

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



**GRUPO ABC**

**“Diseño del sistema de supresión de incendios para la planta de distribución (CIDE) de  
la empresa Cargill”**

**Informe de práctica de especialidad para optar por el título de Ingeniero en  
Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura**

**REALIZADO POR:**

---

**Daniel Alejandro Solano Morales**

**201136768**

**Cartago, noviembre 2017**

**Profesor guía:**

Ing. Rodolfo Elizondo Hernández

**Asesor industrial:**

Ing. Andrés Masís González

**Tribunal Evaluador:**

Ing. José Alberto Garro Zabaleta

Ing. Ignacio Del Valle Granados

### **Información Personal**

**Nombre completo:** Daniel Alejandro Solano Morales

**Número de cédula:** 3-04610466

**Número de carné:** 201136768

**Números de teléfono:** 84145587

**Correos electrónicos:** solanodanie@gmail.com

**Dirección exacta de domicilio:** Paraíso, Cartago, 425 m oeste del Cuerpo de Bomberos, segunda casa, mano izquierda.

### **Datos generales de la empresa**

**Dirección:** Oficentro Terrum en Río Segundo de Alajuela, costado este del Hotel Hampton Inn, Oficina 71.

**Teléfono:** +506 2233-2650

**Correo electrónico:** info@grupoabccr.com

**Apartado postal:** 988-1011 La Y Griega, San José

**Página web:** <http://www.grupoabccr.com/>

Actividad principal: Proyectos de diseño y construcción eléctrica.

### **Información del proyecto**

**Nombre:** Diseño del sistema de supresión de incendios para la planta de distribución (CIDE) de la empresa Cargill.

**Profesor guía:** Ing. Rodolfo Elizondo Hernández

**Asesor industrial:** Ing. Andrés Masís Gonzáles

**Horario de trabajo:** Lunes a jueves: 7:00 a.m. – 4: 30 p.m.

## *Dedicatoria*

A Dios, quien me dio la salud, sabiduría, perseverancia y dedicación, sin Él no hubiese sido posible.

Dedico este proyecto a las personas que fueron el apoyo incondicional durante todo este trayecto, una de las razones para seguir luchando por más difícil que fuera el camino: mi familia.

A mi madre Felicia, por ser mi mayor soporte durante toda mi vida, cuidándome con tanto amor, estando ahí en cada tropiezo para ayudar a levantarme, siendo mi guía en muchos aspectos de mi vida. A mi padre Héctor, por darme esta oportunidad tan valiosa que es estudiar para forjar mi propio futuro, por cada consejo dado, por cada regañada que me han convertido en la persona que soy hoy. A mis hermanos, Andrea, Héctor, Paula y Emilio, por estar ahí siempre que necesitaba de alguien, por darme el aliento para seguir adelante y servirme como ejemplos a seguir.

Gracias por haber creído en mí siempre y apoyarme sin importar nada.

## *Agradecimiento*

Primero, darle gracias a Dios, por permitirme llegar a este momento de mi carrera universitaria.

Agradezco a los profesores por todas sus enseñanzas, consejos y paciencia, especialmente a los profesores de la Escuela Electromecánica, a Don Oscar Bastos, por cada uno de los consejos y conocimientos transmitidos durante estos 2 años en los que fui el asistente del curso de Sistemas de Vapor.

A todos los compañeros y amigos que me acompañaron durante los años de estudio, fueron parte fundamental para sobrellevar la carga académica de los semestres. Gracias por darle sentido a esas palmadas y apoyarme cuando más lo necesitaba.

Andrea Sanchun Varela, gracias porque te convertiste en mi apoyo incondicional, me enseñaste la importancia de esforzarse cada día más, sin importar los duros momentos que se estén viviendo, gracias por cada consejo, regaño, por cada momento, mil gracias. Sos la mejor.

Quiero agradecer a la Empresa ABC Ingenieros y en especial al Ing. José Eduardo Arce por darme la oportunidad de trabajar dentro de esta gran organización y realizar ahí mi práctica profesional. De igual manera, quiero agradecer a la empresa EMC Ingeniería por abrirme las puertas desde este momento para seguir mi camino profesional, al Ing. Carlos Villalobos y al Ing. Héctor Solano Morales.

Al Ing. Andrés Masis, mi asesor industrial, por depositar la confianza en mí para realizar el proyecto de graduación y por sus enseñanzas en el recorrido. Por último, al profesor guía Rodolfo Elizondo por la supervisión y compromiso hacia mi proyecto.

## Índice General

RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
PERFIL DE LA EMPRESA .....	3
1.1 Descripción de la empresa .....	3
1.2 Organigrama de la empresa.....	4
DESCRIPCIÓN PROYECTO .....	5
2.1 Justificación.....	5
2.2 Planteamiento del diseño.....	5
2.3 Centro de distribución (CEDI) .....	6
2.3.1 Zonas aledañas al CEDI .....	8
2.4 Objetivos .....	10
2.4.1 Objetivo general .....	10
2.4.2 Objetivos específicos.....	10
2.5 Metodología .....	10
2.6 Alcance.....	11
MARCO TEÓRICO .....	12
3.1 Combustión .....	12
3.1.1 Calor .....	13
3.1.2 Combustible.....	13
3.1.3 Combustión.....	13
3.1.4 Clasificación de los tipos de fuegos .....	14
3.2 Clasificación de los equipos contra incendio .....	14
3.3 Clasificación de riesgo .....	15

3.3.1	Riesgos ligeros.....	15
3.3.2	Riesgos ordinarios .....	15
3.3.3	Riesgos extraordinarios .....	15
3.4	Clasificación de mercancías .....	16
3.4.1	Clase 1: .....	16
3.4.2	Clase 2: .....	16
3.4.3	Clase 3: .....	16
3.4.4	Clase 4: .....	17
3.5	Selección del sistema contra incendios .....	17
3.5.1	Características de los riesgos.....	17
3.5.2	Selección de sistemas y equipos.....	17
3.6	Sistemas de protección contra incendios.....	17
3.7	Tipos de sistemas de rociadores .....	19
3.7.1	Sistema combinado de tubería seca y de pre acción.....	19
3.7.2	Sistema de tubería húmeda .....	20
3.8	Tipos de rociadores .....	21
3.9	Espaciamiento entre rociadores.....	22
3.10	Sistema de bombeo .....	23
3.10.1	Recomendaciones de diseño.....	23
3.11	Tanque de almacenamiento.....	26
3.11.1	Ubicación de los tanques .....	27
3.11.2	Dimensionamiento del tanque .....	27
3.11.3	Accesorios utilizados en los tanques .....	27
3.12	Selección de soportería .....	27

3.13	Extintores .....	28
3.13.1	Baterías de extintores .....	28
3.14	Compresor .....	29
3.15	Filtros coalescentes .....	30
3.16	Software SprinkCalc .....	31
Diseño de Sistema contra Incendios para la planta Cargill .....		33
4.1	Sistema de rociadores.....	33
4.1.1	Parámetros de selección para el sistema de protección de incendios .....	33
4.1.2	Análisis de riesgos .....	34
4.1.3	Clasificación de las ocupaciones de riesgos .....	34
4.1.4	Limitaciones del área de protección del sistema .....	35
4.1.5	Determinación del área de protección de cobertura por rociador.....	35
4.1.6	Espaciamiento entre rociadores .....	36
4.1.7	Densidad de flujo por área.....	39
4.1.8	Factor K.....	40
4.1.9	Presión mínima de salida del rociador, números de rociadores por zona crítica ...	40
4.1.10	Selección del material de las tuberías.....	42
4.1.11	Cálculo del diámetro de tuberías .....	42
4.1.12	Cálculo de la velocidad del fluido .....	46
4.2	Sistema de pre acción con doble enclavamiento para tubería seca.....	47
4.2.1	Selección de la válvula de pre acción .....	48
4.2.2	Sistema de toma de aire .....	49
4.2.3	Compresor .....	50
4.2.4	Filtro coalescente.....	53

4.3	Selección del tanque de agua según NFPA 13.....	54
4.4	Selección de la bomba.....	55
4.5	Software SprinkCalc .....	58
4.6	Sistema de supresión por extintores.....	60
	Conclusiones.....	63
	Recomendaciones .....	64
	Bibliografía .....	65
	Apéndice .....	68
	Apéndice 1. Cronograma de trabajo .....	68
	Apéndice 2. Normativas consultadas.....	69
	Approval Standard for Suppression Mode (Early Suppressions Fast Response (ESFR))	
	Automatic Sprinklers .....	71
	FM Global.....	71
	Refrigerated storage, automatic sprinkler system.....	71
	Apéndice 3. Diámetros de tubería.....	72
	Apéndice 4. Cálculo del compresor .....	74
	Apéndice 5. Resumen de los tipos de rociador por zona.....	76
	Apéndice 6. Detalles de soportería .....	77
	Apéndice 7. Planos .....	79
	Apéndice 7. Software SprinkCALC .....	82
	Anexos .....	86
	Anexo A. Requerimientos hechos por Factory Mutual .....	86
	Anexo B. Máxima protección de cobertura por rociador .....	88
	Anexo C. Dimensionamiento en estanterías .....	90

Anexo D. Cálculo del diámetro de tuberías .....	92
Anexo E. Selección de la válvula de pre acción .....	93
Anexo F. Selección del compresor .....	94
Anexo G. Selección de los tipos de rociadores.....	97
Anexo H. Selección de la bomba.....	101
Anexo I. Selección del tanque de almacenamiento .....	103
Anexo J. Selección de los extintores .....	104

## Índice de figuras

Figura 1. Organigrama empresa Grupo ABC S.A. ....	4
Figura 2. CEDI, centro de distribución Cargill.....	6
Figura 3. Sistema de almacenamiento Radio Shuttle. ....	7
Figura 4. Planta de almacenamiento y distribución Cargill.....	9
Figura 5. Triángulo del fuego .....	12
Figura 6. Almacenamiento de mercancías en estantería (in-racks) .....	16
Figura 7. Sistema de supresión mediante hidrantes .....	18
Figura 8. Sistema de supresión mediante extintores.....	18
Figura 9. Sistema de supresión por medio de rociadores .....	19
Figura 10. Rociador colgante estándar .....	19
Figura 11. Detalle de la válvula de pre acción para sistemas secos.....	20
Figura 12. Rociador de modo de control aplicable, montante .....	21
Figura 13. Configuración de espaciamiento máximo de rociadores.....	22
Figura 14. Bomba de agua para incendios carcasa partida .....	23
Figura 15. Tanque de almacenamiento de agua contra incendios .....	26
Figura 16. Batería de extintores .....	29
Figura 17. Compresor VIKING para mantenimiento de sistemas seco.....	29
Figura 18. Filtro Coalescente VERMAG .....	31
Figura 19. Interfaz de modelación Software SprinkCalc, para modelación de sistemas de supresión de incendios con rociadores automáticos .....	32
Figura 20. Sistema de supresión de incendios por medio de rociadores automáticos .....	33
Figura 21. Configuración del sistema de supresión de incendios.....	37
Figura 22. Sistema de rociadores en estanterías, representación isométrica .....	38
Figura 23. Diagrama de curvas de densidad según el riesgo a proteger .....	39
Figura 24. Tubería galvanizada ASTM A795/A795M.....	42
Figura 25. Dimensionamiento de tuberías del sistema de rociadores en estanterías .....	43
Figura 26. Cálculo de tuberías utilizando System Syzer Bell & Gossett .....	44

Figura 27. Dimensionamiento del sistema de supresión para el cuarto de embutidos, método hidráulico .....	46
Figura 28. Válvula de pre acción VIKING de doble enclavamiento para sistemas secos .....	48
Figura 29. Detalle de toma de aire para sistemas secos, NFPA 13.....	49
Figura 30. Configuración del sistema de supresión para el área de embutidos .....	51
Figura 31. Filtro coalescente para sistemas de compresión.....	53
Figura 32. Detalles de conexión de la bomba principal.....	57
Figura 33. Simulación CEDI, zona de 1 y zona 4.....	58
Figura 34. Supresión de incendios por medio de extintores portátiles .....	60
Figura 35. Representación a nivel de planos de la distribución de extintores en el CEDI. ....	62
Figura 36. Sistema de supresión para la zona del pulmón. Sistema con tubería seca con válvula de pre acción .....	72
Figura 37. Sistema de supresión para el área del pulmón, sistema de tubería seca, con válvula de pre acción .....	74
Figura 38. Cuadro resumen rociadores y zonas de utilización .....	76
Figura 39. Detalles de anclajes para tuberías de incendio .....	77
Figura 40. Detalles de colocación de rociadores y sujeción de tubería aéreas .....	78
Figura 41. Sección del plano "Planta de supresión de incendios-Refrigerado & Docks bajo pasarelas.....	79
Figura 42. Plano supresión de incendios tubería principal. ....	80
Figura 43. Plano Supresión de incendios- CEDI congelado bajo túneles .....	81
Figura 44. Información obtenida de la simulación realizada en el software para la zona del CEDI Congelado.....	82
Figura 45. Distribución de tubería con área crítica, para la simulación de la zona de congelados del CEDI. Datos obtenidos de la eficiencia de la bomba del sistema.....	83
Figura 46. Información obtenida de la simulación realizada en el software para la zona del CEDI Docks.....	84
Figura 47. Distribución de tubería con área crítica, para la simulación de la zona de Docks del CEDI. Datos obtenidos de la eficiencia de la bomba del sistema.....	85

Figura 48. Configuración para sistema de rociadores en estanterías, mercancías Clase I, Clase II o Clase III.....	90
Figura 49. Configuración para sistema de rociadores en estanterías, mercancías Clase I, Clase II o Clase III, para altura de almacenamiento por encima de los 7,6 m.....	91
Figura 50. Tabla para cálculo de tuberías, para rociadores tipo estándar, riesgo ordinario. ...	92
Figura 51. Configuración de sistemas de supresión en anillo. Zona Oficinas.....	92
Figura 52. Modelo G-6000P, válvula de pre acción marca VIKING, con sistema de doble enclavamiento .....	93
Figura 53. Hoja técnica del compresor, método cálculo para la capacidad de este.....	94
Figura 54. Compresores marca General Air Products .....	95
Figura 55. Detalles del compresor, marca General Air Products. ....	95
Figura 56. Compresor de aire para mantenimiento modelo F-1 .....	96
Figura 57. Rociador montado marca VIKING, modelo VK598.....	97
Figura 58. Especificaciones técnicas del modelo VK598 del rociador marca VIKING .....	97
Figura 59. Descripciones de diseño para el rociador modelo VK598. ....	98
Figura 60. Rociador de tipo montado, modelo VK530 marca VIKING.....	99
Figura 61. Rociador de tipo montado, modelo VK530 marca VIKING.....	100
Figura 62. Información de las curvas características de la bomba principal seleccionada....	101
Figura 63. Información de las curvas características de la bomba Jockey seleccionada.....	102
Figura 64. Hoja de datos resumen de la bomba principal, marca PENTAIR .....	102
Figura 65. Selección del tanque de almacenamiento de agua, marca Superior Tank Company Inc. ....	103
Figura 66. Extintor tipo A y C, agente extintor agua de rocío Marca Amarex.....	104
Figura 67. Datos técnicos extintor de agua de rocío, modelo B272NM.....	104
Figura 68. Extintor tipo B y C, agente extintor dióxido de carbono marca Amarex. ....	105
Figura 69. Datos técnicos extintor de dióxido de carbono, modelo 330. ....	105

## Índice de tablas

Tabla 1. Valores de flujo típicos de una bomba gpm con su equivalente en SI .....	24
Tabla 2. Requisitos para la asignación de chorros de mangueras y de duración del abastecimiento de agua para sistemas calculados hidráulicamente .....	27
Tabla 3. Clasificación del tipo de ocupación según la norma NFPA 13 .....	34
Tabla 4. Limitación de Área de Protección del Sistema.....	35
Tabla 5. Criterios de descarga de rociadores no de control de densidad/área para estanterías de una, doble y multi fila de mercancías plásticas almacenadas por encima de 7,6 m de altura ..	39
Tabla 6. Valor K de los rociadores seleccionados .....	40
Tabla 7. Cálculo de la presión de rociador y el número de rociadores que se deberán de abrir para el área critica .....	41
Tabla 8. Tabulación de tuberías para riesgo ordinario.....	43
Tabla 9. Dimensionamiento de tuberías por medio del System Syzer, cuarto de embutidos ...	45
Tabla 10. Cálculo de velocidades para sección de embutidos CEDI.....	47
Tabla 11. Valores de presión para sistemas secos con aires o nitrógeno.....	50
Tabla 12. Cálculo de la capacidad del compresor para del área de embutidos.....	52
Tabla 13. Datos del compresor seleccionado, marca General Air Products.....	53
Tabla 14. Capacidades del tanque de almacenamiento de agua contra incendios. ....	54
Tabla 15. Selección de bomba principal y bomba Jockey .....	56
Tabla 16. Resumen resultados de la simulación del software SprinkCalc .....	59
Tabla 17. Selección del sistema de supresión por extintores.....	61
Tabla 18. Resumen de los extintores seleccionados, características de selección.....	61
Tabla 19. Normativa utilizada para la elaboración del proyecto .....	69
Tabla 20. Dimensionamiento de tuberías por medio del System Syzer, zona del pulmón.....	73
Tabla 21. Cálculo de velocidades para sección del pulmón CEDI.....	73
Tabla 22. Cálculo de la capacidad del compresor para del área de pulmón .....	75
Tabla 23. Áreas de protección y espaciamiento máximo para riesgo ligero. ....	88
Tabla 24. Área de protección y espaciamiento máximo para Riesgo Ordinario .....	89
Tabla 25. Áreas de protección y espaciamiento máximo para almacenamiento en pilas altas. ....	89

## **RESUMEN**

El proyecto propone el diseño de un sistema de protección contra incendios para la ampliación de la planta de distribución y almacenamiento de la empresa Cargill.

El objetivo principal es diseñar el sistema de supresión de incendios que cumpla con todos los lineamientos que dicta el Benemérito Cuerpo de Bomberos y la Aseguradora Internacional, para, a nivel nacional, obtener los permisos necesarios para la construcción del sistema y, a nivel internacional, contar con la aceptación de la Aseguradora.

La metodología utilizada en el desarrollo del proyecto es el diseño a partir de los lineamientos encontrados en las Normas NFPA, según el tipo de inmueble que se quiere proteger y el tipo de condiciones que este presenta.

Los principales resultados de este proyecto son la generación de planos para la construcción y las recomendaciones expuestas en este documento para futuras expansiones, las cuales se deberán tener en cuenta a nivel de mantenimiento de las instalaciones según los lineamientos de las normas NFPA.

**Palabras claves:** Rociador, bombas, seguridad, planta de distribución, NFPA.

## **ABSTRACT**

The project deals with the design of a fire protection system for the expansion of the Cargill distribution and storage plant.

The main objective is to design the fire suppression system that complies with all the guidelines dictated by the Meritorious Fire Department and the International Insurer, in order to obtain in a national way the necessary permits for the construction of the system and at the international level have I approve of the Insurer.

The methodology used in the development of the project is the design based on the guidelines found in the NFPA Standards, according to the type of property to be protected and the type of conditions it presents.

The main results of this project are the generation of plans for the construction and the recommendations presented in this document for future expansions where they should be taken into account at the level of maintenance of the facilities according to NFPA guidelines.

**Key words:** Sprayer, pumps, security, distribution plant, NFPA.

# **PERFIL DE LA EMPRESA**

## **1.1 Descripción de la empresa**

Grupo ABC S.A. es una firma de ingenieros que brinda servicios de consultoría, construcción y mantenimiento de obras electromecánicas. Empresa enfocada en las necesidades de sus clientes para obtener la mejor solución y dar el mejor servicio.

Grupo ABC separa los servicios de consultoría, mantenimiento y construcción de obras electromecánicas mediante sus unidades de negocio denominadas ABC Consultores, ABC Mantenimiento y ABC Constructora para atender de manera especializada los clientes. (ABC, 2017)

### **A. ABC Consultora**

Es la unidad de negocio dedicada al desarrollo de proyectos de consultoría y diseño de proyectos comerciales e industriales. Integra las disciplinas de la Ingeniería Eléctrica, Mecánica y de Mantenimiento. Esto le permite abarcar desde la etapa de planeamiento de los proyectos hasta su diseño, elaboración de planos y especificación de equipos.

### **B. ABC Constructora**

Es la unidad de negocio dedicada al montaje electromecánico de alta complejidad, tanto para proyectos comerciales como industriales. Cuenta con amplia experiencia en remodelaciones eléctricas sobre procesos industriales en operación.

### **C. ABC Mantenimiento**

Es la unidad de negocio que se dedica al montaje eléctrico de proyectos de baja complejidad y al mantenimiento de sistemas electromecánicos. Los servicios de mantenimiento abarcan desde el plan del mantenimiento preventivo y predictivo hasta las acciones correctivas de equipos industriales y de edificaciones en general.

**Visión:** “Brindar soluciones integrales en diseño, consultoría y mantenimiento en sistemas electromecánicos, ajustándose a las necesidades reales de cada uno de nuestros clientes.”

**Misión:** “Ser una empresa enfocada en conocer al cliente, personalizando nuestras soluciones a sus necesidades reales en función del óptimo beneficio técnico, económico, social y ambiental.”

## 1.2 Organigrama de la empresa

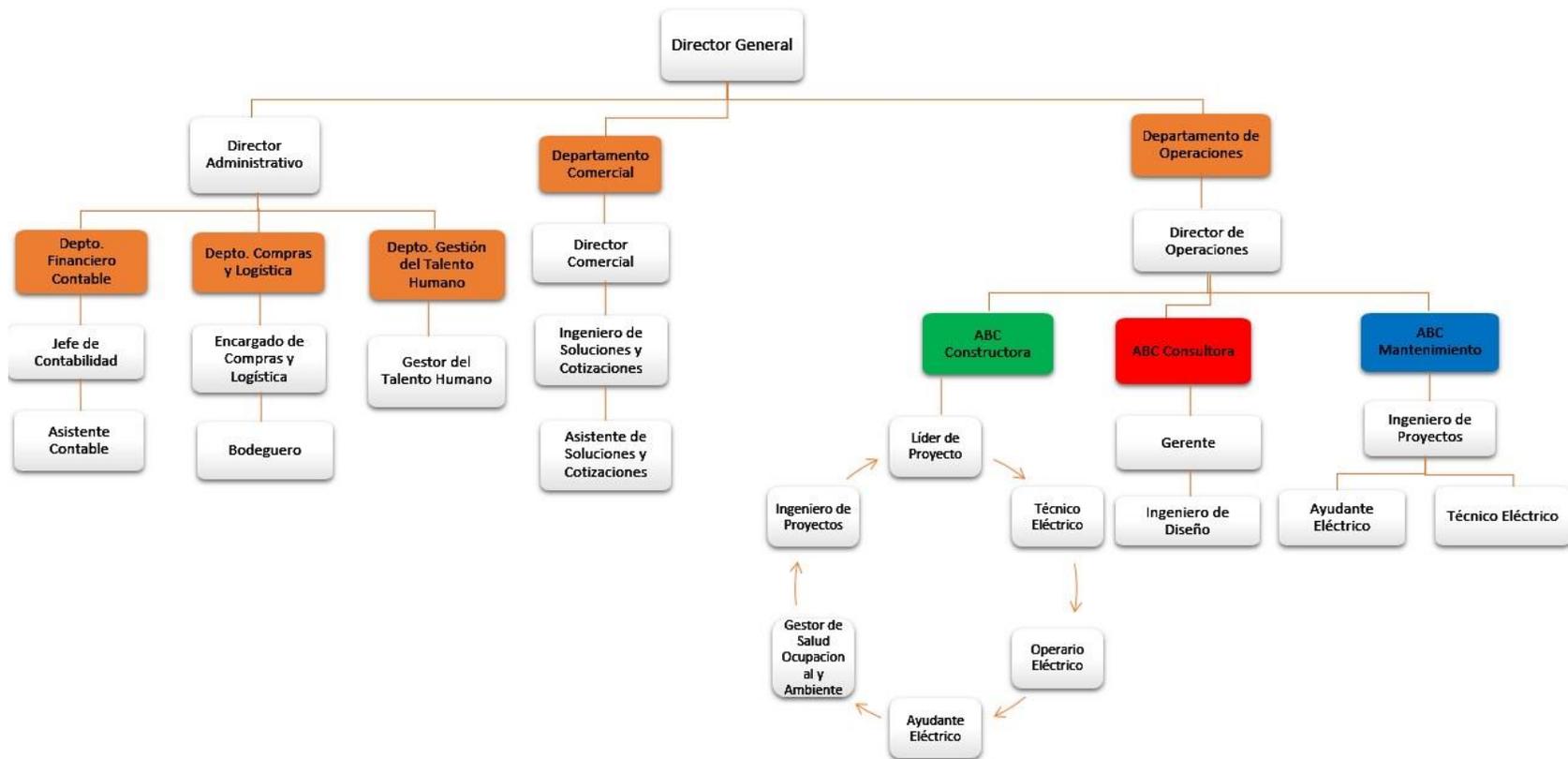


Figura 1. Organigrama empresa Grupo ABC S.A.

Fuente: Grupo ABC (2017)

# **DESCRIPCIÓN PROYECTO**

## **2.1 Justificación**

El diseño surge por la necesidad de la construcción de una nueva planta de distribución para una empresa transnacional, a la cual se le debe hacer el diseño e implementación del sistema de supresión de incendios para que cumpla con los requerimientos de la normativa existente en Costa Rica impuesta por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, y las políticas de protecciones de la empresa aseguradora internacional del proyecto, en este caso, Factory Mutual.

