgaste de etiquetas	Reemplazar etiquetas	A falla	
Rociadores	Fugas	Daño en junta roscada	Cambiar rociador	A falla	
		Ruptura de bulbo térmico		A falla	
		Daño en deflector		A falla	
		Daño en el cuerpo del rociador		A falla	
Gabinetes	La puerta no cierra	Daño en bisagras o empaquetadura	Revisar estado de los componentes	90 días	
	Gabinete suelto	Anclaje desajustado	Revisar ajuste de los elementos de anclaje	A falla	
Soportería	Soporte suelto	Daño físico	Verificar estado de los elementos de fijación del soporte	A falla	
		Desprendimiento		A falla	
		Desajuste		A falla	

	Sistema de alarma	Componentes sueltos	Desprendimiento	Verificar estado de los elementos de fijación del componente	A falla
		Componentes rotos	Daño físico	Realizar cambio de componente	A falla