Este proyecto se realiza con el fin de garantizar la seguridad de los empleados y personal administrativo de la empresa, se implementa en toda la planta y se efectúa para asegurar la correcta mitigación de un posible incendio o conato de incendio en cualquier zona. Además, al aumentar la seguridad disminuyen los costos de la aseguradora y se genera un impacto económico en la empresa a la hora del pago del seguro.

## **2.2 Planteamiento del diseño**

La futura ampliación de la planta ubicada en San Rafael de Alajuela de la empresa Cargill se basa en datos logísticos de productos, niveles de inventarios y flujo de materiales. Se identificaron mejoras por considerar en el nuevo diseño, tomando en cuenta la conexión con la planta ya existente y de la mano con un futuro crecimiento ya previsto. Luego de todo el estudio pertinente, se llegó a una distribución adecuada de 22 áreas, tal como se muestra en la figura 4.

Para este proyecto, se hará énfasis en las zonas 1, 2, 3, 4, 5, 12, 14, 15, las cuales se pueden observar en la figura 4. Cada una de estas zonas tendrá sus respectivas características de diseño, condiciones ambientales, entre otras particularidades, que van a definir las pautas para el diseño del sistema de supresión en cada uno de los recintos. Se tomarán en cuenta zonas aledañas al Centro de distribución, en adelante CEDI, como el área de oficinas, baños y vestidores y los respectivos cuartos de máquinas eléctricas y mecánicas, además del cuarto de carga de baterías.

## 2.3 Centro de distribución (CEDI)

Estas zonas se caracterizan por ciertas funciones como transporte y almacenamiento de productos, por lo que su categorización viene dada por el tipo de material que se requiere resguardar, así como la altura y la forma del almacenamiento. En la figura 2 se muestra la subdivisión que presenta el CEDI con sus respectivas características del almacenamiento.

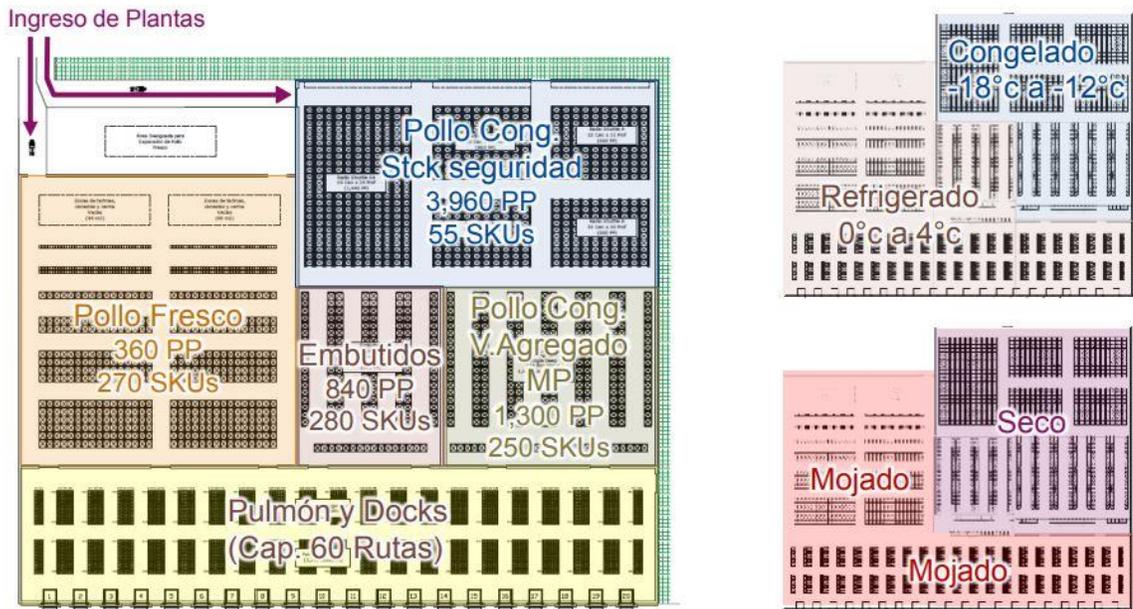


Figura 2. CEDI, centro de distribución Cargill.

Fuente: Miebach Consulting (2017)

### Zona 1 (Pulmón)

Este recinto cuenta con una altura de 4 metros, se utilizará como zona de carga y descarga de productos, por medio de 20 espacios para acoplar camiones distribuidores. Esta área se encuentra refrigerada a una temperatura de entre 0°C y 4°C y por el tránsito de productos, se espera que exista bastante humedad en el piso de dicha zona.

### Zona 2 (Cámara de pollo fresco)

Esta zona posee una altura de 4 metros sobre el nivel del piso terminado y, al igual que la Zona 1 (pulmón), es refrigerada bajo las mismas condiciones de temperatura y de humedad a nivel de piso.

### **Zona 3 (Cámara de embutidos)**

Posee las mismas características que las zonas anteriores con la excepción de que es un espacio totalmente seco, no se encuentra humedad a nivel de piso. Otra diferencia es que cuenta con una altura de 14 metros.

### **Zona 4 (Cámara de congelados)**

Es una de las zonas más críticas, ya que se encuentra a temperaturas de  $-18^{\circ}\text{C}$  a  $-12^{\circ}\text{C}$ . En esta se almacena la mayor cantidad del producto, utiliza un almacenamiento por “racks” con una altura máxima de 12 metros y mediante un sistema FIFO (First In First Out, por sus siglas en inglés) se asegura la frescura del producto almacenado. En la figura 3 se muestra el mecanismo que se utilizará para cumplir con esta metodología de almacenamiento de productos, su nombre es “Radio Shuttle” y es el encargado de llevar de lado a lado el producto en los “racks”.



*Figura 3. Sistema de almacenamiento Radio Shuttle.*

Fuente: Miebach Consulting (2017)

El área más crítica es la zona 4, en la que se encuentra el almacenamiento del pollo congelado. Para esto se hace uso de estanterías de una, doble y multi fila con la altura más crítica de 10 metros como altura máxima del último peldaño y extendiéndose a 12 metros con el producto cargado. Por solicitud del cliente, las demás zonas del CEDI se deben diseñar con respecto a la zona con la mayor criticidad, aunque no tengan estas características.

### 2.3.1 Zonas aledañas al CEDI

Son zonas cercanas al CEDI que forman parte importante del funcionamiento del proyecto y están compuestas por oficinas, baños y vestidores. De igual forma, se incluye el cuarto frío en el cual se encuentran los compresores y todo el sistema de amoniaco necesario para el funcionamiento del sistema de congelado y refrigeración del proyecto, el cuarto de máquinas eléctrico y un cuarto llamado carga de baterías.

- **Oficinas:** Cuentan con una altura de 3 metros sobre el nivel de piso terminado, además de estar distribuida en 2 plantas.
- **Baños y guardarropas:** Utilizadas por los empleados para el aseo luego de estar en contacto con los productos. Posee una altura de 3 metros sobre nivel de piso terminado.
- **Cuarto de máquinas:** En este recinto se encuentran los equipos eléctricos y mecánicos necesarios para el correcto funcionamiento del CEDI.
- **Central de frío:** Se encuentra todo el sistema de amoniaco, compresor y demás elementos para el funcionamiento del sistema de congelamiento y refrigeración del CEDI y edificaciones aledañas.
- **Carga de baterías:** Cuarto destinado para el almacenamiento de los puestos de carga de las baterías utilizadas en los montacargas, este se dimensionó por la gran demanda que generará la movilidad de los productos dentro del CEDI.

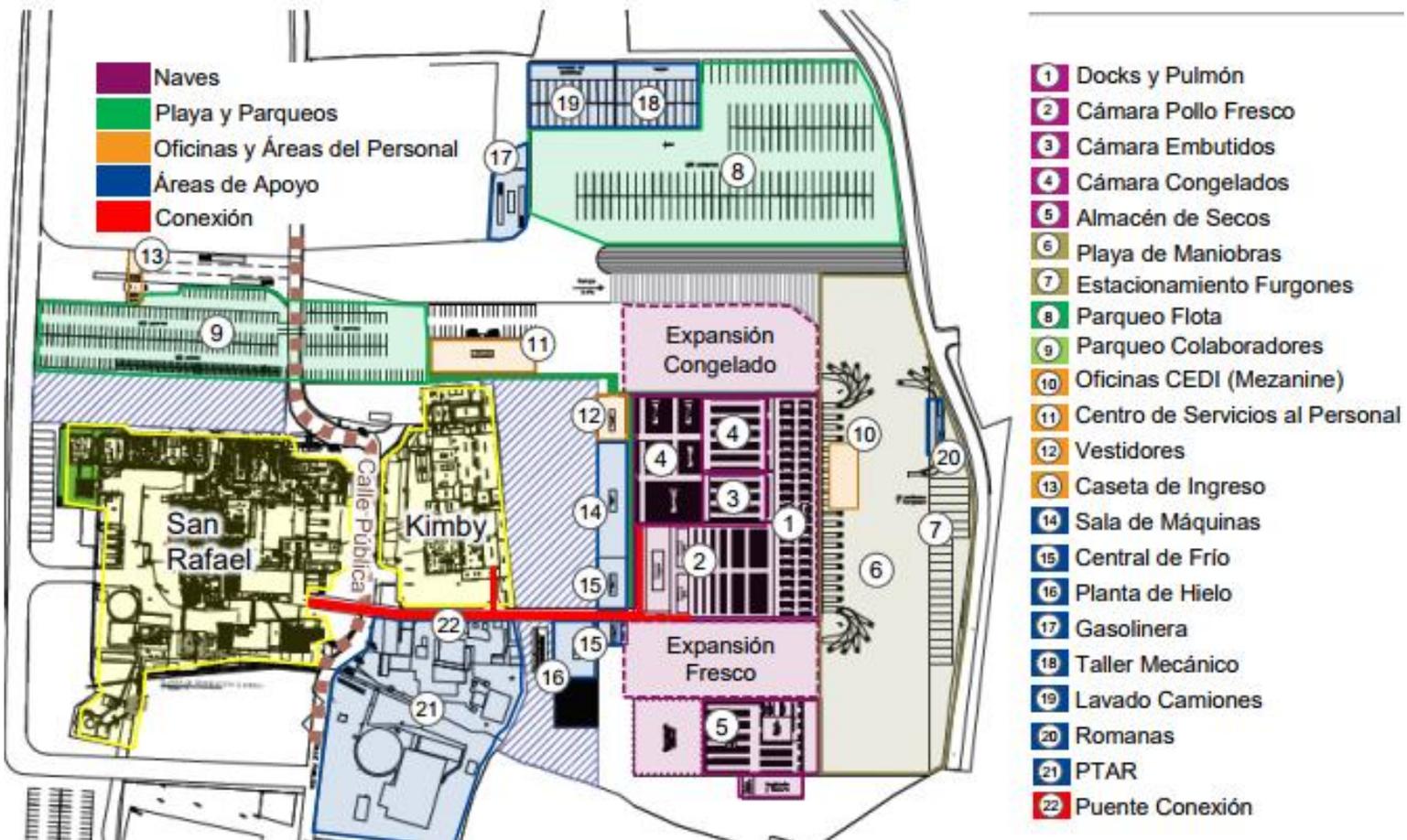


Figura 4. Planta de almacenamiento y distribución Cargill

Fuente: Miebach Consulting (2017)

## **2.4 Objetivos**

### **2.4.1 Objetivo general**

1. Diseñar un sistema de supresión de incendios que cumpla con los requerimientos establecidos a nivel internacional y con los estipulados por el Benemérito Cuerpo de Bomberos.

### **2.4.2 Objetivos específicos**

1. Clasificar, según las pautas encontradas en las normas NFPA, las ocupaciones y mercancías que se van a proteger.
2. Calcular la red de supresión de incendios necesaria para abastecer todo el sistema, según los requerimientos de presión y caudal exigidos por las normas NFPA.
3. Determinar los equipos hidráulicos y soportería requerida para el funcionamiento óptimo del sistema, además del tanque de captación de agua.
4. Generar planos y especificaciones técnicas del proyecto para la satisfacción del propietario y el cumplimiento de la normativa vigente.

## **2.5 Metodología**

A continuación, se definen las etapas a seguir para cumplir con los objetivos planteados en el proyecto.

1. Realizar la investigación de la literatura y normas que rigen este tipo de sistemas, con el fin de familiarizarse con ellas para obtener un mejor manejo durante el diseño y selección de los equipos.
2. Investigar cada una de las características que posee el proyecto, para tener conocimiento de las necesidades punto por punto, dependiendo del tipo de recinto y tipo de material que se va a almacenar.
3. Elaborar, a partir de los parámetros investigados en el punto 1 de esta sección, el diseño de tuberías, sus ramificaciones y configuración, además, del tipo de sistema que se piensa implementar.

4. Calcular de manera correcta el dimensionamiento de las tuberías, teniendo en cuenta pérdidas por presión, velocidades recomendadas según las normas, tipo de material, grosor, accesorios, especificaciones del diseño y soportería.
5. Dimensionar el tanque de captación y la bomba contra incendios, que cumplan con los requerimientos que dicten los entes reguladores y que se acoplen de manera correcta al diseño elaborado, tomando en cuenta que lo primordial es asegurar la seguridad humana, el inmueble y el producto o equipos almacenados en él.
6. Corroborar las selecciones anteriores mediante la modelación del diseño por medio del software SprinkCALC.
7. Elaborar los planos, para su posible implementación. Este punto es de suma importancia, a nivel de traumatología es el paso inicial para obtener los permisos de construcción a nivel nacional e internacional.

## **2.6 Alcance**

El impacto del proyecto se ve reflejado en 3 aspectos, el primero es que sin un correcto sistema de mitigación de incendios no se puede garantizar la no afectación de salud de las personas que laborarán en la planta en caso de algún incendio o conato de incendio. El segundo es que para poder construir se debe de cumplir con la normativa costarricense impuesta por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. Por último, para poder obtener el permiso por parte de la empresa aseguradora, se debe de cumplir con estándares de seguridad a nivel internacional, por lo cual se utilizarán las normas NFPA para el diseño del sistema.

## MARCO TEÓRICO

### 3.1 Combustión

Para poder comprender de manera adecuada los incendios, sus causales y las formas de prevenirlo, se debe de entender cómo se ocasiona dicho accidente. Por tanto, el primer paso en el desarrollo del proyecto es analizar qué elementos deben de estar presentes para que el fuego dé inicio.

Existen ciertos materiales que, al ser expuestos a ciertas condiciones, pueden ser atacados por un fenómeno llamado oxidación. Este fenómeno surge por la combinación del oxígeno y el material expuesto a este, produciendo una reacción química que cambia las propiedades de este último. Un ejemplo de este fenómeno se da cuando surge un fuego; el oxígeno del aire se combina con los materiales que arden, pero en forma rápida y violenta. A esta oxidación acelerada se le denomina combustión y para que un material entre en combustión necesita de 3 elementos en particular: combustible, oxígeno y calor (Mis-Extintores, 2017)

Como se muestra en la figura 5, se necesita de suficiente oxígeno, que exista un material que sirva como combustible y, por último, que exista el suficiente calor para que la combustión inicie.



*Figura 5. Triángulo del fuego*

Fuente: NFPA (National Fire Protection Association) (2017)

La base sobre la cual se apoya la prevención del fuego y la lucha contra este es evitar o romper el triángulo del fuego. Si el triángulo no está completo no podrá producirse fuego. Por lo que debe de haber presencia simultánea de todos los elementos mostrados en

el triángulo del fuego de la figura 5. Se puede definir el concepto de reacción en cadena, ya que para que haya fuego debe generarse suficiente calor como para evaporizar parte del combustible e inflamar el vapor que se mezcla con el oxígeno. (Mis-Extintores, 2017)

Para que la combustión se mantenga, el fuego generado debe a su vez formar suficiente calor para vaporizar más combustible, que vuelva a mezclarse con el oxígeno y se inflame, generando más calor, y repitiendo el proceso. Es este fenómeno, el que se conoce como reacción en cadena, y de allí su nombre. (Mis-Extintores, 2017)

La posibilidad de que un material se queme depende de sus propiedades tanto físicas como químicas. Por regla general, los materiales son inflamables solamente en estado de vapor; son pocos los sólidos o líquidos que arden directamente. La formación de vapor en sólidos y líquidos se controla fácilmente mediante la temperatura. El conocimiento de la capacidad de un material para generar vapores y de la temperatura para que estos se inflamen, es de suma importancia en la prevención de fuegos. (Mis-Extintores, 2017)

Dos propiedades químicas de las cuales se necesita la información adecuada para evitar la ignición de un material son:

- a) Temperatura a la cual el material se gasifica (temperatura de gasificación)
- b) Temperatura a la cual el material ya gasificado se enciende (temperatura de ignición).

### **3.1.1 Calor**

Es la energía requerida para elevar la temperatura del combustible hasta el punto en que despiden suficientes vapores que permiten que ocurra la ignición

### **3.1.2 Combustible**

Cualquier material combustible, ya sea sólido, líquido o gas. La mayoría de los sólidos y líquidos se convierten en vapores o gases antes de ser parte de la combustión.

### **3.1.3 Combustión**

La combustión es una reacción exotérmica auto alimentada con la presencia del combustible. El proceso está generalmente ligado con la oxidación de un combustible por el oxígeno atmosférico con emisión de luz y calor. Generalmente, los combustibles sólidos y líquidos se vaporizan antes de arder. En algunas ocasiones un sólido puede arder

directamente en forma incandescente, en cambio, la combustión de una fase gaseosa generalmente produce una llama visible.

### **3.1.4 Clasificación de los tipos de fuegos**

El manual del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (2013) brinda una clasificación para los diferentes tipos de incendios, según las características del material inflamable y el lugar de ignición del fuego.

- **Tipo “A”**

Se originan por materiales sólidos tales como maderas, papel, lana, cartón, textiles y en general combustibles ordinarios. En este tipo de incendios, el combustible deja residuos carbonosos y su propagación se presenta de afuera hacia adentro del material.

- **Tipo “B”**

Son aquellos producidos en líquidos o gases, inflamables o combustibles como aceites y grasas. Una característica de este tipo de fuego es que se produce en la superficie de los líquidos, por lo que la mejor forma de combatirlos es eliminar el oxígeno del medio con una acción sofocante, es decir, el agente extintor debe aislar el combustible y el fuego del aire.

- **Tipo “C”**

Inician en circuitos eléctricos vivos como interruptores, tableros, motores, etc. La conductividad eléctrica del medio de extinción es importante, se utiliza polvo químico seco y bióxido de carbono para apagarlo.

- **Tipo “D”**

Su origen se da en metales ligeros que al estar en ignición desprenden su propio oxígeno, lo que es da la posibilidad de entrar en combustión; por ejemplo, magnesio, sodio, potasio.

- **Tipo “K”**

Este tipo se presenta en fuego en utensilios o áreas de cocina que involucren un medio combustible.

## **3.2 Clasificación de los equipos contra incendio**

Igualmente, el manual de bomberos del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (2013) clasifica los equipos contra incendios como fijos y portátiles. En la primera

clasificación se encuentran los hidrantes, rociadores, gabinetes. Por su parte, la clasificación de equipos portátiles se utiliza para combatir conatos de incendios o fuegos incipientes, su movilización se da de forma manual o sobre algún elemento rodante.

### **3.3 Clasificación de riesgo**

El riesgo de los contenidos de cualquier edificio o estructura se debe de clasificar como ligero, ordinario, y extraordinario (NFPA 13, 2013). Dicha clasificación viene dada por el material que se almacena en el recinto.

#### **3.3.1 Riesgos ligeros**

Son ocupaciones en que la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja y se esperan incendios con bajos índices de liberación de calor (NFPA 13, 2013).

#### **3.3.2 Riesgos ordinarios**

**Grupo 1.** Son ocupaciones en que la combustibilidad es baja, la cantidad de combustible es moderada, las pilas de almacenamiento de combustible no superan los 2,4 metros y se esperan incendios con un índice de liberación de calor moderado.

**Grupo 2.** Son ocupaciones en que la combustibilidad es baja, la cantidad de combustible es de moderada a alta, donde las pilas de almacenamiento de contenido con un índice de liberación de calor moderado, no superan los 3,66 metros, y las pilas de almacenamiento de contenido de liberación de calor elevado no superan los 2,4 metros.

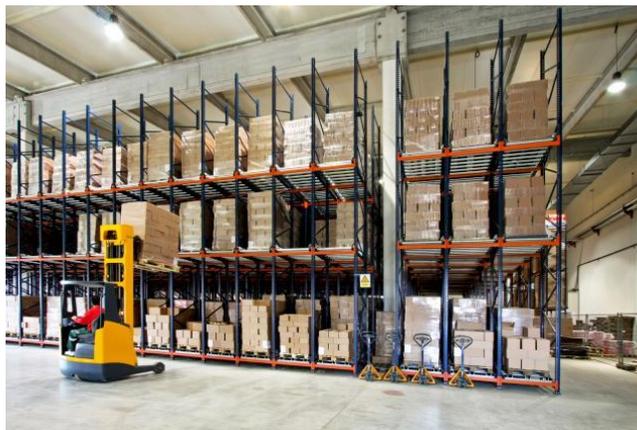
#### **3.3.3 Riesgos extraordinarios**

**Grupo 1.** Son ocupaciones en que la cantidad y combustibilidad de los contenidos son muy altas y hay presentes polvos, pelusas u otros materiales que introducen la probabilidad de incendios que se desarrollan rápidamente con elevados índices de liberación de calor, pero con poco o ningún líquido inflamable.

**Grupo 2.** Son ocupaciones con cantidades desde moderadas hasta considerables de líquidos inflamables o combustibles, u ocupaciones donde el escudado de los combustibles es extenso.

### 3.4 Clasificación de mercancías

Las normas NFPA clasifican las mercancías y los correspondientes requisitos de protección según la composición de las unidades de almacenamiento individual, por ejemplo, carga unitaria, carga en pallets (racks), etc.



*Figura 6. Almacenamiento de mercancías en estantería (in-racks)*

Fuente: HighJump (2017)

#### 3.4.1 Clase 1:

Almacenamiento de un producto no combustible en pallets de madera directamente y que cumpla con algunos de los siguientes criterios, cajas de cartón corrugado de capa única, con o sin divisiones de cartón de espesor simple.

#### 3.4.2 Clase 2:

Almacenamiento de un producto no combustible que se encuentra en canastas de listones de madera, en cajas de madera maciza, en cajas de cartón corrugado de múltiples capas o con material de embalaje combustible equivalente, con o sin pallets.

#### 3.4.3 Clase 3:

Se definen como productos formados de madera, papel, fibras naturales o plásticos grupo C con o sin cajas de cartón, o canastas con o sin pallets.

#### **3.4.4 Clase 4:**

El almacenamiento se da parcial o totalmente con plásticos grupo B, también se da cuando se cuenta con material plástico grupo A con un flujo constante y que cuenta con una cantidad considerable de plásticos de dicho grupo.

### **3.5 Selección del sistema contra incendios**

Para la selección de los sistemas y equipos de protección contra incendios se deben tomar en cuenta aspectos del lugar que se va a proteger, características del riesgo y las facilidades en equipo que ofrece el mercado. (NFPA 13, 2013).

#### **3.5.1 Características de los riesgos**

De acuerdo con las características de los riesgos son:

- Grado de peligrosidad
- Clase o clases de fuego
- Velocidad de propagación del fuego
- Clase y tipos de equipos que se requieren proteger

#### **3.5.2 Selección de sistemas y equipos**

Para una correcta determinación del grado de peligrosidad, clase de incendio, velocidad de propagación, es necesario estudiar el proyecto arquitectónico, así como la distribución de los equipos e infraestructura del inmueble.

- La selección de equipos como extractores dependerá de la posibilidad de que exista la presencia de humos o gases tóxicos, debido a la ignición del fuego, que necesiten ser evacuados de forma rápida.
- La selección del agente extintor dependerá del tipo de equipos o material almacenado que se requiere proteger, esto para que no se sufran daños por el agente extintor.

### **3.6 Sistemas de protección contra incendios**

**Sistemas de protección con hidrantes:** Es un sistema que se instala de manera fija en puntos estratégicos. Consiste en una toma de agua utilizada para proporcionar un caudal considerable y lograr una adecuada atención en incendios (NFPA 14, 2006).



*Figura 7. Sistema de supresión mediante hidrantes*

Fuente: Soler Prevención y Seguridad (2017)

**Sistemas de protección con extintores:** Los extintores portátiles son la primera línea de defensa con la fuerza suficiente para combatir con incendios de un cierto tamaño o grado. La Norma NFPA 10 (2007), dicta las pautas a seguir para la correcta selección de este sistema portátil de supresión de incendios. La selección del tipo de líquido extintor va a depender de la naturaleza de los combustibles presentes según la clasificación mencionada según el tipo del fuego, la cantidad de equipos a disponer va a depender del tipo de riesgo que se va a proteger.



*Figura 8. Sistema de supresión mediante extintores*

Fuente: Extintores Cruz S.A (2017)

**Sistema de protección con rociadores de agua.** Es un sistema que consiste, básicamente, en una red de tuberías colocadas, por lo general, inmediatamente abajo del techo, expuestas o cubiertas por un falso plafón, alimentado a presión. En él se instalan, a intervalos regulares, una serie de rociadores diseñados para abrirse en respuesta a la señal presente en

el sistema de detección de incendios, debido a que dichos sistemas trabajan en perfecta coordinación. Esta señal puede ser detectada por medio de un sensor de calor, humo o de luz.



*Figura 9. Sistema de supresión por medio de rociadores*

Fuente: PSI, Piping Systems, INC. (2016)

### **3.7 Tipos de sistemas de rociadores**

En la sección 3.4 de la NFPA 13, se encuentran clasificados los sistemas de rociadores ampliamente, tomando en consideración aspectos como aplicación, condiciones del lugar, tipo de almacenamientos, etc. Sin embargo, para el diseño del sistema de rociadores de la planta Cargill se utilizaron los siguientes tipos.



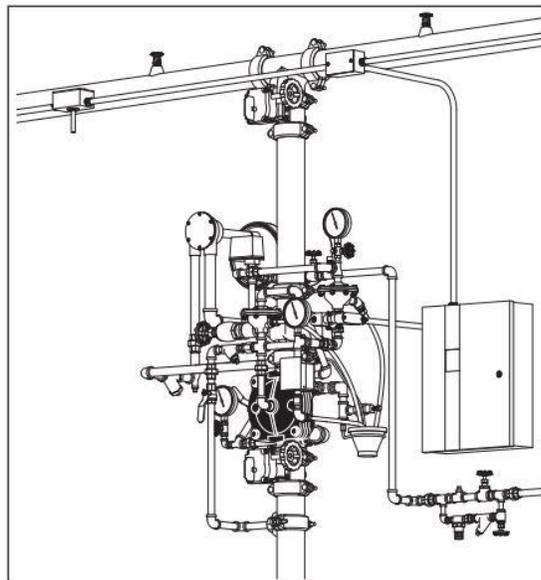
*Figura 10. Rociador colgante estándar*

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

#### **3.7.1 Sistema combinado de tubería seca y de pre acción**

Se trata de un sistema de tuberías que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene aire a baja presión, con un sistema suplementario de

detección instalado en las mismas áreas que los rociadores. La operación del sistema de detección acciona dispositivos de disparo que abren las válvulas de tubería seca simultáneamente y sin pérdida de la presión de aire del sistema. La operación del sistema de detección abre también válvulas de escape listadas, ubicadas en el extremo de la tubería principal de alimentación, lo que generalmente antecede a la apertura de rociadores. El sistema de detección sirve como sistema automático de alarma de incendios (NFPA 13, 2013).



*Figura 11. Detalle de la válvula de pre acción para sistemas secos*

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

En la imagen anterior se muestra la válvula de pre acción que se utiliza en los sistemas mencionados anteriormente.

### **3.7.2 Sistema de tubería húmeda**

Es un sistema con rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene agua y que, a su vez, se conecta a un suministro de agua, de tal forma que el agua se descargue inmediatamente desde los rociadores abiertos por el calor de un incendio (NFPA 13, 2013).

### 3.8 Tipos de rociadores

La norma NFPA 13 clasifica de manera más amplia los rociadores de acuerdo con sus características de diseño y funcionamiento. Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron los siguientes tipos de rociadores.

**Rociador de supresión temprana- Respuesta rápida (ESFR):** Tipo de rociador de respuesta rápida, se encuentra a nivel comercial por su capacidad para proporcionar supresión de incendios para tipos específicos de riesgo de incendio de alto desafío.

**Rociador de gota grande:** Tipo de rociador con modo de control de aplicación específica que es capaz de producir gotas grandes de agua y que está registrado por su capacidad de proporcionar control de incendios para riesgos de incendio de alto desafío.

**Rociador de modo de control aplicable específica (para uso en almacenamiento):** Tipo de rociador pulverizador (spray sprinkler) listado a una presión de operación mínima con un número específico de rociadores en funcionamiento para un esquema de protección dado.



*Figura 12. Rociador de modo de control aplicable, montante*

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

Los rociadores, de igual forma, se clasifican según su posición de instalación, en la sección 3.6.3 de la norma NFPA se presenta esta clasificación más detallada. Los rociadores para el diseño de Cargill tendrán una orientación montante (Ver figura 12), con el fin de evitar que por algún accidente se vaya a golpear la cabeza del rociador y este se active.

### 3.9 Espaciamiento entre rociadores

El dimensionamiento de la malla de rociadores al utilizar la máxima cobertura por rociador, se realiza mediante el uso del área máxima de cobertura por elemento del apartado anterior, utilizando las siguientes relaciones y con base a la siguiente figura (Figura 13), se puede sacar el espaciamiento entre paredes y línea de rociadores, además de distancia entre líneas de rociadores y el espacio necesario entre rociadores.

#### Distancia máxima entre rociadores

Por lo tanto, la distancia máxima entre rociadores permitida debe basarse en la distancia entre líneas centrales de los rociadores ubicados sobre el mismo ramal o en ramales adyacentes. La distancia debe medirse a lo largo de la pendiente del cielorraso.

#### Distancia máxima a las paredes

La distancia entre los rociadores y las paredes no debe ser mayor a la mitad de la distancia máxima permitida entre rociadores. Esta medición se deberá realizar de manera perpendicular como se muestra en la figura 13.

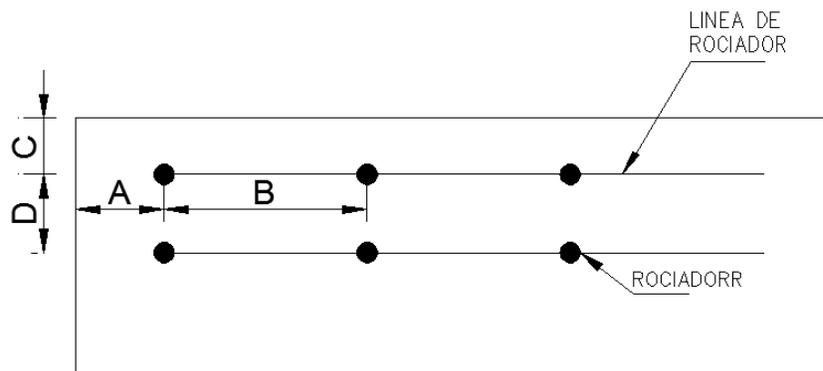


Figura 13. Configuración de espaciamiento máximo de rociadores

Fuente: NFPA 13, 2013. Elaboración propia en AutoCAD

El área máxima para proteger viene definida por la siguiente ecuación.

$$A_s = S \times L \text{ (Ec. 1)}$$

Donde  $A_s$  = Área total de protección.

Valor de  $S$ :

Si  $A \times 2 > B$ , entonces  $A \times 2 = S$

Si  $B \times 2 > A$ , entonces  $B \times 2 = S$

Valor de L:

Si  $C \times 2 > D$ , entonces  $C \times 2 = L$

Si  $D \times 2 > C$ , entonces  $D \times 2 = L$

### 3.10 Sistema de bombeo

Las bombas son máquinas en las cuales se produce una transformación de la energía mecánica en energía hidráulica (velocidad y presión) comunicada al fluido que circula por ellas. El propósito de una bomba es tomar cierto volumen de agua a una cierta presión e incrementar la presión del agua. Para este fin, el desempeño de la bomba puede ser descrito por dos variables, el flujo a través de la bomba (usualmente llamado capacidad), y la presión que la bomba es capaz de agregar a un caudal dado. En la práctica, esas dos variables pueden ser graficadas para producir lo que se conoce como la curva de la bomba. Por sí misma, la bomba no es útil, el eje de la bomba debe estar acoplado a algún tipo de sistema que haga girar el impulsor dentro de la carcasa, generalmente el sistema para hacer girar el eje es un motor eléctrico, un motor diésel o una turbina de vapor. Lo más común es que las bombas sean accionadas por un motor eléctrico o de diésel. (Rámirez, 2016)



*Figura 14. Bomba de agua para incendios carcasa partida*

Fuente: Kainos Fire Panamá (2017)

#### 3.10.1 Recomendaciones de diseño

En el diseño de bombas debe considerarse que las de tipo End-Suction y las de carcasa partida deben ser montadas en una base, aisladas del edificio por algún tipo de

estructura de absorción de vibraciones y realineadas cada vez que sean movidas o se les dé mantenimiento. Las bombas en línea pueden ser montadas verticalmente, eliminando la necesidad de aislamiento contra vibraciones, pues son de auto alineación. Además, las bombas verticalmente en línea ocupan menos espacio en el cuarto de máquinas, debido a que el motor está montado sobre la bomba (verticalmente), no en el piso (horizontalmente). (Rámirez, 2016)

En la tabla 1 se muestran los valores típicos de caudal para una bomba, de igual manera los valores de presión típicos van de 2,7579 bar (40 psi) a 13,7895 bar (200 psi).

Tabla 1. Valores de flujo típicos de una bomba gpm con su equivalente en SI

<b>Unidades</b>	<b>Valores típicos de caudal en bombas utilizadas en supresión de incendios</b>									
gpm	1000	1250	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
L/s	63,1	78,9	94,6	126,2	157,7	189,2	220,8	252,3	283,9	315,4

Los tres puntos importantes que se deben conocer cuando se determina la selección de una bomba para un sistema contra incendio son:

- Gasto cero, conocido también como máxima presión de la bomba a válvula cerrada.
- Punto de diseño por el cual la curva de la bomba debe pasar a través o por encima del punto de capacidad, presión y gasto nominales.
- Punto de sobrecarga, la curva de la bomba debe indicarlo también.

Aunque una bomba tiene un flujo específico y rango de presión, se diseña para que entregue en ese rango de flujo y presión con respecto a su selección. Los capítulos 3 y 4 de NFPA 20 de los estándares para la instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra incendio, permiten suministrar hasta el 140% de la presión neta para las bombas centrífugas cuando no hay flujo de agua (presión de cierre). NFPA 20 estipula que la condición de la bomba debe ser capaz de proporcionar cuando menos el 65% de la presión neta al 150% del flujo demandado.

**a. Caudal Cero**

Cuando la bomba funcione a la velocidad nominal, y cerrada la válvula de descarga, la presión total de una bomba centrífuga horizontal no debe exceder del 140% de la presión nominal al 100% de capacidad. En las bombas verticales la presión total con caudal cero no debe exceder del 140% de la presión nominal al 100% de capacidad. El punto de caudal cero presenta la máxima presión total permisible (NFPA 20, 2010).

**b. Gasto de diseño**

Es la capacidad de la bomba de proporcionar el 100 % de gasto y el 100% de la carga (NFPA 20, 2010).

**c. Sobrecarga**

Al 150% de la capacidad nominal la presión total no debe ser inferior al 65% de la presión nominal. En este caso, también la curva debe pasar a través o por encima del punto. La mayoría de las bombas de incendios modernas presentan curvas con un margen importante por encima del punto teórico de sobrecargas. Algunos modelos tienen un punto de cavitación o de rotura en la curva, exactamente después del punto de sobrecarga (menor al 65% de la presión de diseño) (NFPA 20, 2010).

**d. Carga dinámica total**

La carga total, normalmente llamada carga dinámica total, es la medida del incremento de energía impartida por el líquido y que se adquiere por la bomba, como se observó en la ecuación de Bernoulli. Es igual a la carga total de descarga ( $H_d$ ) menos la carga total de succión ( $H_s$ ) o más la elevación total de succión.

$$H = H_d - H_s \text{ (cuando se tiene carga de succión)}$$

$$H = H_d + H_s \text{ (cuando se tiene elevación de succión)}$$

**e. Carga de succión**

Existe cuando el nivel de líquido de abastecimiento está arriba de la línea de centros de la bomba o del ojo del impulsor (NFPA 20, 2010).

#### **f. Carga total de succión**

Obedeciendo al método de las cargas separadas, es igual a la altura estática que tiene el nivel del líquido por arriba de la línea de centros de la bomba, menos todas las pérdidas en la línea de succión, más cualquier presión existente en la fuente de abastecimiento (NFPA 20, 2010).

En una instalación existente esto es igual a la lectura del manómetro de la brida de la succión en metros de columna de líquido y corregida a la elevación de la línea de centros de la bomba, más la carga de velocidad en metros de columna de líquido, en el punto de conexión del manómetro (NFPA 20, 2010).

Elevación de succión.

Existe cuando el nivel de suministro está debajo de la línea de centros de la bomba.

### **3.11 Tanque de almacenamiento**

La norma NFPA 22 (Standard For Water Tanks for Private Fire Protection) rige el diseño e instalación de tanques de agua privados a utilizar como recipientes de almacenamiento de agua contra incendios. La norma clasifica los tanques como atmosféricos y presurizados, esta división da paso a ciertas regulaciones con respecto a su instalación.



*Figura 15. Tanque de almacenamiento de agua contra incendios*

Fuente: Tank Connection Mexico (2017)

### 3.11.1 Ubicación de los tanques

Se deberá de ubicar el tanque por lo menos a 6,1 m (20 ft) de cualquier estructura combustible, si esta condición no se cumple se deben utilizar materiales o accesorios a prueba de fuego.

### 3.11.2 Dimensionamiento del tanque

El dimensionamiento del tanque viene dado por cada norma NFPA que se consulte, por ejemplo, en el caso de este proyecto el dimensionamiento del tanque se selecciona por el criterio dado en el capítulo 11 de la NFPA 13, en la tabla 2 se muestran los valores de consumo de las mangueras y la duración mínima que se debe cumplir.

*Tabla 2. Requisitos para la asignación de chorros de mangueras y de duración del abastecimiento de agua para sistemas calculados hidráulicamente*

Ocupación	Mangueras interiores		Total combinado mangueras interiores y exteriores		Duración min
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Riesgo ordinario	50 o 100	190 o 380	100	380	30
Riesgo ligero	50 o 100	190 o 380	250	950	60-90
Riesgo Extraordinario	50 o 100	190 o 380	500	1900	90-120

Fuente: NFPA 13. Elaboración Propia.

### 3.11.3 Accesorios utilizados en los tanques

El tanque de almacenamiento debe de contar con un controlador de nivel de agua, una tubería de descarga, tubería de llenado, tubería de desalojo, abertura para la limpieza, tubería para drenado, una placa anti-torbellino y un manómetro de presión de aire, además de las válvulas de control y válvula anti retorno.

## 3.12 Selección de soportería

El capítulo 9 de la Norma NFPA 13 hace referencia a todos los aspectos necesarios para la correcta selección de la soportería del sistema de rociadores. Se deberán diseñar los soportes para poder resistir cinco veces el peso de la tubería llena de agua más 113,4 kg (250 lb), en cada uno de los soportes de la tubería y además los componentes deberán ser de

material ferroso. Esta sección de la norma, se menciona los requerimientos a nivel constructivos y de especificación de materiales para su correcta selección.

En la sección de apéndice de este documento se encuentran algunos de los detalles que se generaron a nivel de soportería, para una consulta más detallada ver el documento en que se encuentran los detalles de los planos en el archivo adjunto.

### **3.13 Extintores**

La norma NFPA 10 “Standar for Portable Fire Extinguishers” regula todos los aspectos pertinentes al uso de extintores como medida de protección contra incendios. Al igual que la norma NFPA 13, clasifica el tipo de fuego y los tipos de ocupaciones que se requieren proteger. Además, limita el posicionamiento de los extintores a lo largo de la ocupación, algunos de estos aspectos son:

- **Obstrucción visual:** El extintor no deberá de presentar ninguna obstrucción visual. En caso de no poder cumplir esa condición se deberá de disponer un indicador donde se indique la posición de los extintores a lo largo del recinto.
- **Alturas de instalación:** Para los extintores que se encuentren por debajo de los 18,14 kg de peso, se instalará a 1,53 m sobre el nivel de piso. Para los que superen ese peso la altura máxima de instalación deberá ser 1,07 m sobre nivel de piso.
- **Distancia de recorrido por extintor:** Dependiendo del tipo de extintor y del riesgo que se quiera proteger, así va a ser el recorrido máximo por extintor. Este dato va ser útil a la hora de la selección de la cantidad de extintores por recinto.

#### **3.13.1 Baterías de extintores**

Las baterías de extintores son elementos conformados por dos extintores de diferentes tipos de aplicación, se utilizan cuando el recinto presente dos tipos distintos de fuegos y la utilización de una misma sustancia mitigante puede agravar la situación por la composición química o las características del material combustible.



Figura 16. Batería de extintores

Fuente: Sicogravi (2016)

### 3.14 Compresor

La máquina de desplazamiento positivo basa su funcionamiento en la disminución del volumen de la cámara que contiene el gas, la presión de la cámara se incrementa por encima de la presión en la línea y obliga al gas a abandonar la cámara. Si el volumen en la cámara se incrementa, la presión disminuye por debajo de la presión en la línea, lo que obliga al gas a entrar a la cámara (Garro Zabaleta, 2015)



Figura 17. Compresor VIKING para mantenimiento de sistemas seco.

Para un sistema de tubería seca, se debe de presurizar con aire o con nitrógeno el sistema. En el caso de utilizar aire, este deberá tomarse del recinto a la menor temperatura para luego hacerlo pasar por un sistema compresor y secador para llevarlo a las condiciones adecuadas e inyectarlo a la línea de rociadores (NFPA 13, 2013)

### **3.15 Filtros coalescentes**

Los filtros coalescentes son utilizados para la remoción de agua, aceite y partículas en el flujo del gas natural antes de las condiciones de regulación y medición. Una de las aplicaciones más comunes es cuando se necesita la adecuada limpieza de un gas, de manera que se aisle fluidos preferiblemente como el aceite lubricante que proviene de los sistemas de compresión, la humedad y el agua, protegiendo los equipos aguas abajo y la calidad del gas. Al ser un tipo de recipiente que usualmente lleva un deflector instalado en su entrada con lo cual el gas entra en el recipiente, choca en él, reduciendo su velocidad, con lo que quedan depositadas por gravedad las partículas mayores en el fondo. Los elementos filtrantes garantizan la separación de los líquidos que arrastra el flujo gaseoso para obtener la máxima eficiencia. La pérdida de carga de este tipo de filtros es relativamente baja. Los elementos filtrantes están fabricados con base en mezclas de micro fibras (polipropileno, nylon, etc.) que constituyen dentro de su cuerpo unos tramos en la que las partículas líquidas quedan retenidas. A medida que van agrandándose con otras, se deslizan por gravedad al fondo del recipiente. Hay diferentes tipos de filtro en función de la eficacia que se desee obtener. Más adelante detallamos estas eficiencias para ayudar en la elección del elemento más adecuado para cada servicio (VERMAG, 2017).



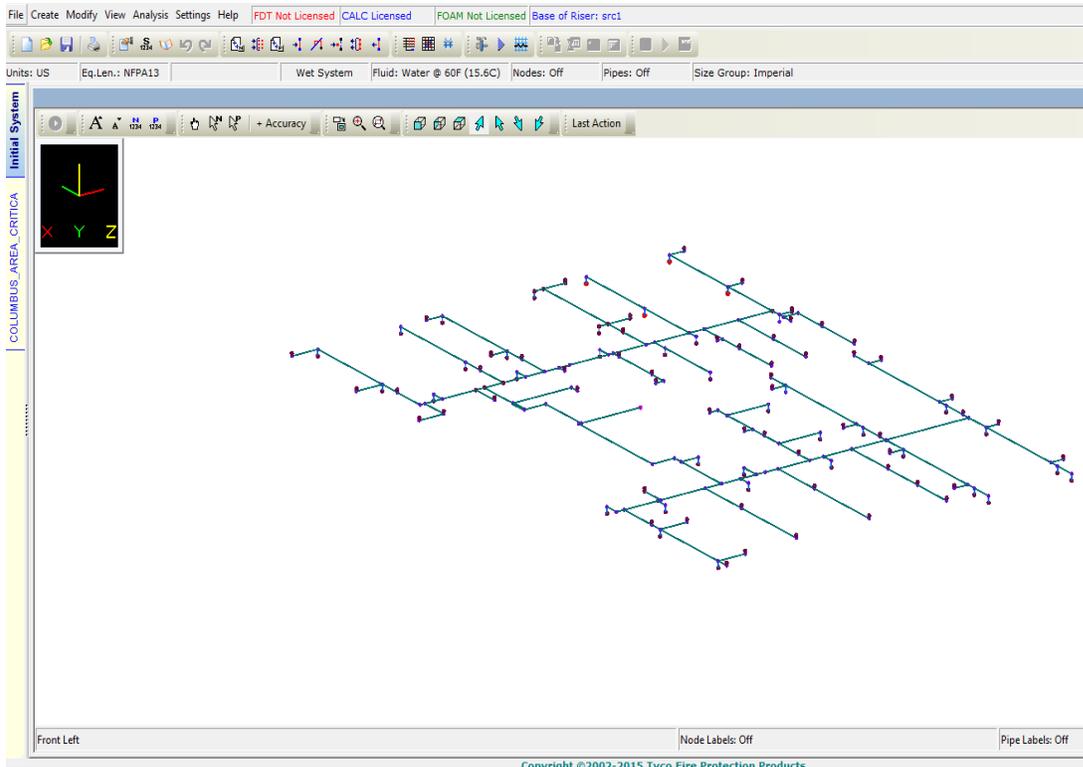
*Figura 18. Filtro Coalescente VERMAG*

Fuente: VERMAG Tecnología en Filtración (2017)

### **3.16 Software SprinkCalc**

Se trata de un software de modelación para sistemas de supresión de incendios, mediante el método de cálculo hidráulico y utiliza como soporte las ecuaciones de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach. El programa permite la entrada de datos con el sistema métrico, imperial/US, etc. Además, deja modelar diferentes configuraciones de sistemas de supresión, como la configuración en árbol, anillo, hasta la configuración de rociadores en estantería, entre otras.

Este software recibe información en forma de vectores, es decir, cada nodo posee una posición en el espacio con sus respectivas coordenadas (x, y, z). Para configurar una tubería se necesita saber la posición de dos nodos para conectarlos entre sí y generar el ducto. Cada vector puede recibir una configuración en especial, ya sea como salida de rociador, nodo común, entrada de agua, entre otros. De igual forma, en cada sección de tubería se pueden definir valores como, posibles accesorios que no se toman en cuenta en el diseño, pero sí a la hora de correr la simulación, ya que pueden afectar de manera directa el resultado de la simulación.



*Figura 19. Interfaz de modelación Software SprinkCalc, para modelación de sistemas de supresión de incendios con rociadores automáticos*

Fuente: Elaboración Propia. SprinkCalc

Este permite, luego de generar la modelación del sistema, producir una corrida para corroborar las velocidades en cada uno de los tramos, obtener valores mínimos de presión en el sistema y del caudal requerido por rociador, entre otros datos de suma importancia a la hora de generar una memoria de cálculo.

# Diseño de Sistema contra Incendios para la planta Cargill

## 4.1 Sistema de rociadores

En esta sección del trabajo se hará referencia a capítulos y secciones de la NFPA 13, la cual es una norma que regula todo lo referente a sistemas de supresión de incendios basados en el uso de rociadores automáticos. En esta se establecen ciertos aspectos o características del inmueble que deben ser utilizados para la correcta selección del tipo de sistema. Algunos de los aspectos o características van en función del área en edificación, tipo de edificación, tipo de materiales almacenados, forma de almacenamiento, condiciones de almacenamiento, entre otros. Además, se encuentran aspectos constructivos, selección de equipos, mantenimiento, entre otros por seguir para la correcta implementación de un sistema de incendios por medio de rociadores.



*Figura 20. Sistema de supresión de incendios por medio de rociadores automáticos*

Fuente: Observa Fire (2017)

### 4.1.1 Parámetros de selección para el sistema de protección de incendios

En el capítulo 8, se hace mención al sistema de rociadores por tubería seca, el cual será utilizado en las zonas donde haya posibilidad de aparición de obstrucciones en la tubería inundada por acción de las bajas temperaturas, es decir, en las áreas donde la temperatura se encuentre por debajo de los 4°C, se deberá instalar este tipo de sistema. Por lo tanto, para las zonas 1, 2, 3, 4 se deberá instalar un sistema seco de rociadores. Además, por tratarse de una línea de almacenamiento, se deberá de colocar rociadores dentro de las

estanterías (racks) de almacenamiento para asegurar la mitigación de un conato de incendio en el tiempo estipulado por el ente regulador.

Para las zonas aledañas al CEDI, se utilizará un sistema inundado debido a que se encuentra a una temperatura ambiente aproximadamente a unos 23°C, haciendo posible la instalación del sistema sin ningún problema.

#### **4.1.2 Análisis de riesgos**

El análisis de los riesgos de un recinto es el primer paso a la hora de resolver el sistema de supresión de incendios, sin importar el medio que se utilice para realizar esta tarea, se deberán tener en cuenta las pautas que la norma o ente regulador presente. Para este caso, se siguen las regulaciones impuestas por el capítulo 5 de esta norma y las solicitudes del propietario para diseñar el sistema de supresión por medio de un sistema de rociadores automáticos.

#### **4.1.3 Clasificación de las ocupaciones de riesgos**

El capítulo 5 sección 5.1 clasifica los recintos según la cantidad y combustibilidad de los materiales contenidos dentro él. Esta división se toma en cuenta para las zonas aledañas al CEDI, en la tabla 3 se puede ver el tipo de ocupación y la clasificación dada según los ejemplos presentes en el Manual de la norma NFPA 13.

*Tabla 3. Clasificación del tipo de ocupación según la norma NFPA 13*

<b>Tipo de ocupación</b>	<b>Clasificación según NFPA 13</b>
Oficinas	Riesgo Ligero
Baños -Vestidores	Riesgo Ligero
Cuarto de Maquinas	Riesgo Ordinario grupo 2
Carga de Baterías	Riesgo Ordinario grupo 2
Cuarto Frío	Riesgo Ordinario grupo 2

Fuente: NFPA 13. Elaboración propia

En la sección 5,6 de la norma, se clasifican las mercancías y los correspondientes requisitos de protección según sea la composición de unidades de almacenamiento individual. Para términos de la NFPA 13, la clasificación de los productos almacenados en las zonas 1, 2, 3, 4 de CEDI es clase III.

Estas categorizaciones de ocupación y almacenamiento son la antesala para la selección del sistema de supresión, esto debido a que datos como densidad, área crítica, presión mínima de trabajo, entre otras; dependen directamente de ellas.

#### 4.1.4 Limitaciones del área de protección del sistema

La sección 8,2 menciona las limitaciones del área de protección del sistema por tubería vertical del sistema de rociadores. La determinación de esta área va en función del tipo de clasificación según la mostrada en la tabla.

*Tabla 4. Limitación de Área de Protección del Sistema.*

<b>Tipo de Riesgo</b>	<b>Área de protección (m<sup>2</sup>)</b>
Riesgo Ligero	4 831
Riesgo Ordinario	4 831
Almacenamiento de mercancías	3 716

Fuente: NFPA 13. Elaboración propia.

Sin embargo, esta área de protección variará dependiendo del tiempo en el que se requiera mitigar el conato de incendio, es decir, si el tiempo de respuesta es corto (por debajo de 60 s) ya no se puede diseñar con la tabla 4 mostrada anteriormente, sino que se deberá dimensionar el sistema y luego calcular el tiempo de respuesta mediante un método hidráulico.

#### 4.1.5 Determinación del área de protección de cobertura por rociador

En la sección 8.6.2.2, se hace referencia al área máxima de protección de cobertura permitida por rociador, este valor fue tomado de la tabla 8.6.2.2.1 (a), la tabla 8.6.2.2.1 (b), la tabla 8.6.2.2.1 (c) de la norma NFPA 13 (Ver Anexo B).

Para una categoría de Riesgo Ligero, se define un área de protección de 20,8 metros cuadrados para una construcción de tipo incombustible obstruida o sin obstrucciones y sin obstrucciones con miembros a 1 metro o más entre centros. Sin embargo, por señalización de la empresa aseguradora se tomará esa área de protección como 12,1 metros cuadrados, de igual forma como si fuera un edificio clasificado como Riesgo Ordinario.

En el caso de las zonas que forman el CEDI, en el cual hay presencia de almacenamiento de mercancías tipo 3, se deberá de utilizar un área máxima de protección de unos 9,3 metros cuadrados (Ver Anexo A).

#### 4.1.6 Espaciamiento entre rociadores

Mediante el diagrama mostrado en la figura 13 y las relaciones para encontrar los valores de S o de L, se calcula el espaciamiento necesario entre rociadores, líneas de rociadores y entre la pared para cumplir con los requisitos de la norma.

Al tomar el área máxima para un edificio de Riesgo Ordinario, el cual posee un  $A_s$  de 12,1 metros cuadrados, y sabiendo que el espaciamiento máximo es de 4,6 m, utilizando la ecuación anterior (Ec. 1) se despeja el valor de D o C para así obtener el valor para L.

Luego de obtener ese dato se comprueba que el área obtenida sea un poco menor que el valor de  $A_s$  dado por la norma, esto debido a que se expresa ese valor como máximo de separación entre elementos. Esta brecha entre los valores  $A_s$  de norma y calculado, va a ser útil a la hora de realizar algún cambio imprevisto en el momento de la construcción o por error al leer los planos.

- **Espaciamiento zonas aledañas al CEDI**

Donde  $A_s = 12,1 \text{ m}^2$

$A = 1,5 \text{ m}$

$B = 3 \text{ m}$

Valor de S: 3

Valor de L: 3,45

Donde  $A_s$  (calculado) = 10,35  $\text{m}^2$

- **CEDI**

De igual forma para el cálculo del espaciamiento entre los rociadores del CEDI, dicha zona cuenta con un área de protección ( $A_s$ ) de 9  $\text{m}^2$ , por ende el cálculo del espaciamiento es el siguiente:

Donde  $A_s = 9 \text{ m}^2$

$A = 1,5 \text{ m}$

$B = 3 \text{ m}$

Valor de S: 3

Valor de L: 2,7

Donde  $A_s$  (calculado) = 8,1  $\text{m}^2$

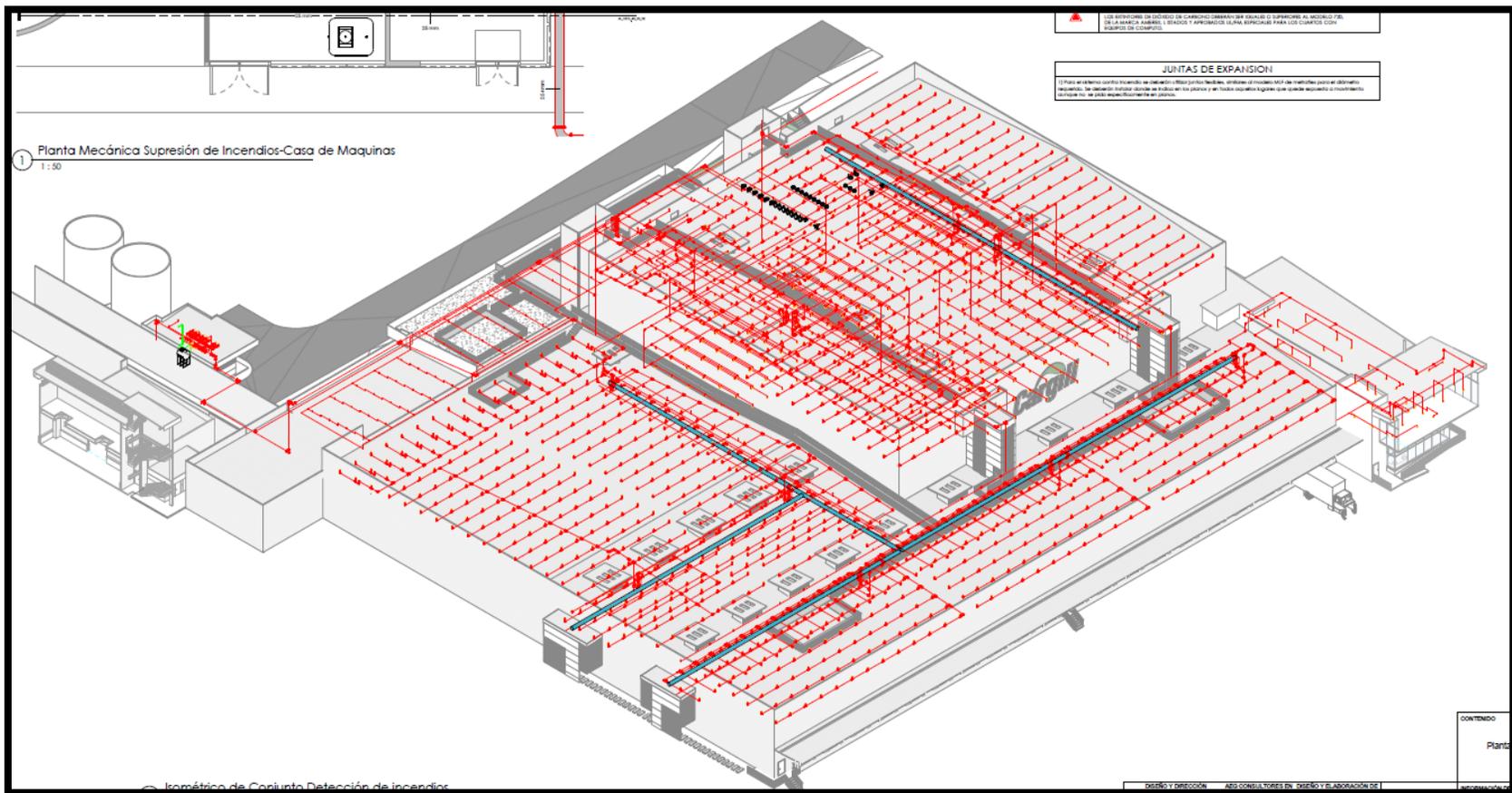


Figura 21. Configuración del sistema de supresión de incendios

Fuente: Elaboración propia. AutoCAD REVIT

- **CEDI rociadores en estantería**

Basta con analizar el capítulo 16 de la NFPA 13, sección 16.3.4 (Ver Anexo C) para diseñar el correcto espaciamiento entre los rociadores en los diferentes niveles de los estantes para el almacenamiento del producto. La distancia mínima entre el nivel de piso terminado (NPST) y la primera línea de rociadores es de 3,1 m. Dicha distancia es la que se necesita colocar una línea de rociadores nueva para proteger los productos, además se debe de respetar el espacio máximo entre rociadores el cual es de 3,05 m.

Para estanterías de una y doble fila, se necesitará una línea de rociadores en uno de los lados para el primer caso y una a nivel central para el segundo caso. Si el almacenamiento es con estanterías múltiples, se deberá disponer con una fila de rociadores debidamente espaciados entre sí, cada 3,05 m.

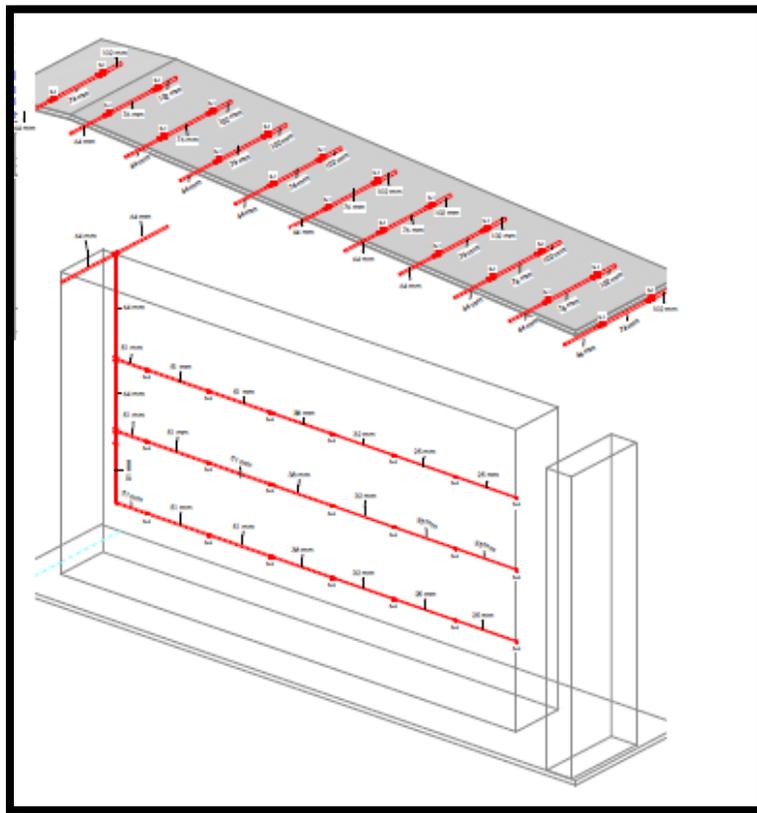


Figura 22. Sistema de rociadores en estanterías, representación isométrica

Fuente: Elaboración propia. AutoCAD REVIT

#### 4.1.7 Densidad de flujo por área

La densidad de flujo por unidad de área dada en la sección 17.3 de la norma NFPA 13, para edificaciones que almacenen material plástico en bastidores de una, dos o multi-filas, con alturas por encima de los 3,05 m, es de 18,3/186 mm/min. Este valor de densidad se utilizará para las zonas 1, 2, 3, 4 del CEDI, ya que se proyecta para la zona más crítica de diseño, es decir, la zona 4.

Tabla 5. Criterios de descarga de rociadores no de control de densidad/área para estanterías de una, doble y multi fila de mercancías plásticas almacenadas por encima de 7,6 m de altura

Altura del almacenamiento por encima de rociadores en estanterías		Densidad de rociadores	
Pies	Metros	gpm/ft <sup>2</sup>	mm/min
5 ft o menos	1,5 m o menos	0,30/2000	12,2/186
Por encima de 5 ft hasta 10 ft	Por encima de 5 m hasta 3.05 m	0,45/2000	18,3/186

Fuente: NFPA 13. Elaboración propia

Para el cálculo de la densidad de carga de las zonas aledañas al CEDI se utilizaron las siguientes curvas para obtener los valores dependiendo de la clasificación de riesgo del edificio. Mediante la utilización de la figura 23, se pudo obtener que la densidad para las ocupaciones categorizadas como riesgo ligero, se deberá utilizar una densidad de área de 2,9 mm/min (0,10 gpm/ft<sup>2</sup>) y para el caso de edificios categorizados como riesgo ordinario 2, se utilizará una densidad de área de 6,1 mm/min (0,2 gpm/ft<sup>2</sup>). La selección en este gráfico se hace de manera simple solamente leyendo la línea que hace referencia al tipo de clasificación de riesgo según el inmueble.

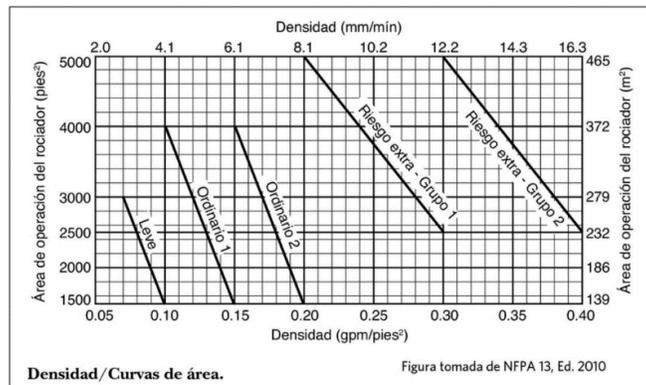


Figura 23. Diagrama de curvas de densidad según el riesgo a proteger

Fuente: NFPA 13 (2013)

**Nota:** Las unidades presentes se obtienen del despeje  $\frac{mm^3}{min} \times \frac{1}{mm^2} = \frac{mm}{min}$  y al ser multiplicadas por un area en  $mm^2$  da como resultado el cálculo del flujo en unidades del Sistema Internacional.

#### 4.1.8 Factor K

El factor K es la cantidad de litros de agua que fluyen por el rociador por cada bar de presión de agua. Este factor es usualmente indicado en la información del fabricante sobre los cabezales de los rociadores. La selección de los valores K para los diferentes tipos de rociadores seleccionados se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Valor K de los rociadores seleccionados

Zona	Riesgo	Factor K US	Factor K Métrico
Oficinas	Riesgo ligero	5,6	80,6
Baños	Riesgo ligero	5,6	80,6
Cuarto de maquinas	Riesgo Ordinario 2	5,6	80,6
Vestidores	Riesgo ligero	5,6	80,6
Central de Frío	Riesgo Ordinario 2	5,6	80,6
Carga de baterías	Riesgo Ordinario 2	8	115,2
Zonas del CEDI	Almacenamiento de mercancías	25,2	363
Rociadores en estanterías	Almacenamiento	5,6	80,6

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.9 Presión mínima de salida del rociador, números de rociadores por zona crítica

La obtención de la presión de salida en el rociador viene dada por el despeje de la ecuación:

$$Q = K\sqrt{P} \text{ (Ec. 2)}$$

Donde:

Q: Caudal

K: Factor

P: Presión de mínima de operación

Este cálculo se genera al conocer el valor K anteriormente y el caudal obtenido según el área crítica y la densidad para un riesgo en específico.

Ejemplo:

$$Q = 26 \text{ gpm} = 1,97 \text{ L/s}$$

$$K = 5,6$$

$$26 = 5,6\sqrt{P}$$

Dando como resultado una presión de 1,4865 bares (21,56 psi), dicho valor se ve tabulado en la tabla 7, además de mostrar el valor obtenido para el tipo de riesgo ordinario 2.

Para el caso del CEDI, la selección de la presión mínima de salida y el cálculo del número de rociadores por zona críticas se realizó mediante las especificaciones dadas por la aseguradora, la cual menciona que la zona crítica va dada por la activación simultánea de 12 rociadores a una presión de 3,4474 bares (50 psi).

*Tabla 7. Cálculo de la presión de rociador y el número de rociadores que se deberán de abrir para el área crítica*

Riesgo	Área crítica m <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )	Densidad por área mm/min (gpm/ft <sup>2</sup> )	Caudal L/s (gpm)	Factor K	Presión a la salida del rociador bar (psi)	Área diseño m <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )	Número de rociadores
Riesgo Ligero	12,08 (130)	6,1 (0,2)	1,64 (26)	80,56 (5,6)	1,49 (21,56)	185,81 (2000)	16
Riesgo O-2	12,08 (130)	6,1 (0,2)	1,64 (26)	115,2 (8)	0,73 (10,56)	185,81 (2000)	16
Almacenamiento CEDI	9,29 (100)	-	11,23 (178)	363 (25,2)	3,45(50)	-	12

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del número de rociadores que se deberán abrir, se obtiene mediante la división del área de diseño y el área crítica de protección.

$$\text{Número de rociadores} = \frac{2000 \text{ ft}^2}{130 \text{ ft}^2} \cong 16$$

Este valor deberá aproximarse al entero superior, por lo que el número de rociadores que se deberán accionar según el cálculo de una edificación categorizada como riesgo ligero es de 16 rociadores simultáneamente.

#### **4.1.10 Selección del material de las tuberías**

Por petición del ente asegurador, se seleccionó para tubería galvanizada ASTM A795/A795M (Anexo A). Los diferentes diámetros y secciones se pueden ver en la sección de apéndice de este trabajo, destinada a la documentación de planos (Ver Apéndice 7).



*Figura 24. Tubería galvanizada ASTM A795/A795M*

Fuente: A. T. C. Tecnoval S.A. (2016)

#### **4.1.11 Cálculo del diámetro de tuberías**

Para la correcta selección del diámetro de las tuberías, se utilizó un método diferente dependiendo de la zona que se estaba analizando. Para las zonas aledañas al CEDI y para los rociadores en estanterías se recurrió al método tabulado utilizando los valores de la tabla presente en la sección 22.5.3.7 de la NFPA 13. En la tabla 8 se presenta una sección de información que se encuentra en la tabla de la sección antes mencionada.

Tabla 8. Tabulación de tuberías para riesgo ordinario

Acero		Cobre	
1 in (25mm)	2 rociadores	1 in (25mm)	2 rociadores
1 ¼ in (32 mm)	3 rociadores	1 ¼ in (32 mm)	3 rociadores
1 ½ in (40 mm)	5 rociadores	1 ½ in (40 mm)	5 rociadores
2 in (50 mm)	10 rociadores	2 in (50 mm)	10 rociadores
2 ½ in (65 mm)	20 rociadores	2 ½ in (65 mm)	20 rociadores
3 in (75 mm)	40 rociadores	3 in (75 mm)	40 rociadores
4 in (100 mm)	100 rociadores	4 in (100 mm)	100 rociadores

Fuente: Elaboración propia, información tomada de NFPA 13

Este método se basa en observar cuántos rociadores se conectarán a la tubería que se está diseñando para así poder dimensionarla, de una manera más directa. En la figura 25 se muestra el uso adecuado. Sin embargo, la tabla limita el uso a caudales normales para el tipo de riesgo que se va a proteger, es decir, la utilización de estos datos solo se permite para rociadores de respuestas estándar y que se encuentren normados, para cualquier otro rociador se deberá dimensionar por el método hidráulico.

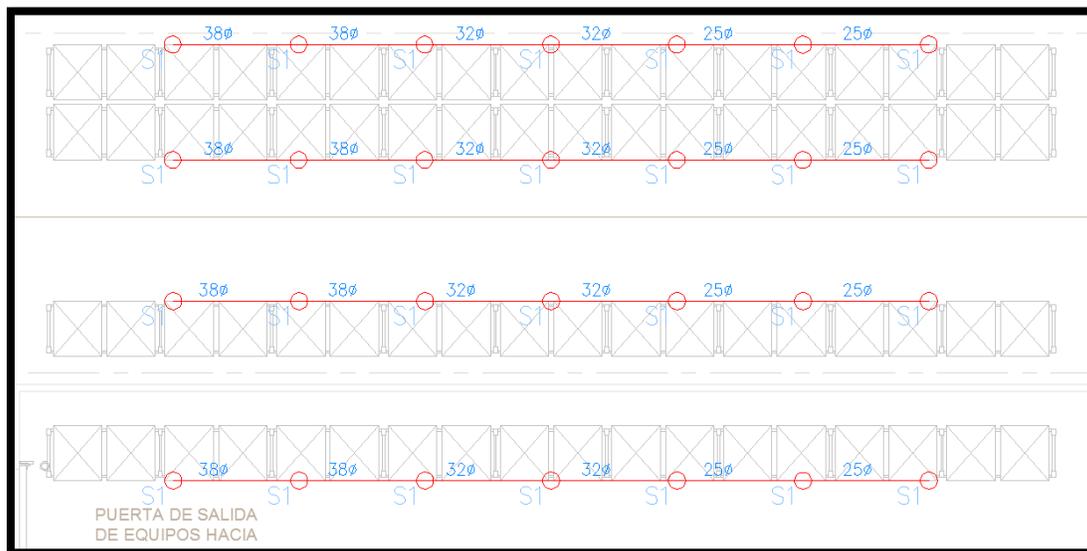


Figura 25. Dimensionamiento de tuberías del sistema de rociadores en estanterías

Fuente: Elaboración propia. AutoCAD 2013

En el caso de la selección de la tubería para los ramales del CEDI, se tuvo que calcular los diámetros utilizando la herramienta de System Syzer (Apéndice 3) con el fin de seleccionar un diámetro de tubería, tomando en cuenta la pérdida por fricción y las velocidades que tome el fluido a lo largo del trayecto. Dicho método se usó para cada uno de los ramales de rociadores, en la sección del CEDI. Sin embargo, por motivos de diseño se estandarizó que la configuración de sistemas fuera similar entre las zonas del CEDI

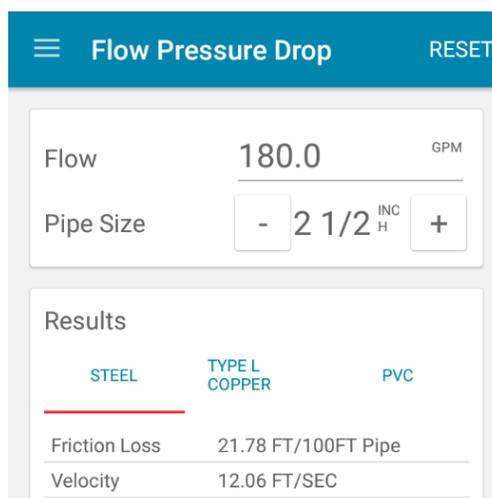


Figura 26. Cálculo de tuberías utilizando System Syzer Bell & Gossett

Fuente: System Syzer Bell & Gossett (2015)

Con el uso de la aplicación de System Syzer para celular, se incluyeron los valores de caudal que se iban a trasegar y mediante el botón Pipe Size se jugó con el diámetro de tubería para fijar un valor, el cual dependió de la caída de presión y la velocidad del fluido dentro de la tubería. La selección se trató de realizar con pérdidas de presión que fueran bajas; sin embargo, en algunos tramos se prefirió obtener una presión alta y de igual manera una velocidad alta, para corroborar de manera práctica que el tiempo de salida desde la válvula de pre acción hasta el rociador más alejado del área crítica estuviera por debajo de los 20 s.

Este método se utilizó para cada una de los sistemas de rociadores en el CEDI. La tabla 9 muestra los valores obtenidos por este método para el dimensionamiento del sistema de supresión para el cuarto de embutidos, en una de sus áreas críticas, debido a que se manejó una configuración a espejo, simplificando el cálculo de ambos sistemas.

Tabla 9. Dimensionamiento de tuberías por medio del System Syzer, cuarto de embutidos

<b>Tramo</b>	<b>Caudal (gpm)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>	<b>Pérdida fricción (ft /100 ft)</b>	<b>Pérdida fricción (m /100 m)</b>	<b>Velocidad (ft/s)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>	<b>Diámetro (in)</b>
<b>1</b>	178	11,23	21,32	21,32	11,92	3,63	2 ½ (65 mm)
<b>2</b>	356	22,46	26,94	26,94	15,46	4,71	3 (80 mm)
<b>3</b>	534	33,69	14,77	14,77	13,46	4,10	4 (100 mm)
<b>4</b>	712	44,92	25,81	25,81	17,94	5,47	4(100 mm)
<b>5</b>	712	44,92	25,81	25,81	17,94	5,47	4 (100 mm)
<b>6</b>	1424	89,84	12,3	12,3	15,82	4,82	6 (150 mm)
<b>7</b>	2136	134,76	27,03	27,03	23,8	7,25	6 (150 mm)
<b>8</b>	2136	134,76	27,03	27,03	23,8	7,25	6 (150 mm)
<b>9</b>	2136	134,76	27,03	27,03	23,8	7,25	6 (150 mm)

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos con System Syzer.

En la figura 27, se muestra el resultado obtenido del dimensionamiento, en color magenta se muestra la división de los tramos de tubería con sus respectivos diámetros seleccionados mediante la aplicación System Syzer.



Tabla 10. Cálculo de velocidades para sección de embutidos CEDI

Tramo	Distancia (ft)	Velocidad (ft/s)	Tiempo (s)
1	10	11,92	0,84
2	10	15,46	0,65
3	10	13,46	0,74
4	46	17,94	2,56
5	9,2	17,94	0,51
6	9,2	15,82	0,58
7	9,2	23,8	0,39
8	72	23,8	3,03
9	40	23,8	1,69
<b>Total</b>			<b>11</b>

Fuente: Elaboración propia. Excel 2016

Como se muestra la tabla 10, el tiempo está por debajo de los 20 s que pide el rociador como máximo de descarga del fluido, por lo que se corrobora de manera preliminar el diseño.

#### 4.2 Sistema de pre acción con doble enclavamiento para tubería seca

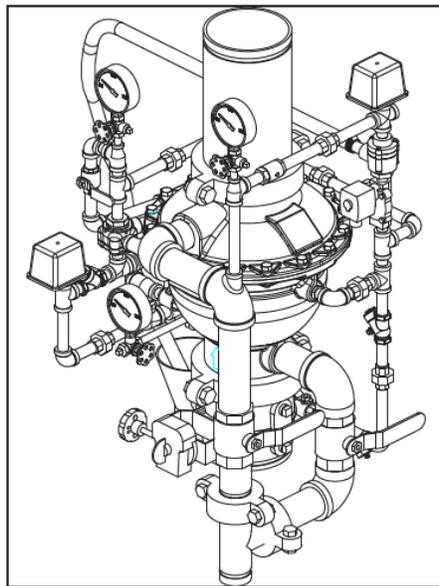
Un sistema con tubería seca necesita presurizar con aire o nitrógeno la tubería que se encuentra expuesta a temperaturas por debajo de los 4°C, esto con el fin de evitar posibles obstrucciones por culpa de cúmulos de hielo generados por las bajas temperaturas del recinto que se requiere proteger (NFPA 13, sección 7.9).

Factory Mutual solicitó que la presurización del sistema se hiciera por medio de aire, dicho elemento debe ser tomado mediante un compresor desde el recinto con la temperatura más baja para luego inyectarlo a la tubería seca mediante la válvula de pre acción. Un sistema con doble enclavamiento hace referencia a que necesita de la confirmación de dos señales para poder accionarse, pérdidas en productos o equipos por falsos accionamientos del sistema de supresión. La configuración del doble enclavamiento debeseer la siguiente: “El sistema debe estar enclavado con un sistema de detección de humo de alerta temprana, muestreando el aire a nivel del techo y aguas arriba de cualquier controlador de aire. El

sistema de muestreo de aire debe ser específico de la ubicación diseñado por el fabricante.”  
(Factory Mutual, 2017)

#### 4.2.1 Selección de la válvula de pre acción

Se seleccionó el modelo G-6000P de doble enclavamiento y pre acción marca VIKING (Ver Anexo E). Esta válvula cuenta con dos posiciones a la hora de su funcionamiento. La primera posición se da cuando se presuriza el sistema, el actuador neumático se cierra al sentir la presión del aire. El cierre de este elemento, y con la válvula solenoide normalmente cerrado, se previene el escape del agua a la cámara de la válvula de pre acción. La segunda condición de funcionamiento se da cuando el sistema de detección acciona la válvula solenoide para abrirla. En este momento, el sistema aún no descarga el fluido debido a que el actuador neumático continúa cerrado. Cuando el rociador empieza su funcionamiento y descarga el aire del sistema, la caída de presión abre el actuador neumático y deja pasar el agua llenando el sistema de tuberías con agua.



*Figura 28. Válvula de pre acción VIKING de doble enclavamiento para sistemas secos*  
Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

## 4.2.2 Sistema de toma de aire

La toma de aire del cuarto más frío se realiza mediante la utilización de un compresor, para luego tomarlo y hacerlo pasar por un filtro coalescente y un secador para garantizar que el aire que se está inyectando al sistema cumple con las características necesarias para evitar el proceso de formación de cúmulos y obstrucciones, reduciendo la eficiencia del sistema en caso de necesitarlo. La configuración del sistema de toma se muestra en la figura.

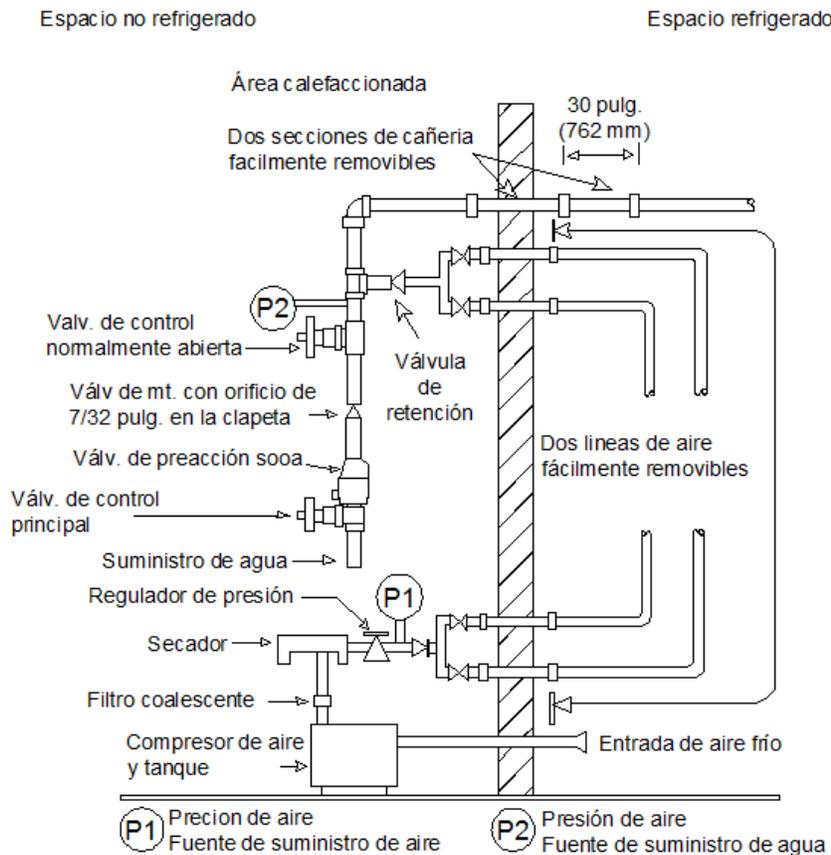


Figura 29. Detalle de toma de aire para sistemas secos, NFPA 13

Fuente: NFPA 13 (2013)

### 4.2.3 Compresor

Los parámetros que se utilizaron para la selección del compresor fueron la presión a la cual se deberá inyectar el aire al sistema seco y la cantidad de caudal que se necesita para poder presurizar todo el sistema.

Para obtener la presión de funcionamiento se tomó en cuenta el manual de usuario para sistemas de tuberías secas de VIKING, tomando en cuenta la siguiente recomendación (ver tabla 11), en la cual se relaciona la presión de agua en el sistema con respecto a la presión de aire máximo y mínimo que se debe entregar al sistema.

Tabla 11. Valores de presión para sistemas secos con aires o nitrógeno

<b>Presión de agua</b>	<b>Máx</b>	3,45 bar (50psi)	5,17 bar (75 psi)	6,89 bar (100 psi)	10,34 bar (150 psi)
<b>Presión de aire</b>	<b>Mín</b>	1,03 bar (15 psi)	1,38 bar (20 psi)	1,72 bar (25psi)	2,41 bar (35 psi)
	<b>Máx</b>	1,72 bar (25 psi)	2,07 bar (30 psi)	2,41 bar (35 psi)	3,45 bar (50 psi)

Fuente: Elaboración propia.

Sabiendo que a la salida del último rociador se debe asegurar una presión de 3,45 bar (50 psi) por criterio de la aseguradora Y considerando las pérdidas de presión que se van a generar por distancia y accesorios en el sistema, la presión de agua es de 5,17 bares (75 psi). Utilizando la tabla 11, se tiene que la presión mínima de aire tiene que ser 1,38 bares (20 psi) y una máxima de 2,07 bares (30 psi).

El caudal que va a manejar el compresor es obtenido mediante la siguiente ecuación.

$$C_{\text{tamaño}} = \frac{VxP}{7,48x14,7xT} \text{ (Ec. 4)}$$

Donde:

V: volumen

P: presión requerida (30 psi, valor máximo para una presión de agua de 75 psi, tabla 11)

T: Tiempo de llenado (típicamente 30 min)

7,48 = gal/ ft<sup>3</sup>

14,7 = Presión atmosférica

De los datos anteriores falta obtener el volumen que se necesita cubrir, por lo que se va a utilizar la tabla 1 y el procedimiento dado por la hoja técnica de la válvula VIKING, de la imagen 48 (Ver anexo F).

Este procedimiento indica que se debe calcular la longitud total de las diferentes tuberías utilizadas en el sistema y, mediante la tabla 1 antes mencionada, se dimensiona la capacidad volumétrica del sistema, este cálculo puede realizarse en unidades del sistema internacional o inglés.

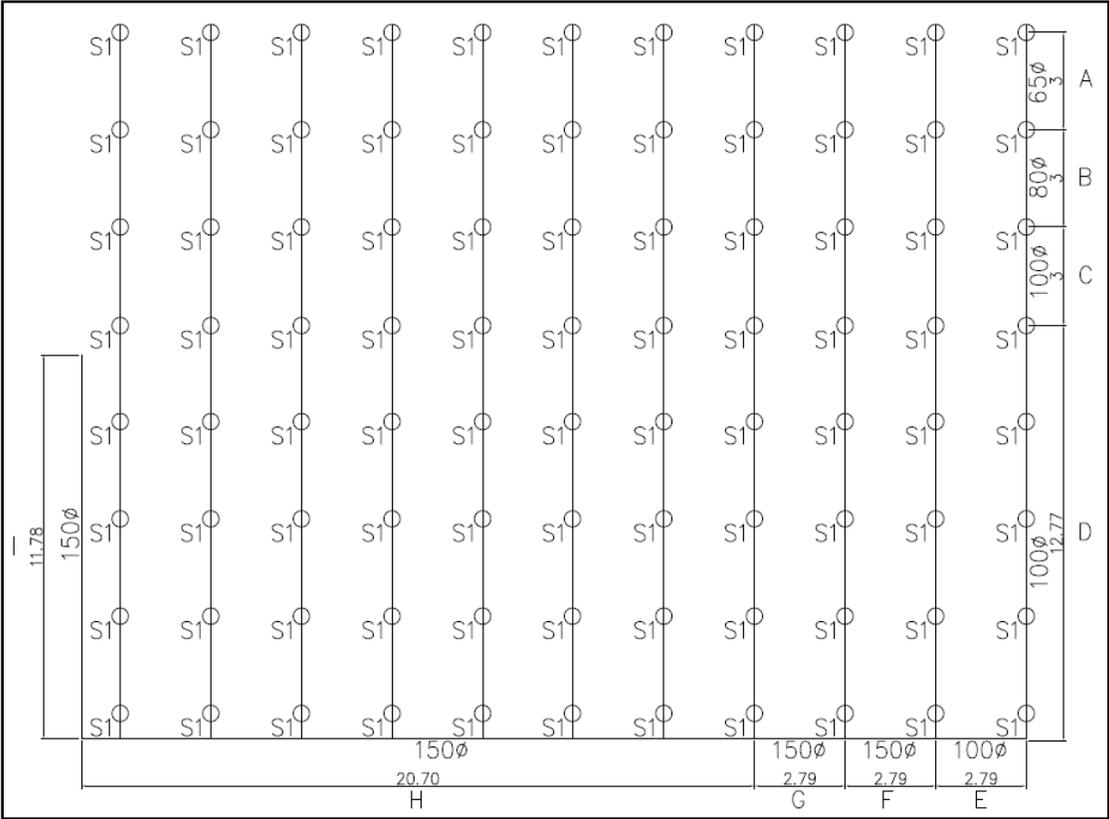


Figura 30. Configuración del sistema de supresión para el área de embutidos

Para el cálculo se utilizó la información presente en la imagen 30, en la cual se muestran los diámetros de tubería para los diferentes tramos que se tomaron en cuenta, dichos están denotados por letras A, B, hasta la I, dichas secciones se encuentran acotadas en metros para conocer la distancia en cada uno. Para los tramos de las secciones A, B, C y D se toma a nivel de tabla 11 BL, dicho dato se refiere al número de líneas de rociadores que se tienen.

Mediante la ecuación 5 se calcula el volumen acumulado por tramo de tubería, dependiendo de la distancia, cantidad de líneas de rociadores y del factor multiplicativo que se posea.

$$V = \text{Factor} \left( \frac{\text{gal}}{\text{ft}} \right) \times \text{cantidad BL} \times \text{Distancia (FT)} = \text{volumen (gal)} \text{ (Ec. 5)}$$

Al utilizar la ecuación anterior se encuentra que para el tramo A se tienen los siguientes valores de diámetro de tubería, distancia y factor.

$$V = 0,283 \times 11 \times 9,84 = 30,63 \text{ gal}$$

En la tabla 12 se muestran los resultados obtenidos del cálculo del volumen por tramo y el valor total que debe ingresarse al sistema de tuberías para el área de embutidos.

Tabla 12. Cálculo de la capacidad del compresor para del área de embutidos

Tramo	Diámetro		Cédula 10		Cantidad BL	Distancia	Distancia	Total	Total
	in	mm	gal/ft	L/m		m	ft	gal	L
<b>A</b>	2 1/2	65	0,283	3,515	11	3	9,84	30,63	115,99
<b>B</b>	3	80	0,434	5,39	11	3	9,84	46,98	177,87
<b>C</b>	4	100	0,74	9,19	11	3	9,84	80,10	303,27
<b>D</b>	4	100	0,74	9,19	11	12,77	41,89	340,95	1290,92
<b>E</b>	4	100	0,74	9,19	1	2,79	9,15	6,77	25,64
<b>F</b>	6	150	1,649	20,477	1	2,79	9,15	15,09	57,12
<b>G</b>	6	150	1,649	20,477	1	2,79	9,15	15,09	57,12
<b>H</b>	6	150	1,649	20,477	1	20,7	67,90	111,96	423,87
<b>I</b>	6	150	1,649	20,477	1	11,78	38,64	63,71	241,22
<b>Total</b>								711,28	2693,05

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene un el volumen del sistema 2700 L, pero como se puede ver la relación entre una conversión de L a gal luego del resultado obtenido, varía con respecto a la obtenida en el método directo, por lo que se toman para el cálculo del compresor los 715 gal, como el volumen del sistema.

$$\text{Compresor} = \frac{(715 \text{ gal})(30 \text{ psi})}{7,48 * 14,7 * 30 \text{ min}} = 6,50 \text{ cfm}$$

Con estos valores de tamaño del compresor y el de la presión de trabajo, se procede a seleccionar del catálogo de VIKING el compresor a utilizar, el cual da como resultado el compresor Modelo OL610V100ACT, de la marca General Air Products.

*Tabla 13. Datos del compresor seleccionado, marca General Air Products*

Capacidad (L)	Modelo	Promedio CFM	Motor H.P.	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Peso (Kg)	Capacidad del tanque (L/s)
2309	OL610V100ACT	7,40	1	0,84	0,36	0,64	56	2,37

Fuente: Elaboración propia

Para mayor información del compresor seleccionado ver Anexo F, de este trabajo. Debido a que la configuración de los ramales en cada una de las zonas es similar, se utilizó la misma selección del compresor para todas zonas del CEDI. Para corroborar dicho criterio en la sección de apéndice se encuentra el cálculo del volumen del compresor para la zona del pulmón del CEDI.

#### 4.2.4 Filtro coalescente

El modelo del compresor seleccionado anteriormente cuenta con este tipo de filtros, debido a que son específicamente diseñados para aplicaciones de sistemas secos con válvulas de pre acción.



*Figura 31. Filtro coalescente para sistemas de compresión*

### 4.3 Selección del tanque de agua según NFPA 13

Según la sección 3.10 de este trabajo se hace mención a la NFPA 11, la cual es la encargada del dimensionamiento correcto de los tanques de almacenamiento de agua para sistemas de supresión de incendios; sin embargo, dicho documento hace referencia a que el dimensionamiento del tanque va en función del tipo de sistema que se quiere implementar. En este caso, por tratarse de un sistema de rociadores automáticos, el diseño del tanque se limitó a los requerimientos estipulados por la norma NFPA 13.

El correcto dimensionamiento del tanque de suministro de agua de incendios se basó en los criterios de los datos obtenidos mediante la selección del tipo de rociador para la zona más crítica, analizando la hoja de especificaciones de la cual se obtiene que el caudal que maneja dicho rociador es de 11,23 L/s (178 gpm). La hoja de especificaciones menciona que lo debe suplir el agua suficiente para la activación simultánea de 12 rociadores, y además suplir con la necesidad de 31,55 L/s (500 gpm).

$$Volumen_{tanque} = (Q_{rociadores} \times N_{rociadores} + Demanda\ manguera) \times 60\ min \text{ (Ec. 6)}$$

$$V_{tanque} = (178\ gpm \times 12 + 500\ gpm) \times 60 = 158\ 160\ gal \cong 598,7\ m^3 \times 1,20 = 718\ gal$$

Esto da un valor aproximado de 598,7 m<sup>3</sup>. Con este sistema se podrá suministrar la cantidad de agua necesaria en caso de algún siniestro a lo largo de toda la planta. Se debe dejar un 20% de la capacidad total del tanque para evitar oscilaciones en el sistema.

El diseño del tanque es aéreo, fabricado en acero y acabado apernado. Se deberá de pintar de color rojo, como el sistema de supresión.

Tabla 14. Capacidades del tanque de almacenamiento de agua contra incendios.

Tanque	Altura (m)	Diámetro (m)	Capacidad (m <sup>3</sup> )
Superio Tank Company Inc	14,7	7,86	713

Fuente: Elaboración propia. Excel

#### 4.4 Selección de la bomba

El manual de bomberos regula la instalación y selección de este dispositivo del sistema, en su artículo 3.7.2.b., menciona que la bomba principal debe ser accionada por un motor de combustión interna de diésel, el cual deberá de contar con una reserva mínima de combustible para suplir la operación de bombeo durante un lapso de 8 horas. Se podrá instalar un motor eléctrico que funcione mediante un generador de energía aparte del utilizado para otras zonas de la planta.

En el caso de las regulaciones internacionales, la NFPA 20 estipula, en su capítulo 11, las siguientes recomendaciones de gran relevancia:

1. El motor diésel debe estar aprobado por Underwriters Laboratories (LU), para servicio contra incendio.
2. El gabinete utilizado para el control del motor debe ser tipo NEMA 2, es decir, ser a prueba de goteo.
3. Se deberá instalar un sistema de refrigeración al motor de tal manera que la temperatura del mismo no sea mayor a los 49°C en la cámara de combustión. El suministro de agua para refrigeración será tomado desde la descarga de la bomba.
4. En el caso del tanque de almacenamiento de combustible, este deberá ser elevado y contará con un dique con capacidad suficiente para retener todo el combustible que se almacena en el tanque, en la eventualidad de algún posible derrame.
5. El tanque de almacenamiento debe tener una conexión de rosca tipo NPT de 100 mm (4 in) en la parte superior, próxima al centro del tanque, esto para que la instalación de un sensor de nivel.
6. Se utilizará una chimenea con un diámetro no menor al diámetro de salida de gases del motor, dirigida hacia techo para proporcionar un escape a los gases de combustión. Dicho escape deberá ser cubierto por aislamiento térmico.

Para la selección de la bomba se tomó en cuenta el caudal necesario total que se debe trasegar. Este caudal es de 135 L/s aproximadamente (2136 gpm), dicho valor se obtiene utilizando el área crítica de diseño y el caudal que van a manejar los 12 rociadores que la definen. Si hacemos referencia la tabla 1 de este documento de los caudales comunes para

las bombas contra incendios, la selección más adecuada es de 158 L/s (2500 gpm), por lo que se define el primer parámetro de selección.

El segundo parámetro de selección es la caída de presión que se debe vencer para poder suplir al rociador que se encuentre más alejado de la zona del CEDI. Esto debido a que son los equipos que manejan el mayor caudal en su activación. La NFPA 14, en su sección 7.8.9, menciona los requerimientos mínimos de diseño en términos de presión para sistemas diseñados hidráulicamente. Aquí se dicta que en la toma de agua, la cual suministra el caudal al sistema de rociadores para todo el CEDI, la presión en ese nodo debe ser como mínimo de 6,9 bar (100 psi), sin importar las pérdidas estáticas y por fricción que se presenten en tramos antes de esa toma de agua. Y tomando en cuenta que luego de ese tramo se necesitan al menos 3,45 bar (50 psi) para el ultimo rociador, se definió que la presión mínima que suple la bomba a caudal nominal será de 10,34 bar (150 psi).

Esta selección se corroboró a nivel de software (Anexo H), dando como resultado la obtención de la marca y modelo de la bomba (Tabla 15).

*Tabla 15. Selección de bomba principal y bomba Jockey*

<b>Bomba principal</b>	<b>Bomba Jockey</b>
Tipo: Horizontal Splitcase	Tipo: Stackable cast iron
Marca: PENTAIR	Marca: PENTAIR
Modelo: 8-481-21-A	Modelo: PVM5-14
Capacidad de bombeo: 567,8 m <sup>3</sup> /h (2500 gpm)	Capacidad de bombeo: 5,68 m <sup>3</sup> /h (25 gpm)
Presión nominal de trabajo: 10,34 bar.g	Presión nominal de trabajo: 160 psi
Fuente de energía: Diésel	Fuente de energía: Eléctrico
Potencia del motor. 374 HP	Potencia del motor. 5 Hp
Arranque: Automático	Arranque: Automático
	

Fuente: Elaboración propia

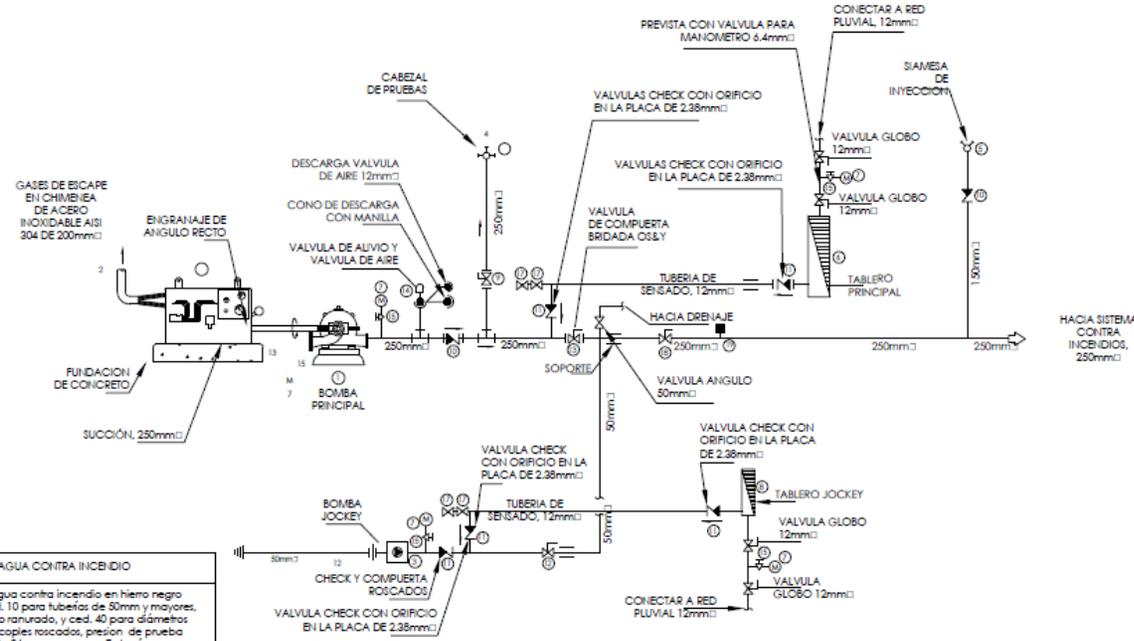
Equipo contra incendio

- ① Bomba contra incendio  
 Marca: Aurora  
 Modelo: 8-841-21A  
 Caudal: 2500 GPM  
 Carga: 150 psi (347 pies)  
 Motor: diesel, 410 b.h.p.  
 Tipo: carcasa partida sellos: UL y FM
- ② Tablero de control de bomba principal, ref: Tomatech GPD, sellos ul y fm
- ③ Manometro  
 Ref: weksler (rango 0-200 psi)
- ④ Tablero de control bomba jockey, ref: Tomatech JP3, con sellos ul y fm
- ⑤ Valvula de compuerta bridada Ref: Stockham g-34 os&y
- ⑥ Valvula check bridada Ref: Stockham g-940
- ⑦ Valvula check roscaada Ref: Stockham b-319
- ⑧ Valvula de compuerta roscaada Ref: Stockham b-133 os&y
- ⑨ Valvula de compuerta bridada Ref: Stockham g-34 os&y.
- ⑩ Valvula de venteo Ref: Bell & gosselt, modelo 87.
- ⑪ Valvula de control Ref: Weksler a10e
- ⑫ Valvula de bola Referencia: Ginnel F350
- ⑬ Valvula rizer check Referencia: Ginnel IS17
- ⑭ Detector de flujo Referencia: Ginnel va-f

- ④ Cabezales de pruebas  
 Marca: Potter noemer (referencia)  
 Modelo: 5864+5865  
 Tipo: pared con placa, cadenas, tapas y cobertor  
 Entrada: 200mm( ) y 150mm( )  
 Salida: 5864: 4 de 63mm( ) cada una.  
 Acabado: tipo D  
 Rotulacion: "pump test connection"

- ⑤ Toma siamesa de inyección  
 Marca: Potter noemer (referencia)  
 Modelo: 5025  
 Tipo: pared con placa, tapas y cobertor  
 Salida: 150mm( )  
 Entradas: 2 de 63mm( ) cada una  
 Acabado: tipo D  
 Rotulacion: "auto spk standpipe"

SIMBOLOGIA TUBERIA AGUA CONTRA INCENDIO	
	-Tubería para agua contra incendio en hierro negro ASTM A-795, ced. 10 para tuberías de 50mm y mayores, 20 para 200mm tipo ranurado, y ced. 40 para diámetros menores, con acoples roscaados, presión de prueba 1730 kpa durante 8 horas con agua. En las áreas refrigeradas se utilizará hierro galvanizado ced. 40 con acoples roscaados en los diámetros menores a 50mm y ranurados en diámetros mayores. Todas las tuberías y ranurados en diámetros menores a 50mm y ranurados en diámetros mayores. Todas las tuberías y accesorios serán clase 300.
	-Para tubería enterrada se usará pvc c-900 con accesorios apropiados, la presión de prueba será de 1730kpa durante 8 horas con agua.
	- Se deberán colocar juntas de expansión térmica cada 20 metros como máximo para tuberías cpvc.
	-No serán costos adicionales todas aquellas figuras que se deban poner en los niveles para esquivar otras disciplinas y deberán ser tomadas en cuenta en el presupuesto inicial.
	- La tubería de succión de la bomba jockey será de 50mm en acero inoxidable
JUNTAS DE EXPANSIÓN	
1) Para el sistema contra incendio se deberán utilizar juntas flexibles, similares al modelo mif de metraflex para el diámetro requerido. Se deberán instalar donde se indica en los planos y en todos aquellos lugares que quede expuesta a movimiento aunque no se muestre específicamente en planos.	



- Notas
- 1- Consultar planos para ver distribución de tuberías contra incendios.
  - 2- Todos los cambios de dirección se harán con codos de 45° tipo ranurado.
  - 3- Todos los equipos y accesorios deberán ser listados ul y fm, con excepción de la bomba jockey y su respectivo panel.
  - 4- El motor de la bomba deberá ser de diesel y deberá seleccionarse considerando la altura sobre el nivel del mar y las pérdidas de potencia que se den en el engranaje de ángulo recto.
  - 5- Las mullas de escape deberán contar con silenciador y deberán ser aisladas en lugares donde estén expuestas.
  - 6- El tanque de almacenamiento de combustible deberá tener una capacidad de almacenamiento de al menos 1 galon por cada hp y nunca deberá estar por debajo del 60% de su capacidad.
  - 7- El contratista deberá suplir junto con el motor y la bomba el tanque de diesel, y deberá llevar un banco de baterías para el debido arranque del motor. Será responsabilidad del contratista la instalación del molle de gases de escape del motor, de acuerdo a planos.
  - 8- Las líneas de sensado serán de cobre tipo L con soldadura de plata al 12%

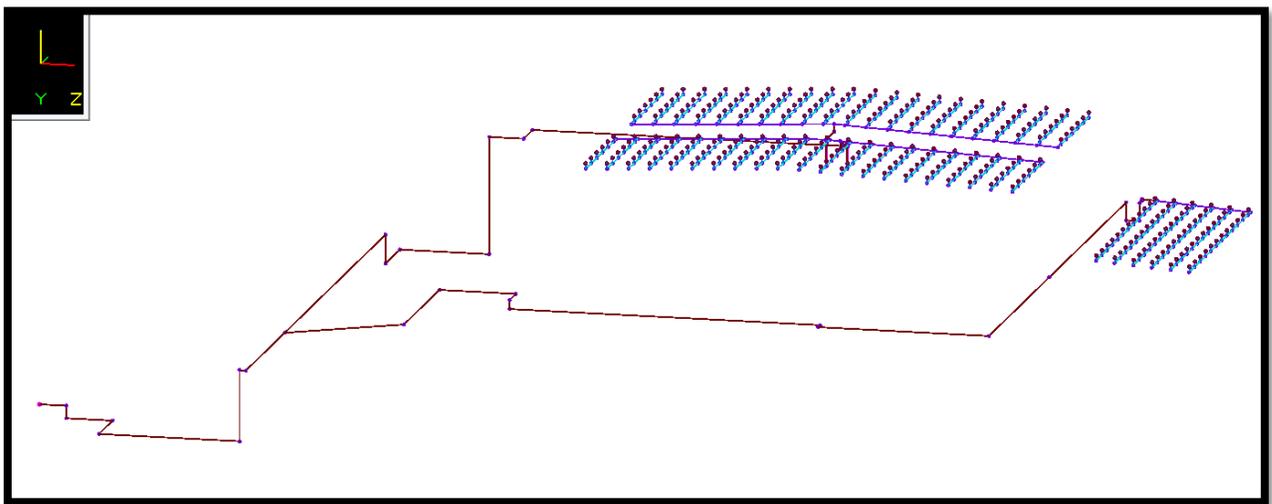
Figura 32. Detalles de conexión de la bomba principal

Fuente: Elaboración propia AutoCad

## 4.5 Software SprinkCalc

Esta herramienta de modelación, se utiliza para corroborar el diseño propuesto para el sistema de supresión. Mediante la simulación de varias secciones se logra corroborar que el diseño propuesto es el adecuado.

Dicha simulación se basa en modelar el sistema desde la salida de la bomba hasta el sistema más alejado o el que consuma teóricamente una mayor cantidad de caudal y necesite la mayor presión posible, mediante la apertura de “x” cantidad de rociadores, los cuales definen el área crítica de diseño, dicha cantidad de rociadores va a estar definida por el tipo de riesgo que se está resguardando. Para el caso del sistema de supresión del CEDI, el ente asegurador definió el área crítica que conforma la apertura de 12 rociadores simultáneamente que consumen un caudal de 11,23 L/s (178 gpm) por rociador y a una presión mínima de 3,45 bar (50 psi) a la salida de cada rociador.



*Figura 33. Simulación CEDI, zona de 1 y zona 4*

Fuente: Elaboración propia. SprinkCalc.

En la sección de apéndices de este documento se puede encontrar el reporte hidráulico obtenido por la simulación de las zonas mencionadas (Apéndice 8). A continuación, se muestra, a modo de resumen, la tabla con los valores más significados.

Tabla 16. Resumen resultados de la simulación del software SprinkCalc

<b>Área diseño</b>	<b>Ocupación</b>	<b>Área Aplicación (ft<sup>2</sup>)</b>	<b>Total Agua (gpm)</b>	<b>Presión suministro (psi)</b>	<b>Densidad (gpm/ft<sup>2</sup>)</b>	<b>Presión mínima (psi)</b>	<b>Flujo mínimo (gpm)</b>	<b>Rociadores calculados</b>
Congelados	Almacenamiento en estanterías, por encima de los 7,6 m. Clase III	1200	2168,6	152,4	1,78	49,9	178	12
Pulmón	Misceláneos. Almacenamiento de plásticos	1200	2166,6	123,7	1,78	49,9	178	12

Fuente: Elaboración propia

## 4.6 Sistema de supresión por extintores

La protección contra incendios con extintores va en función del tipo de fuego que se puede generar en el recinto. En la siguiente tabla se muestra el tipo de extintores que se van a disponer en cada uno de los recintos (Tabla 17). Dicha selección se hizo tomando en cuenta la recomendación dada por el ente asegurador:



*Figura 34. Supresión de incendios por medio de extintores portátiles*

Fuente: Seguridad Permanente. Fire and Safety Company (2015)

Se menciona que la selección de los extintores se debe hacer con base en lo estipulado en la NFPA 10, 2013, además de que para las áreas donde exista presencia de productos alimenticios se tendrá que utilizar un agente extintor limpio. Se debieron considerar, de igual forma, aspectos como la temperatura del recinto donde se van a disponer, esto debido a que las zonas del CEDI la temperatura crítica de almacenamiento es de  $-18^{\circ}\text{C}$ . En este recinto se utilizarán extintores clase B y C, con un agente extintor de  $\text{CO}_2$ , el cual puede ser almacenado a temperaturas de hasta  $-30^{\circ}\text{C}$ , además de ser considerado agente libre, por lo que su selección fue la adecuada. Para las otras zonas, la temperatura no es tan crítica ( $23^{\circ}\text{C}$  aproximadamente), por lo que el criterio de selección es el tipo de fuego que se puede generar, debido a lo anterior, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 15.

Tabla 17. Selección del sistema de supresión por extintores

Zona	Ocupación	Batería	Agente extintor	Clase de extintor	Cobertura (m)
CEDI	Almacenamiento	No	CO <sub>2</sub>	B y C	23
Oficinas	Riesgo Ligero	Sí	CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O	A y C	23
Baños	Riesgo Ordinario	Sí	CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O	A y C	23
Cuarto Máquinas	Riesgo Ordinario II	Sí	CO <sub>2</sub>	C	23
Central Frio	Riesgo Ordinario II	Sí	CO <sub>2</sub>	C	23
Carga Baterías	Riesgo Ordinario II	Sí	CO <sub>2</sub>	C	23

Fuente: Elaboración propia.

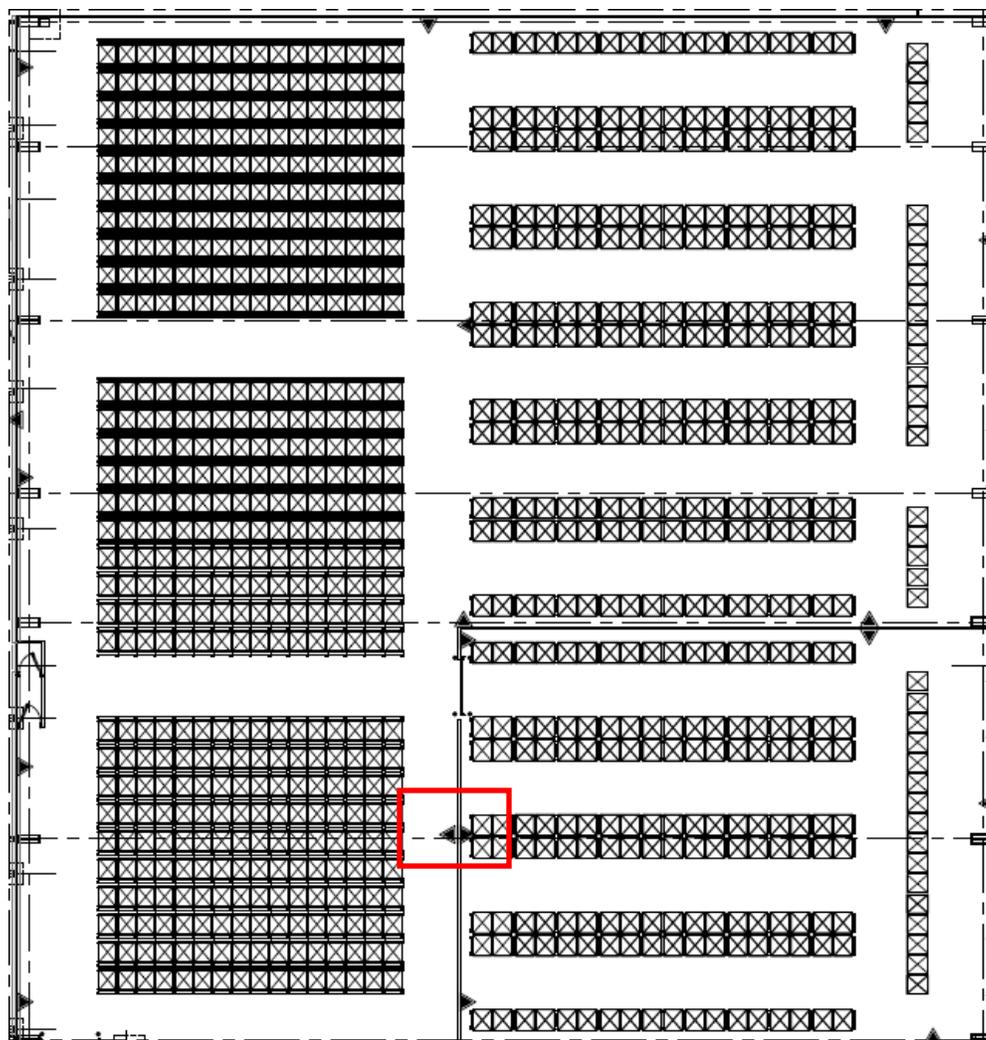
La batería se refiere a un gabinete donde se encuentran almacenados dos tipos de extintores, debido a la posibilidad de presencia de dos tipos de fuego en el recinto.

En la tabla 18, se muestran algunas de las características que poseen los tipos de extintores seleccionados, ambos son marca AMEREX. Para una mayor información sobre las características de cada uno de los extintores, se puede consultar la sección de anexos de este documento (Anexo J).

Tabla 18. Resumen de los extintores seleccionados, características de selección

Extintor modelo AMEREX	Agente extintor	Garantía	Rango Temperatura (°C)	Agente limpio
B272NM	Agua de Rocío	5 años	4 a 49	Sí
Modelo 330	Dióxido de carbono	5 años	-30 a 49	Sí

Fuente: Elaboración propia



*Figura 35. Representación a nivel de planos de la distribución de extintores en el CEDI.*

Fuente: Elaboración Propia. AutoCAD

En la figura anterior se muestra la distribución de los extintores en zona refrigerada y congelada del CEDI, los elementos encerrados en un rectángulo rojo representa la ubicación de dos extintores de CO<sub>2</sub>, dicha simbología se utilizó en función del tipo de extintor que representa. En el documento adjunto se encuentra el plano de planta de extintores del proyecto.

## Conclusiones

1. Se definieron las configuraciones para los sistemas de supresión para cada uno de los recintos, respetando los criterios de diseño presentes en las normas NFPA consultadas, tales como el tipo de riesgo por proteger, condiciones especiales de temperatura en los recintos, almacenamiento de mercancías, entre otros; y tomando en consideración las pautas dadas por Factory Mutual (ente asegurador).
2. Se planteó la ruta del sistema de supresión con tramos en tubería en hierro galvanizado, capaz de suministrar el agua necesaria para todo el proyecto. Además, se planteó una ruta que deberá viajar por los túneles en los cuartos fríos dispuestos a darle mantenimiento al sistema de refrigeración de estos para llegar al área de oficinas y, de igual manera, suministrar el agua al sistema de supresión seco, accionado por la válvula de pre acción.
3. Se determinó el equipo hidráulico (válvulas, bombas y accesorios) y el sistema de soportería (soportería aérea y antisísmica) necesario para operar el sistema contra incendios. Se seleccionó un sistema de bombeo con succión positiva compuesto de una bomba tipo centrifuga horizontal de carcasa partida de 2500 gpm y una presión de 150 psi y una bomba Jockey tipo centrifuga vertical en línea, accionada por un motor eléctrico de 5 hp y una presión de 160 psi.
4. Se dimensionó el tanque de almacenamiento de agua, tanque aéreo metálico, diámetro de 7,86 m, con una altura de 14,7 m, capacidad de 713 m<sup>3</sup>, marca Superior Tank Company Inc.
5. Se seleccionó la válvula modelo G-6000P con sistema de doble enclavamiento de liberación eléctrica y neumática. Asimismo, el compresor con capacidad para suministrar 184,06 L/s (6,50 cfm) a una presión de 2,07 bar (30 psi), este viene en conjunto con un secador y una válvula coalescente.
6. Se generaron los planos de la distribución de tuberías secas y húmedas del sistema contra incendios, detalles técnicos y constructivos requeridos para la aprobación del proyecto tanto a nivel nacional como internacional.

## **Recomendaciones**

1. Los sistemas de rociadores deberán ser instalados tomando en cuenta todas las regulaciones expuestas en la NFPA 13, cada uno de los equipos deberán ser inspeccionados, deberán probarse y mantenerse adecuadamente según lo estipulado por la NFPA 25 (Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems).
2. Se debe capacitar al personal que se encuentre cerca del cuarto de supresión de incendios en el manejo del sistema de bombeo que se alimenta desde el tanque de almacenamiento de agua aéreo, debido a que se deba de accionar el sistema de alimentación de agua en caso de emergencia, y que así, no solamente el encargado sepa como activar el sistema.
3. Los rociadores y accesorios del sistema de supresión se deberán de inspeccionar visualmente desde el nivel de piso, buscando alguna marca de desgaste, daño, o corrosión para proceder a su respectivo cambio. Los sistemas de suspensión antisísmica de igual forma deberán de ser inspeccionados desde nivel de piso para verificar su estado.
4. Para mantener la presión de aire entre los rangos de operación de la válvula, se podrá instalar un compresor de mantenimiento, modelo F-1 marca VIKING o equivalente para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de pre acción de tubería seca (Ver anexo F).
5. Inspeccionar periódicamente los filtros coalescentes para asegurar que no va a entrar humedad en la tubería del sistema de supresión del CEDI, así se evita que se condense algún fluido y se generen obstrucciones que puedan afectar el correcto funcionamiento del sistema de supresión.
6. Revisar de manera periódica el estado de los extintores en cada una de las zonas de la planta y corroborar que cuenten con el sello contra manipulación. Esto asegura que se encuentre en un estado óptimo de operación, además de que se localice en zona visible y adecuadamente rotulada. Verificar que no haya presencia de oxidación. En el caso de las baterías de extintores, verificar que se encuentren en condiciones adecuadas de operación, identificar que cuentan con los instrumentos adecuados para retirar el extintor de manera rápida en caso de algún evento.

## **Bibliografía**

Kainos. (2016). Kainos Fire Panamá. Obtenido de Kainos Fire Panamá:  
<http://www.kainos.com.pa>

GRUPO AFILIADO DE TANK CONNECTION. (2017). TANK CONNECTION. Obtenido de TANK CONNECTION: <https://www.tankconnection.com/>

Soler Prevencion Seguridad. (2017). Soler Prevención Seguridad Fire & Security Systems. Obtenido de Soler Prevención Seguridad Fire & Security Systems:  
<http://www.solerprevencion.com/>

Carnicer, E. (2004). *Bombas Centrífugas*. España: Segunda Edición. Editorial Thomson.

Cengel, Y. (2012). *Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones*. México: Segunda Edición. Editorial McGraw Hill.

NFPA 10, Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios. (2007). National Fire Protection Association.

NFPA 13, Manual para la Instalación de Sistemas de Rociadores. (2013). National Fire Protection Association.

NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores. (2013). National Fire Protection Association.

NFPA 14, Norma para instalación de Sistemas de Tubería. (2006). National Fire Protection Association.

NFPA 20, Norma para instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios. (2010). National Fire Protection Association.

NFPA 22, Norma de especificaciones para tanques de agua de sistemas de protección privada de incendios. (2013). National Fire Protection Association.

NFPA 24, Norma para la instalación de tuberías para servicio privado de incendio y sus accesorios. (2010). National Fire Protection Association.

NFPA 25, Norma para inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de protección de fuego basados en agua. (2002). National Fire Protection Association.

NFPA 101, Código de Seguridad Humana. (2015). National Fire Protection Association.

ABC, G. Grupo ABC Ingenieros. Obtenido de Grupo ABC Ingenieros:  
<http://www.grupoabccr.com/>

Garro Zabaleta, J. (2015). Aire Comprimido. Cartago, Costa Rica.

Mis-Extintores. (24 de marzo de 2017). El Portal de la Seguridad Industrial. Obtenido de El Portal de la Seguridad Industrial: <http://www.misextintores.com/lci/tetraedro-del-fuego>

Unidad de Ingeniería de Bomberos. (2013). *Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios*. Bomberos de Costa Rica.

Ramirez, J. (noviembre de 2016). Tesis para optar por el grado de Ingeniero en Mantenimiento Industrial. Diseño de un sistema de distribución de agua para la instalación de hidrantes en la sede central del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago: Tecnológico de Costa Rica.

Garro, J. (2012). *Bombas hidráulicas*. Cartago, Costa Rica.

Vyking. (2016). *Sistemas de tubería seca: Manual de usuario*.

FM 2-0, Guía de Instalación para Rociadores Automáticos. (2007). FM Global.

FM 2-81, Norma para inspección y mantenimiento de Sistemas de Rociadores Automáticos. (2007). FM Global.

FM 3-10, Norma para instalación y mantenimiento de redes privadas contra incendio y sus accesorios. (2000). FM Global.

FM 8-0, Calcificación de Mercancías. (2007). FM Global.

FM 8-9, Clasificación de mercancías Clase 1, 2, 3 y Plásticos. (2007). FM Global



## Apéndice

### Apéndice 1. Cronograma de trabajo

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
 ESCUELA INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
 DIAGRAMA DE GANTT: PRÁCTICA PROFESIONAL



DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPRESIÓN DE INCENDIOS PARA LA PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA CARGILL

No.	Actividad	24/7-30/7	31/7-6/8	7/8-13/8	14/8-20/8	21/8-27/8	28/8-3/9	4/9-10/9	11/9-17/9	18/9-24/9	25/9-1/6	2/10-8/10	9/10-15/10	16/10-22/10	23/10-29/10	30/10-5/10	6/11-12/11	13/11-19/11
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17
1	Investigación de las normas que rigen este tipo de sistemas																	
2	Investigación del proyecto																	
3	Reuniones con los clientes y Ingeniero a guía																	
4	Calculo del sistema hidráulico																	
5	Selección de equipos																	
6	Diseño de planos																	
7	Revisión del profesor guía																	
8	Semana destinada por si necesita generar algun cambio en la marcha																	
9	Elaboración primer borrador																	
10	Fin del proceso de elaboración del proyecto de graduación																	
11	Elaboración del escrito final																	
12	Revisión por filólogo																	

Fuente: Elaboración propia. Excel.

## Apéndice 2. Normativas consultadas

Tabla 19. Normativa utilizada para la elaboración del proyecto

Normativa	Artículo	Descripción de sección
NFPA 10	5.2	Clasificación de incendios
	5.3	Clasificación de extintores
	5.4	Clasificación de riesgos
	6.1.2	Operatividad
	6.1.3.8	Altura de Instalación
	6.1.3.10	Gabinetes de extintores
	6.2	Instalaciones riesgo Clase A
	6.3	Instalaciones riesgo Clase B
	6.4	Instalaciones riesgo Clase C
NFPA 13	3.4	Tipos de sistemas de rociadores
	3.4.3	Sistema combinado de tubería seca y pre acción
	3.4.10	Sistemas de rociadores de tubería húmeda
	3.6.2	Tipos de rociadores
	5.1	Clasificación de ocupaciones
	5.6.3.3	Clase III
	6.2.3.1	Generalidades
	6.3	Tuberías por encima de nivel de piso
	7.1	Sistemas de tubería húmeda
	7.9	Espacios refrigerados
	7.9.2.4	Suministro de aire o nitrógeno
	7.9.2.7.1.1	Suministro de aire
	8.1	Requisitos de instalación
	8.2	Limitación del área de protección del sistema
	8.4.9	Rociadores de modo de control de aplicación específica
	8.5.2.1	Determinación del área de protección de cobertura por rociador
	8.6.2	Áreas de protección por rociador ( Rociadores estándares colgantes y montantes)
	8.6.2.2	Área máxima de protección de cobertura
	8.6.3.1	Distancia máxima entre rociadores

<b>Normativa</b>	<b>Artículo</b>	<b>Descripción de sección</b>
NPFA 13	8.13	Rociadores en estanterías
	8.17	Accesorios del sistema
	9.1	Soportes
	9.3.5.3	Soportería Anti oscilante lateral
	9.3.5.4	Soportería Anti oscilante longitudinal
	10.1	Tuberías subterráneas
	11.2.3	Requisitos de demanda de agua-métodos de cálculo hidráulico
	16.1	Protección de mercancías de clase I a clase IV que están almacenada en estanterías
	16.3.4	Rociadores en estanterías de múltiples filas para el almacenamiento en estanterías de mercancías clase I a clase IV, almacenadas por encima de 7,6 m de altura.
	22.5.3	Tabla para ocupaciones de riesgo ordinario
	Anexo A	Ejemplo Cálculo hidráulico
NFPA 14	4.3	Requerimientos para accesorios de tuberías
	4.8	Conexiones para cuerpo de bomberos
	6.3	Conexión de válvulas de compuerta y anti retorno
	6.4	Requerimientos para conexiones a bomberos
	6.4.5.4	Ubicación de la toma siamesa
	7.2	Limitaciones de presión del sistema
	7.8	Presión máxima y mínima permisibles en el sistema
	7.10	Tasas de flujo para diferentes clases de sistema
	7.11.2	Drenajes
NFPA 20	4.6.5	Cabezal disponible por el suministro de agua
	4.8	Capacidades de bombas centrifugas contra incendios
	4.10	Requerimientos de los manómetros de presión
	4.11	Requerimientos de la válvula de alivio de presión
	4.25	Bombas de mantenimiento de presión
	4.26	Resumen de la información de la bomba centrifuga
	6.3	Accesorios requeridos para la bomba centrifuga

<b>Normativa</b>	<b>Artículo</b>	<b>Descripción de la sección.</b>
NFPA 25	4.6	Aplicación de mantenimiento al sistema
	5.1	Inspección, prueba y mantenimiento a rociadores
	7.1	Mantenimiento a tuberías del servicio contra incendios
	8.1	Pruebas y mantenimiento para bombas de incendio
	8.2.2	Inspecciones visuales semanales a bombas de incendio
	12.7	Mantenimiento para las conexiones de bomberos
FM Approvals	Approval Standard for Automatic Control mode Sprinkles for Fire Protection	
	Approval Standard for Suppression Mode (Early Suppressions Fast Response (ESFR)) Automatic Sprinklers	
FM Global	Refrigerated storage, automatic sprinkler system.	

Fuente: Elaboración propia. Excel

### Apéndice 3. Diámetros de tubería

En esta sección se presentarán los cálculos de las tuberías de la sección del pulmón (CEDI) mediante un método hidráulico realizado con el System Syzer. La división de tramos de tubería se puede ver la imagen 35, donde cada sección está delimitada por una cota, la cual muestra la longitud del segmento.

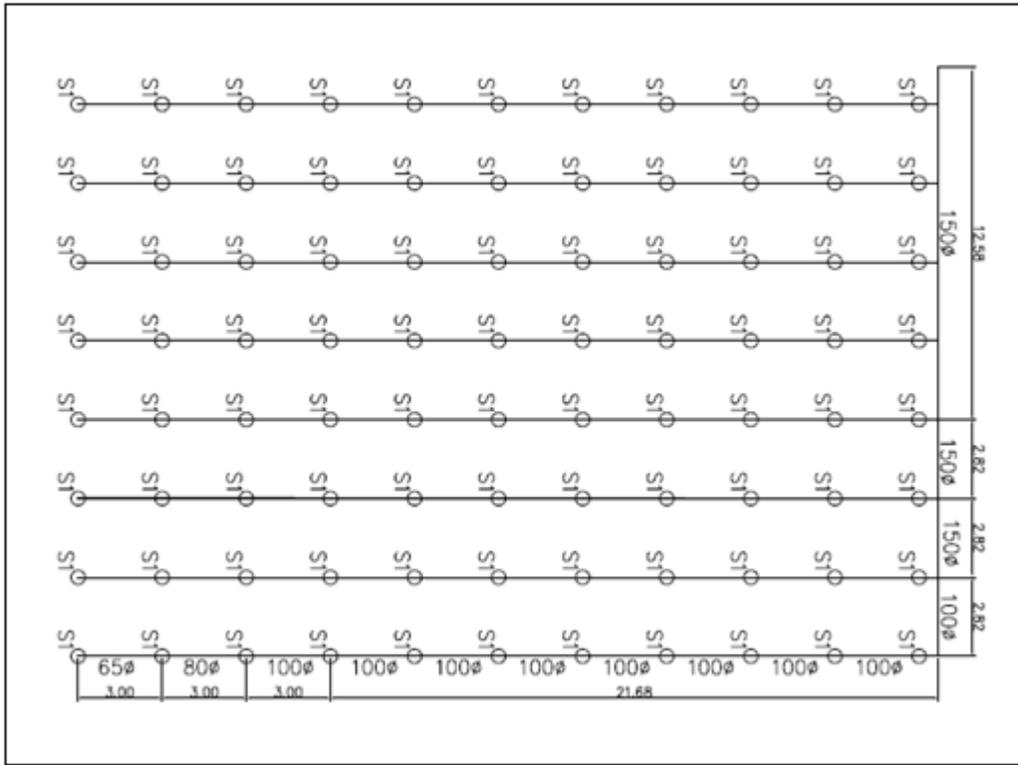


Figura 36. Sistema de supresión para la zona del pulmón. Sistema con tubería seca con válvula de pre acción

Fuente: Elaboración propia. AutoCAD

En la tabla 20 se muestran los resultados obtenidos para el cálculo de diámetros de tubería mediante el uso de la aplicación del System Syzer de Bell & Gossett. Esta zona del CEDI cuenta con 3 similares, por lo que se consideró a modo de cálculos la más crítica de las 3.

Tabla 20. Dimensionamiento de tuberías por medio del System Syzer, zona del pulmón

Tramo	Caudal (gpm)	Caudal (L/s)	Pérdida fricción (ft /100 ft)	Pérdida fricción (m /100 m)	Velocidad (ft/s)	Velocidad (m/s)	Diámetro (in)
1	178	11,23	21,32	21,32	11,92	3,63	2 ½ (65 mm)
2	356	22,46	26,94	26,94	15,46	4,71	3 (80 mm)
3	534	33,69	14,77	14,77	13,46	4,10	4 (100 mm)
4	712	44,92	25,81	25,81	17,94	5,47	4(100 mm)
5	712	44,92	25,81	25,81	17,94	5,47	4 (100 mm)
6	1424	89,84	12,3	12,3	15,82	4,82	6 (150 mm)
7	2136	134,76	27,03	27,03	23,8	7,25	6 (150 mm)
8	2136	134,76	27,03	27,03	23,8	7,25	6 (150 mm)

Fuente: Elaboración propia. Excel

De igual manera se corroboró que la velocidad de descarga se encuentra por debajo de los 20 s, por lo que en la tabla 21 se muestran los resultados obtenidos para esta zona.

Tabla 21. Cálculo de velocidades para sección del pulmón CEDI

Tramo	Distancia (ft)	Velocidad (ft/s)	Tiempo (s)
1	10	11,92	0,84
2	10	15,46	0,65
3	10	13,46	0,74
4	82,1	17,94	4,6
5	9,3	17,94	0,52
6	9,3	15,82	0,59
7	9,3	23,8	0,39
8	41	23,8	1,72
<b>Total</b>			<b>10,05</b>

Fuente: Elaboración propia. Excel

Al obtenerse un valor por debajo de los 20 segundos, se corrobora que el dimensionamiento de tuberías para esta sección es correcta.

## Apéndice 4. Cálculo del compresor

A continuación, se mostrará el cálculo del volumen del compresor para el área del pulmón. De igual forma, se dividieron las tuberías en secciones haciendo uso de su respectivo diámetro y distancia, para aproximar el volumen necesario para presurizar el sistema a una presión de 2,07 bar (30 psi) como máxima.

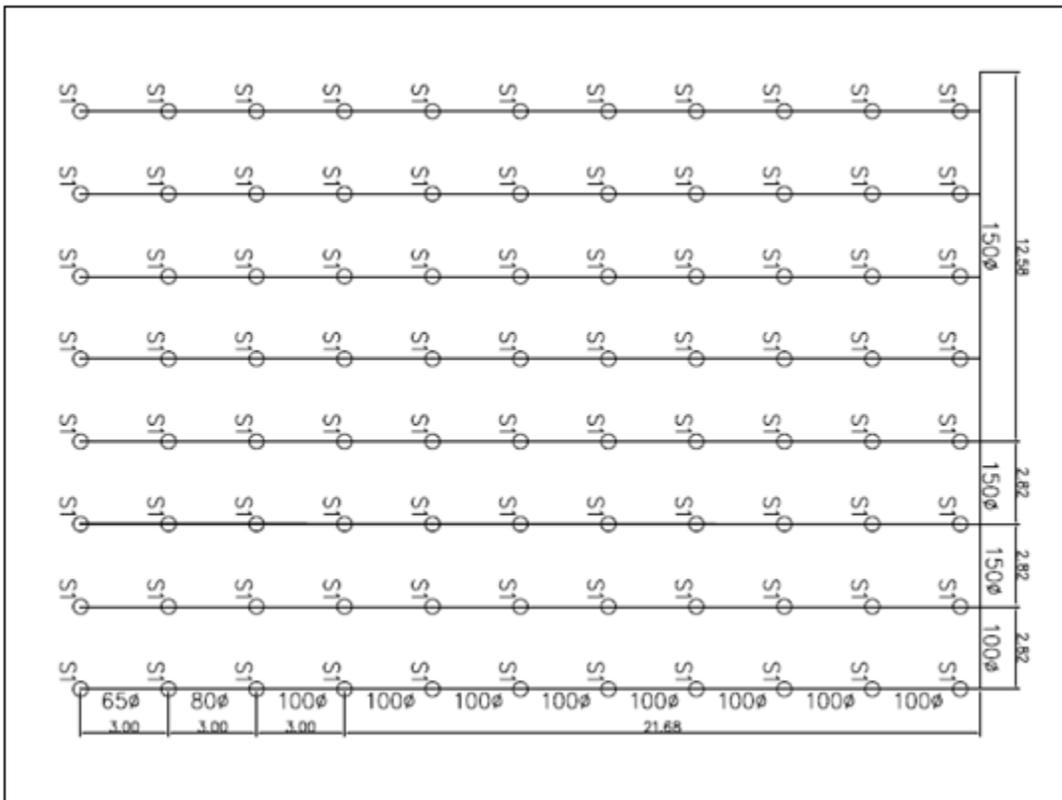


Figura 37. Sistema de supresión para el área del pulmón, sistema de tubería seca, con válvula de pre acción

Fuente: Elaboración propia. AutoCAD

$$V = \text{Factor} \left( \frac{\text{gal}}{\text{ft}} \right) \times \text{cantidad BL} \times \text{Distancia (FT)} = \text{volumen (gal)} \quad (\text{Ec. 4})$$

Al utilizar la ecuación anterior, se encuentra que para el tramo A se tienen los siguientes valores de diámetro de tubería, distancia y factor.

$$V = 0,283 \times 8 \times 9,84 = 22,28$$

Este cálculo se realiza con cada una de las secciones del sistema. A continuación, se muestran los resultados obtenidos aplicando el método de cálculo de volúmenes de VIKING. Se usó un tiempo de llenado de 30 min y la presión de llenado antes mencionada. Esto dio como resultado un volumen total de esa zona de 645 galones aproximadamente.

Tabla 22. Cálculo de la capacidad del compresor para del área de pulmón

Tramo	Diámetro		Cédula 10		Cantidad BL	Distancia	Distancia	Total	Total
	in	mm	gal/ft	L/m		m	ft	gal	L
A	2 1/2	65	0,283	3,515	8	3	9,84	22,28	84,36
B	3	80	0,434	5,39	8	3	9,84	34,15	129,36
C	4	100	0,74	9,19	8	3	9,84	58,25	220,56
D	4	100	0,74	9,19	8	21,68	71,11	420,97	1593,91
E	4	100	0,74	9,19	1	2,82	9,25	6,84	25,92
F	6	150	1,649	20,477	1	2,82	9,25	15,25	57,75
G	6	150	1,649	20,477	1	2,82	9,25	15,25	57,75
H	6	150	1,649	20,477	1	12,58	41,26	68,04	257,60
<b>Total</b>								641,06	2427,2

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de cfm del compresor:

$$\text{Compresor} = \frac{(645 \text{ gpm})(30 \text{ psi})}{7,48 * 14,7 * 30 \text{ min}} = 6,50 \text{ cfm}$$

## Apéndice 5. Resumen de los tipos de rociador por zona

A continuación se presenta un resumen de las características de algunos rociadores y la zona serán utilizados en el diseño del sistema de supresión de incendios para la nueva planta Cargill.

<p><b>ROCIADORES TIPO S-1</b> ÁREAS DE CONGELADOS Y REFRIGERADOS</p> <p>MARCA : VIKING (REFERENCIA)  MODELO : VK-598  FACTOR K : 25.2  ORIFICIO □ : 25 MM (1")  TEMPERATURA: 68°C (155 °F)  RESPUESTA : ESTÁNDAR</p> <p>TIPO: MONTANTE (UPRIGHT)  APROBACIÓN : UL Y FM  COBERTURA : ESTÁNDAR</p>	<p><b>ROCIADORES TIPO S-2</b> ÁREAS DE CUARTOS ELÉCTRICOS Y BOMBAS</p> <p>MARCA : VIKING (REFERENCIA)  MODELO : VK-300 Y VK-302  FACTOR K : 5.6  ORIFICIO □ : 12 MM (1/2")  TEMPERATURA: 79°C (175 °F)  RESPUESTA : RÁPIDA</p> <p>TIPO: MONTANTE (UPRIGHT)  COLGANTE (PENDENT)  APROBACIÓN: UL Y FM  COBERTURA : ESTÁNDAR</p>	<p><b>ROCIADORES TIPO S-3</b> OFICINAS, PASILLOS, VESTIDORES, BAÑOS Y COMEDORES</p> <p>MARCA : VIKING (REFERENCIA)  MODELO : VK-300 Y VK-302  FACTOR K : 5.6  ORIFICIO □ : 12 MM (1/2")  TEMPERATURA: 68°C (155 °F)  RESPUESTA : RÁPIDA</p> <p>TIPO: MONTANTE (UPRIGHT)  COLGANTE (PENDENT)  APROBACIÓN: UL Y FM  COBERTURA : ESTÁNDAR</p>	<p><b>ROCIADORES TIPO S-7</b> ALMACENAMIENTO DE SECOS, LLANTAS Y ACEITES</p> <p>MARCA : TYCO (REFERENCIA)  MODELO : ESFR-25  FACTOR K : 25.2  ORIFICIO □ : 25 MM (1")  TEMPERATURA: 74°C (165 °F)  RESPUESTA : RÁPIDA</p> <p>TIPO: COLGANTE (PENDENT)  APROBACIÓN: UL Y FM  COBERTURA : ESTÁNDAR</p>
<p><b>ROCIADORES TIPO S-4</b> ÁREA DE CUARTO DE MÁQUINAS DE REFRIGERACIÓN</p> <p>MARCA : VIKING (REFERENCIA)  MODELO : VK-338  FACTOR K : 5.6  ORIFICIO □ : 12 MM (1/2")  TEMPERATURA: 79°C (175 °F)  RESPUESTA : RÁPIDA</p> <p>TIPO: MONTANTE (UPRIGHT)  APROBACIÓN: UL Y FM  COBERTURA : ESTÁNDAR</p>	<p><b>ROCIADORES TIPO S-5</b> ÁREAS DE ALMACENAMIENTO DE GÚMICOS Y BATERÍAS</p> <p>MARCA : VIKING (REFERENCIA)  MODELO : VK-530  FACTOR K : 11.2  ORIFICIO □ : 19 MM (3/4")  TEMPERATURA: 68°C (155 °F)  RESPUESTA : ESTÁNDAR</p> <p>TIPO: MONTANTE (UPRIGHT)  APROBACIÓN: UL Y FM  COBERTURA : ESTÁNDAR</p>	<p><b>ROCIADORES TIPO S-6</b> ÁREAS DE RACKS DE ALMACENAMIENTO (CONGELADOS)</p> <p>MARCA : VIKING (REFERENCIA)  MODELO : VK-102  FACTOR K : 5.6  ORIFICIO □ : 12 MM (1/2")  TEMPERATURA: 68°C (155 °F)  RESPUESTA : ESTÁNDAR</p> <p>TIPO: COLGANTE (PENDENT)  APROBACIÓN: UL Y FM  COBERTURA : ESTÁNDAR</p>	
<p>NOTAS: -TODOS LOS ROCIADORES EN ÁREAS EXTERIORES AL EDIFICIO DEBERÁN SER RESISTENTES A LA CORROSIÓN.  -LOS ROCIADORES EN CIELOS LLEVARAN CHAPETA DEL COLOR APROBADO POR ARQUITECTURA  -SE DEBERÁN PROVEER SEIS (6) ROCIADORES ADICIONALES DE CADA TIPO CON EXCEPCIÓN DE LOS S-1 CUYO CASO ES DOCE (12). JUNTO CON EL GABINETE DE RESERVA PARA CADA TIPO  -LOS ROCIADORES S-6 EN BODEGA DEBERÁN LLEVAR CANASTA DE PROTECCIÓN CONTRA DAÑO MECÁNICO.  -LOS ROCIADORES QUE SE INDICAN COMO MONTANTES Y COLGANTES DEBEN SER ESCOGIDOS DE ACUERDO A LA CONFIGURACIÓN DEL CIELO.</p>			

Figura 38. Cuadro resumen rociadores y zonas de utilización

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 6. Detalles de soportería

Los detalles de soportería se pueden visualizar de mejor manera en el archivo adjunto en formato PDF, con el nombre de Planos Finales Cargill CEDI. A continuación se presentan algunos segmentos de los planos de detalles, en temas de soportería de tuberías y rociadores.

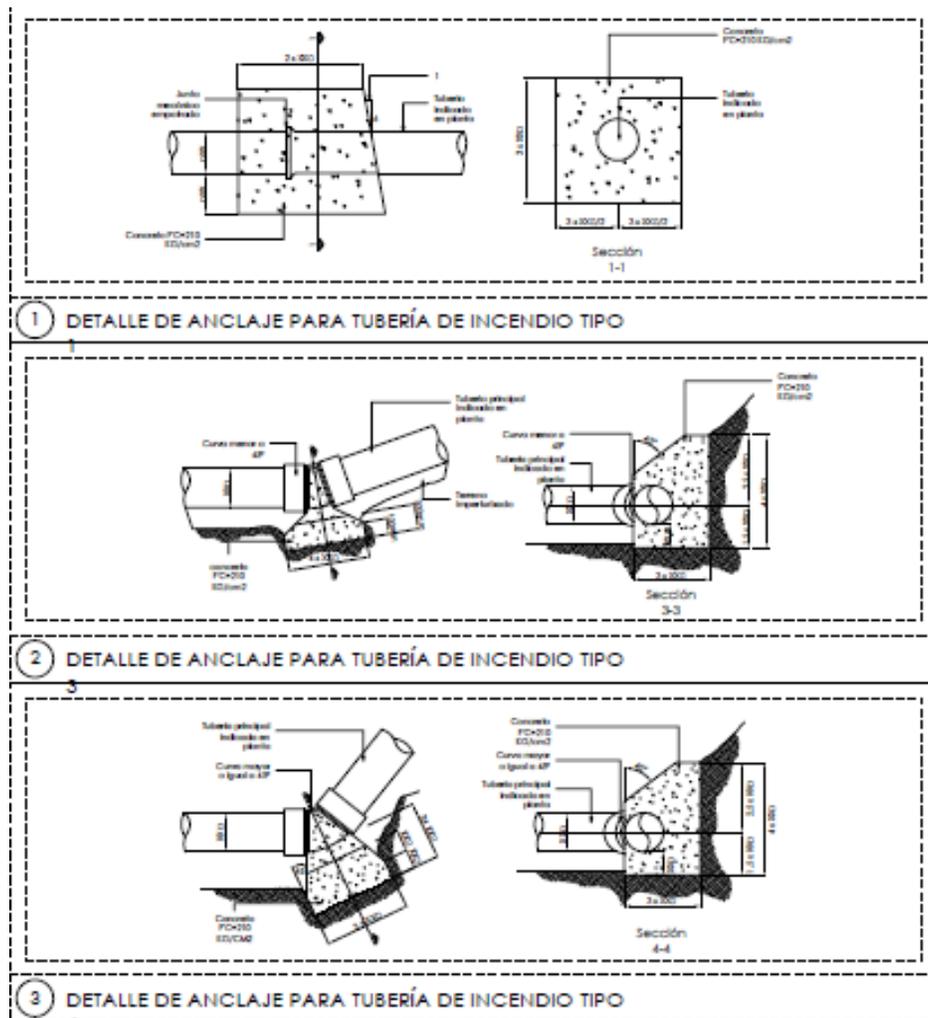
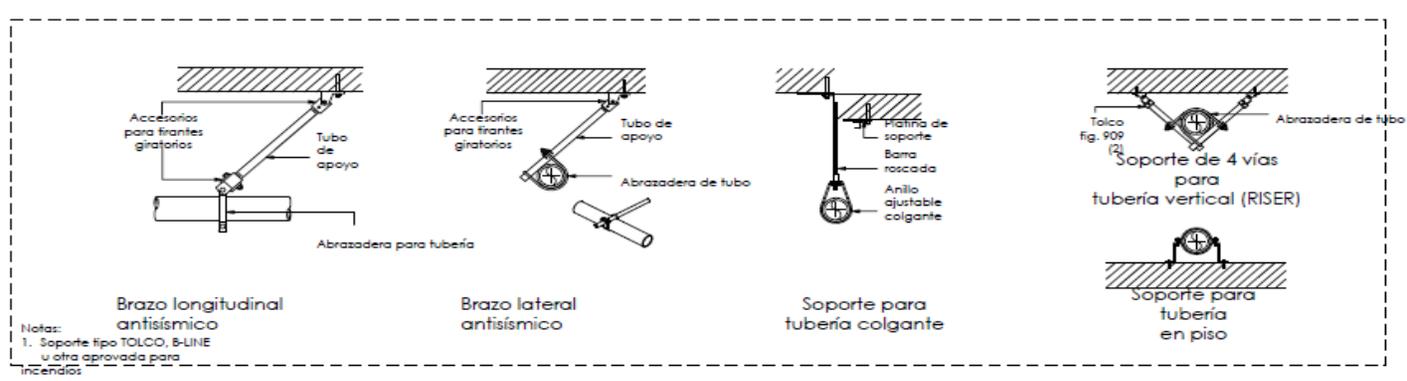
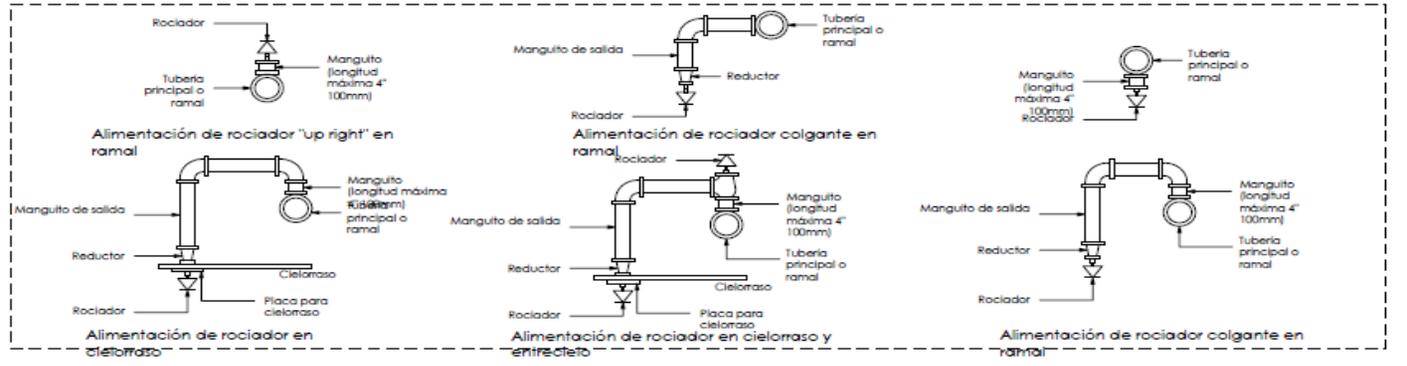


Figura 39. Detalles de anclajes para tuberías de incendio

Fuente: Elaboración propia. AutoCAD REVIT



**12 DETALLE DE SOPORTES PARA TUBERÍAS DE INCENDIO**



**13 DETALLE DE COLOCACIONES DE ROCIADORES**

Figura 40. Detalles de colocación de rociadores y sujeción de tubería aéreas

Fuente: Elaboración propia. AutoCAD REVIT

## Apéndice 7. Planos

En esta sección se mostrarán algunos detalles de los planos generados del proyecto, por motivos de espacio y para una correcta visualización de los elementos, los planos en escala adecuada y para formato PDF, se encuentran en el documento adjunto con el nombre de Planos Finales Cargill CEDI.

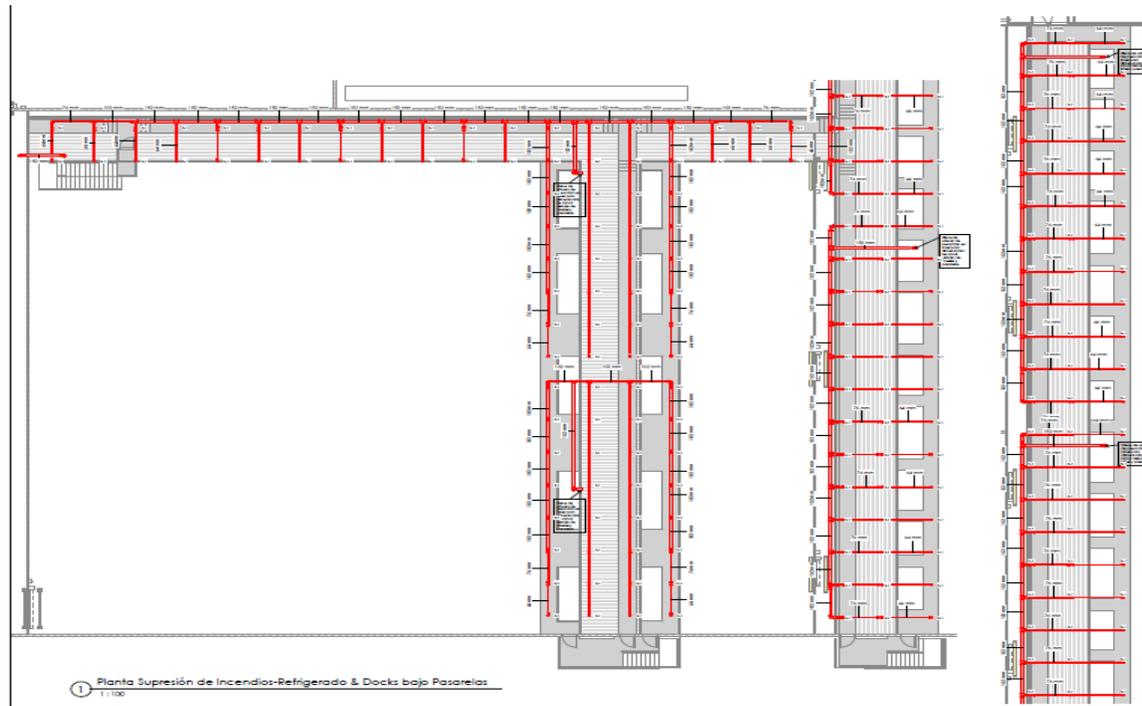
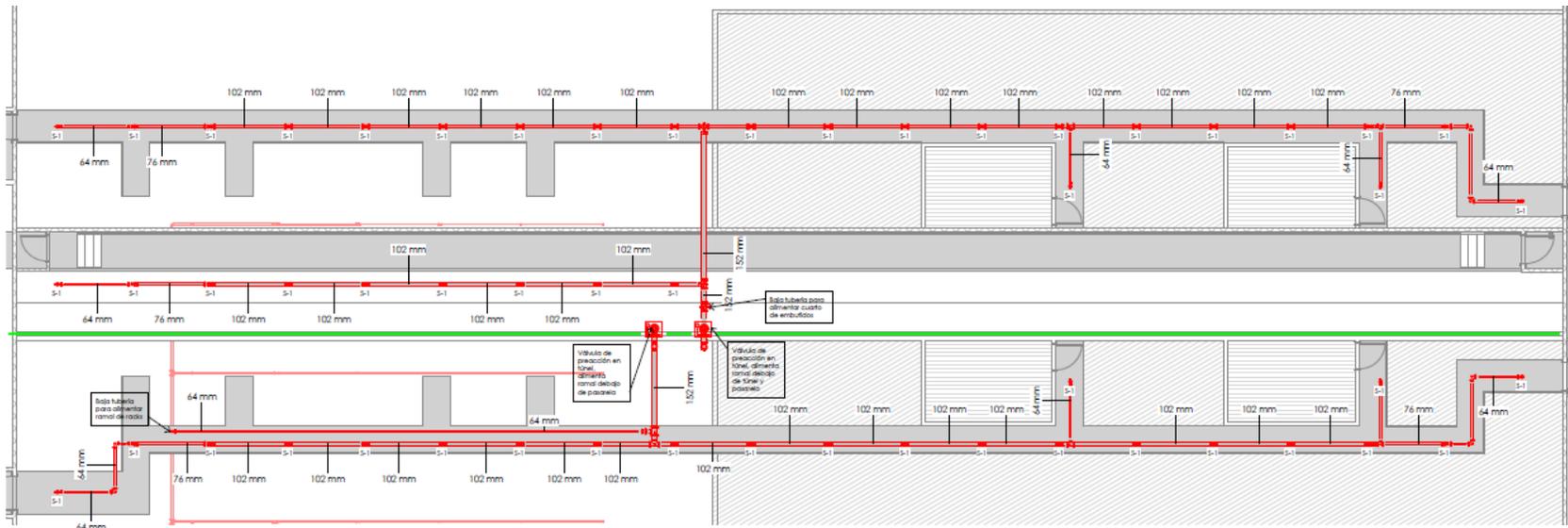


Figura 41. Sección del plano "Planta de supresión de incendios-Refrigerado & Docks bajo pasarelas"

Fuente: Elaboración propia. AutoCAD REVIT





1 Planta Mecánica Supresión de Incendios-CEDI congelado bajo Tuneles  
1 : 100

Figura 43. Plano Supresión de incendios- CEDI congelado bajo túneles

Fuente: Elaboración propia. AutoCAD REVIT

## Apéndice 7. Software SprinkCALC

HYDRAULIC CALCULATIONS for	
<b>Job Information</b>	
Project Name : SISTEMA DE SUPRESION_CEDI	
Contract No. :	City:
Project Location: SAN RAFAEL ALAJUELA	Date: 10/10/2017
<b>Contractor Information</b>	
Name of Contractor:	
Address:	City:
Phone Number:	E-mail:
Name of Designer: DANIEL SOLANO_GRUPO ABC	
Authority Having Jurisdiction:	
<b>Design</b>	
Remote Area Name	CEDI_CONG
Remote Area Location	
Occupancy Classification	Rack Storage over 25ft In-Racks_Class III
Density (gpm/ft <sup>2</sup> )	1,78
Area of Application (ft <sup>2</sup> )	1200
Coverage per Sprinkler (ft <sup>2</sup> )	100
Number of Calculated Sprinklers	12
In-Rack Demand (gpm)	0
Special Heads	
Hose Streams (gpm)	0
Total Water Required (incl. Hose Streams) (gpm)	2168,6
Required Pressure at Source (psi)	152,4
Type of System	Dry
Volume - Entire System (gal)	3298,9 gal
<b>Water Supply Information</b>	
Date	
Location	Cuarto de maquinas
Source	Bomba 2500 GPM
<b>Notes</b>	

Figura 44. Información obtenida de la simulación realizada en el software para la zona del CEDI Congelado

Fuente: SprinkCALC

Para la corroboración de la selección de la bomba se incluyen a nivel de simulación los 3 parámetros de operación de la bomba mencionados en la sección del marco teórico de este informe. Con estos parámetros y la entrada de datos, como son diámetros y distancias de tuberías, cantidad de accesorios, entre otros; se logra simular la apertura de una zona

definida por 12 rociadores, se obtienen los valores exactos de presión y caudal que en caso de una activación del sistema se presentarán.

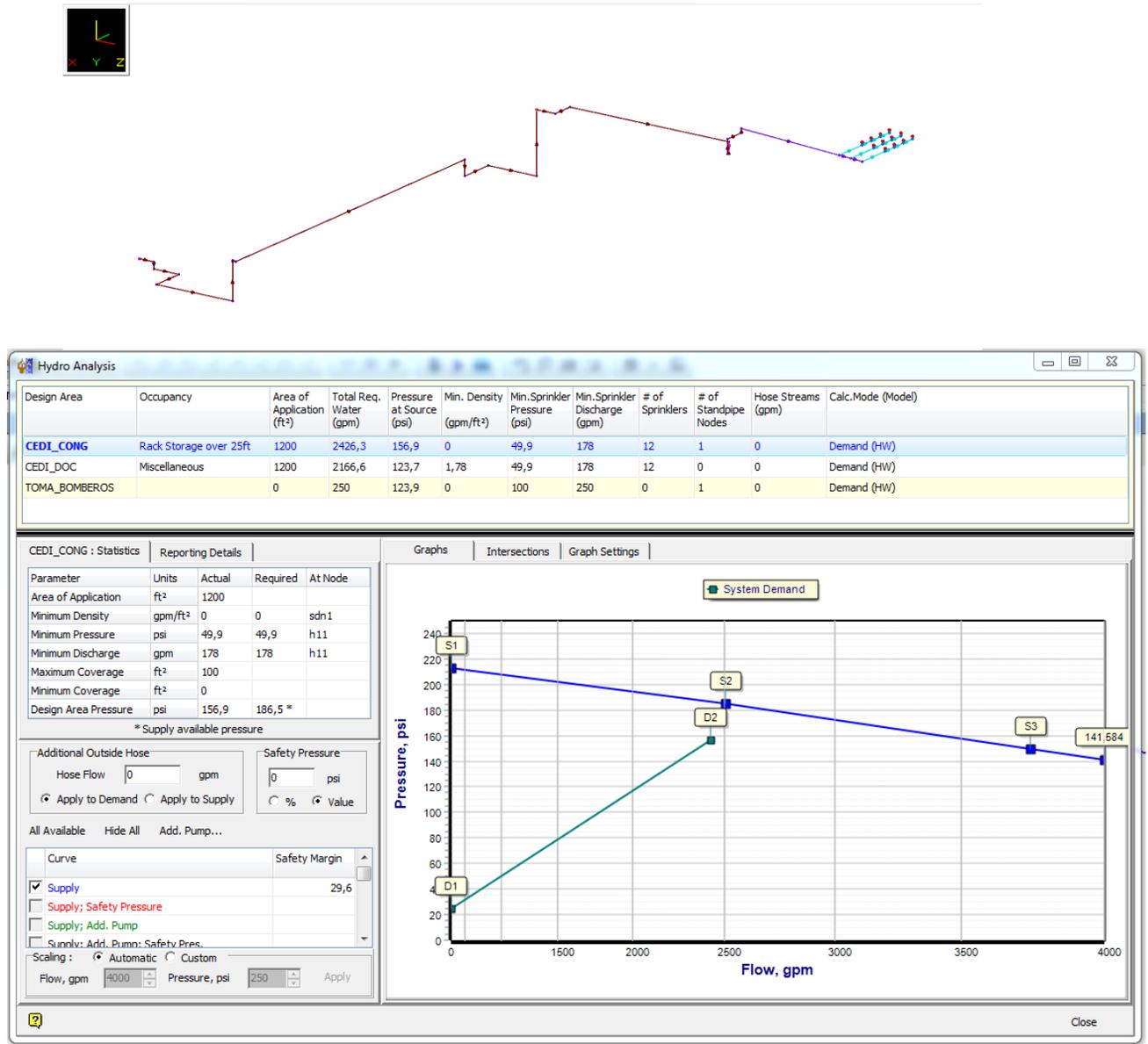


Figura 45. Distribución de tubería con área crítica, para la simulación de la zona de congelados del CEDI. Datos obtenidos de la eficiencia de la bomba del sistema

Fuente: SprinkCALC

Como se muestra en la figura 45 la recta de color verde en el gráfico representa los valores de caudal y de presión que deben suplirse, la línea de color azul representa los parámetros a los que puede llegar a operar la bomba, por lo que la selección de la bomba para esta zona es la correcta.

**HYDRAULIC CALCULATIONS  
for**

---

**Job Information**

Project Name : SISTEMA DE SUPRESION\_CEDI  
 Contract No. : City:  
 Project Location: SAN RAFAEL ALAJUELA Date: 10/10/2017

---

**Contractor Information**

Name of Contractor:  
 Address: City:  
 Phone Number: E-mail:  
 Name of Designer: DANIEL SOLANO\_GRUPO ABC  
 Authority Having Jurisdiction:

---

**Design**

Remote Area Name	CEDI_DOC
Remote Area Location	
Occupancy Classification	Miscellaneous Storage_Plastics A
Density (gpm/ft <sup>2</sup> )	1,78
Area of Application (ft <sup>2</sup> )	1200
Coverage per Sprinkler (ft <sup>2</sup> )	100
Number of Calculated Sprinklers	12
In-Rack Demand (gpm)	0
Special Heads	
Hose Streams (gpm)	0
Total Water Required (incl. Hose Streams) (gpm)	2166,6
Required Pressure at Source (psi)	123,7
Type of System	Dry
Volume - Entire System (gal)	2422,2 gal

---

**Water Supply Information**

Date	
Location	Cuarto de maquinas
Source	Bomba 2500 GPM

---

**Notes**

*Figura 46. Información obtenida de la simulación realizada en el software para la zona del CEDI Docks*

Fuente: SprinkCALC

De igual forma, se simuló la zona de Docks del CEDI para verificar que la presión y caudal requeridos para este recinto pudieran ser suplidos por la capacidad del sistema de bombeo. Por lo que se muestra en la figura 47, la necesidad del sistema en esa zona es cubierta sin problema por las capacidades hidráulicas de la bomba.

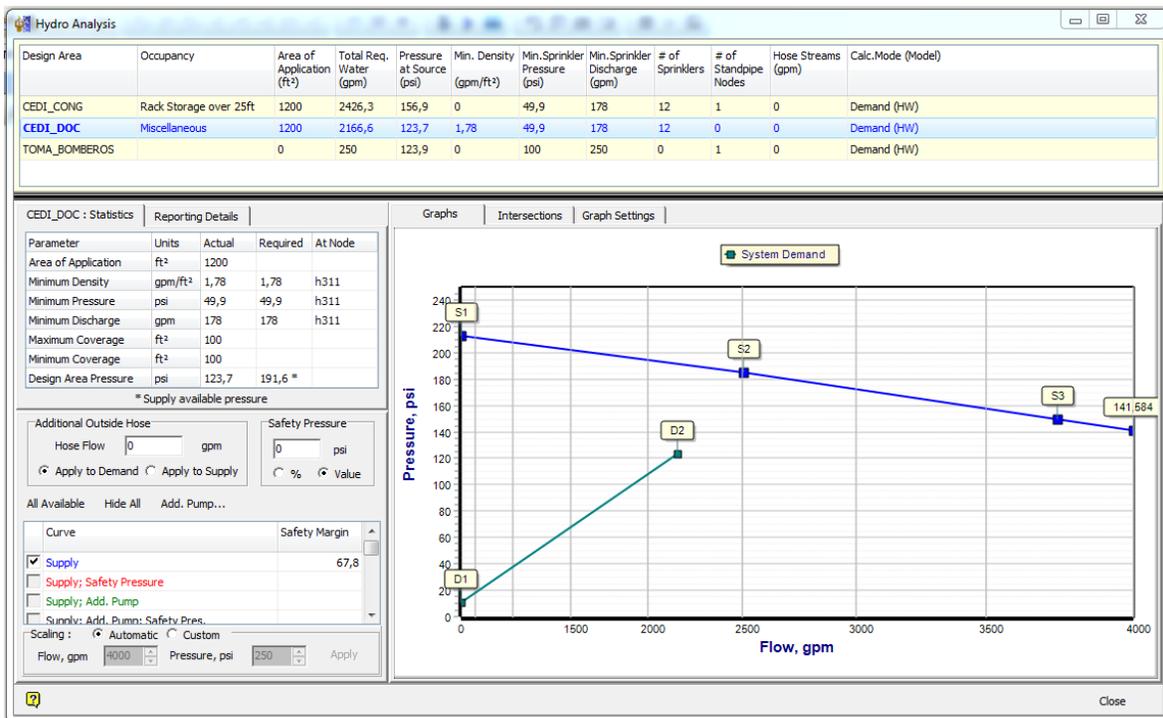


Figura 47. Distribución de tubería con área crítica, para la simulación de la zona de Docks del CEDI. Datos obtenidos de la eficiencia de la bomba del sistema

## Anexos

### **Anexo A. Requerimientos hechos por Factory Mutual**

En esta sección se muestran algunas de las recomendaciones y requerimientos realizados por el ente asegurador, en este caso, Factory Mutual. El texto se encuentra en inglés debido a que es una empresa estadounidense y se necesitó realizar cada una de las consultas en dicha lengua.

#### **Automatic Sprinklers:**

- a. *For the freezer area containing back-to-back and multi-row racks to 12655 mm (41.5') the following is recommended:*
  - i. *Install a double interlocked, pre-action ceiling level sprinkler system utilizing K25.2, 160F (71C) rated, Specific Application Upright sprinklers. The sprinklers should be hydraulically designed to provide 12 heads at 50 psi (3.44 bar). (Storage-Specific Application Viking VK598 Part number 19522A or equivalent)\**
  - ii. *The system should be interlocked with an early warning smoke detection system, sampling air at the ceiling level and upstream of any air handlers. The air sampling system should be location specific engineered by the manufacturer. See attachment below, Aspirating Smoke Detection in Cold Environments & Freezers.*
  - iii. *Piping for the preaction sprinkler systems should be galvanized pipe in accordance with ASTM A795/A795M and NFPA 13*
  - iv. *The sprinkler system should be installed in accordance with NFPA 13. All components should be UL Listed and/or FM Approved.*
  - v. *The sprinkler hydraulic designs should incorporate a 500 gpm (18931 lpm) allowance for hose streams.*
  - vi. *A sprinkler head should be placed such that the floor area under each dock door will be fully protected if the doors shield the floor space when opened.*
  - vii. *See VK 598 HEADS FOR 45' PULL SPEC SHEET WITH VESDA RELEASE. No dropped ceiling preaction, double interlocked installed per VESDA SPECS.*
  - viii. *Air for the preaction systems should be taken from the freezer area and compressed in conjunction with an air dryer and coalescer filter in accordance with NFPA 13, Figure A.7.8.2.4.*

- b. *For the office areas a wet pipe sprinkler system designed to provide 0.15 gpm/sq.ft. (6.1 mm/min) should be provided for the most remote 2000 sq.ft. area (186 sq.m)*
- c. *A line of sprinklers should be provided below the canopy for the truck docks, designed to provide 0.30 gpm (12.2 mm/min) over the most remote 2500 sq.ft. (232 sq.m.)*

**Water supplies:** *A new water tank is planned for the facility to supply the recommended water supply. Sprinkler demand will require a fire pump(s) to supply the required sprinkler flows and pressure. The fire pump(s) should be diesel driven and installer per NFPA 20. Tank size should be adequate to supply the sprinkler systems for one hour duration including sprinklers and hose streams.*

**Manual Protection:**

- a. *Inside hose stations should be provided only if required by local authorities.*
- b. *Portable fire extinguishers should be provided throughout in accordance with NFPA*
- c. *Hose stations should be provided in the warehouse area only as required by local codes.*
- d. *Portable fire extinguishers should be provided in accordance with NFPA 10, 2013, Portable Fire Extinguishers. In areas containing food products in process or storage, the use of properly rated Clean Agent Fire Extinguishers is encouraged.*

*(Global Risk Consultants, 2017, p.3)*

A modo de resumen en el texto anteriormente mostrado, se mencionan aspectos de selección de equipos, criterios de diseño a nivel de rociadores, extintores, tuberías y suministros de agua para el sistema.

## Anexo B. Máxima protección de cobertura por rociador

A continuación, se detallan las tablas de la máxima área de protección de cobertura por rociador. Tomadas de la NFPA 13, sección 8.6.2.2. Para el correcto dimensionamiento del sistema de supresión para riesgos ligero, ordinario y por almacenamiento en pilas altas.

*Tabla 23. Áreas de protección y espaciamiento máximo para riesgo ligero.*

Tipo de construcción	Tipo de Sistema	Área de protección		Espaciamiento máximo	
		ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	ft	m
Incombustible obstruida y sin obstrucciones, y combustible sin obstrucciones con miembros a 3 pies o más entre centros	Por tablas de cálculos	200	18,6	15	4,6
Incombustible obstruida y sin obstrucciones, y combustible sin obstrucciones con miembros a 3 pies o más entre centros	Calculado hidráulicamente	225	20,9	15	4,6
Combustible obstruida con miembros a 3 pies o más entre centros	Todos	168	15,6	15	4,6
Combustible obstruida o sin obstrucciones con miembros a menos de 3 pies entre centros	Todos	130	12,1	15	4,6
Espacio oculto combustible bajo un techo inclinado que tienen viguetas de madera combustibles o construcción de armadura de madera con miembros a menos de 3 pies entre centros con pendientes que tienen inclinación de 4 a 12 o mayor	Todos	120	11,1	15	4,6

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 23 se utilizó para el cálculo de las áreas de protección y espaciamiento máximo para el caso de riesgo ordinario de zonas como oficinas, cuartos de máquinas, central de frío y las demás zonas aledañas al CEDI.

*Tabla 24. Área de protección y espaciamiento máximo para Riesgo Ordinario*

Tipo de construcción	Tipo de sistema	Área de protección		Espaciamiento máximo	
		ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	ft	m
Todos	Todos	130	12,1	15	4,6

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 25 muestra las dos posibilidades de diseño que se pueden utilizar para el caso de almacenamiento en pilas altas, la escogencia fue la que presenta una distancia menor entre rociadores, debido a la diferencia de alturas que presenta el recinto.

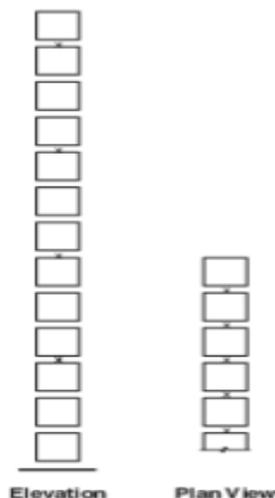
*Tabla 25. Áreas de protección y espaciamiento máximo para almacenamiento en pilas altas*

Tipo de construcción	Tipo de sistema	Área de protección		Espaciamiento máximo	
		ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	ft	m
Todos	Calculado hidráulicamente con densidad $\geq 0,25$	100	9,3	12	3,7
Todos	Calculado hidráulicamente con densidad $< 0,25$	130	12,1	15	4,6

Fuente: Elaboración propia

## Anexo C. Dimensionamiento en estanterías

La sección 16.3.4.1 de la NFPA 13 muestra las correctas configuraciones en la utilización de rociadores en almacenamiento por estanterías, para mercancías clase I, clase II, clase III o clase IV, a una altura por encima de los 7,6 m.



*Figura 48. Configuración para sistema de rociadores en estanterías, mercancías Clase I, Clase II o Clase III.*

### Notas:

Cada cuadro representa un cubo de almacenamiento que mide 1,22 y 1,53 de lado. Las alturas reales de carga pueden variar desde aproximadamente 0,46 m hasta 3,05 m tanto seis o siete cargas entre los rociadores en estanterías que están espaciados verticalmente 3,05m.

En la figura anterior se muestra la configuración para almacenamiento en estantería simple, dicha configuración se utiliza de igual manera para estantería doble. En la siguiente figura se muestra la configuración pertinente para el caso de multi estanterías.

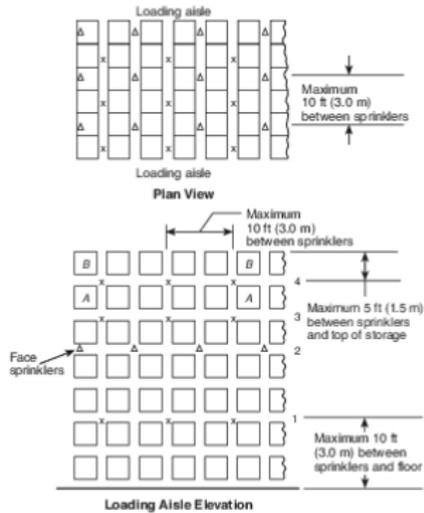


Figura 49. Configuración para sistema de rociadores en estanterías, mercancías Clase I, Clase II o Clase III, para altura de almacenamiento por encima de los 7,6 m.

Fuente: NFPA 13

#### Notas:

1. Los rociadores marcados 1, 2 y 3 deberán requerirse si las cargas marcadas A representan la parte superior del almacenamiento.
2. Los rociadores marcados 1, 2 y 4 deberán requerirse si las cargas marcadas B representan la parte superior del almacenamiento.
3. Para un almacenamiento más alto del representado por las cargas marcadas B, se repite el ciclo definido por las notas 1 y 2, con el escalonamiento indicado.
4. El símbolo  $\Delta$  o x indica rociadores escalonados vertical u horizontalmente.
5. Cada cuadro representa un cubo de almacenamiento que mide entre 1,22 m y 1,53 m de lado. Las alturas reales de carga pueden variar desde aproximadamente 0,46 m hasta 3,05 m. Por tanto, podría haber desde solo una carga o hasta tanto como seis o siete cargas entre rociadores en estanterías que están espaciado verticalmente 3,05 m.

## Anexo D. Cálculo del diámetro de tuberías

En la siguiente figura, se muestra la tabla completa para el dimensionamiento de las tuberías por el método tabulado, dicho método se utiliza únicamente para el caso de rociadores de respuesta estándar, para riesgo ligero y ordinario.

Steel		Copper	
1 in.	2 sprinklers	1 in.	2 sprinklers
1¼ in.	3 sprinklers	1¼ in.	3 sprinklers
1½ in.	5 sprinklers	1½ in.	5 sprinklers
2 in.	10 sprinklers	2 in.	12 sprinklers
2½ in.	20 sprinklers	2½ in.	25 sprinklers
3 in.	40 sprinklers	3 in.	45 sprinklers
3½ in.	65 sprinklers	3½ in.	75 sprinklers
4 in.	100 sprinklers	4 in.	115 sprinklers
5 in.	160 sprinklers	5 in.	180 sprinklers
6 in.	275 sprinklers	6 in.	300 sprinklers
8 in.	See Section 8.2	8 in.	See Section 8.2

For SI units, 1 in. = 25.4 mm.

Figura 50. Tabla para cálculo de tuberías, para rociadores tipo estándar, riesgo ordinario.

Fuente: NFPA 13, Sección 22.5.2.

Utilizado mucho en sistemas con configuración en anillo o ramificación.

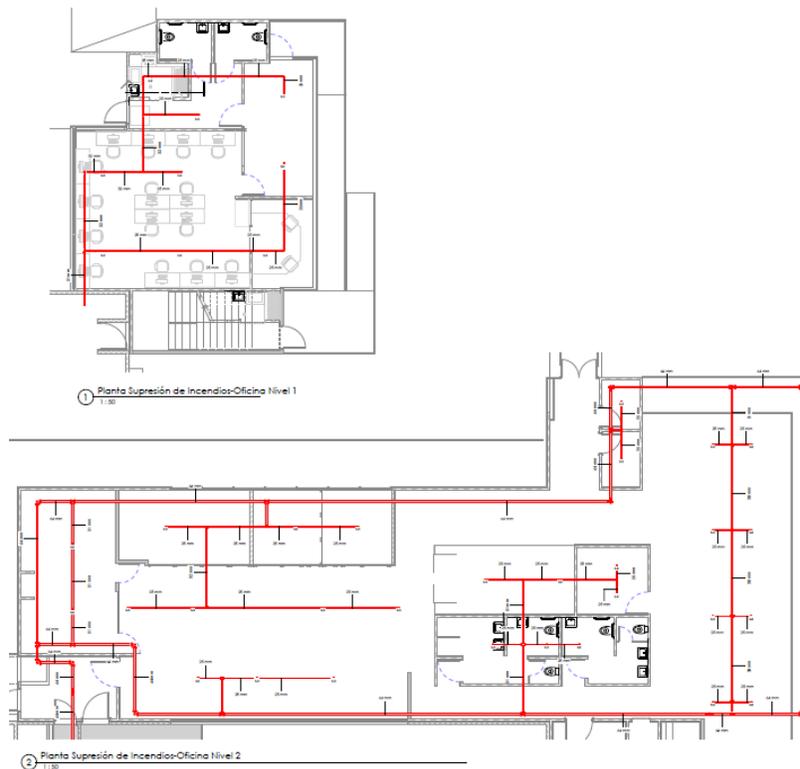


Figura 51. Configuración de sistemas de supresión en anillo. Zona Oficinas

Fuente: Elaboracion propia AutoCAD REVIT.

## Anexo E. Selección de la válvula de pre acción

Para la válvula de pre acción se eligió una válvula marca VIKING, modelo G-6000P, con sistema de doble enclavamiento y sistema de pre acción. En la figura 48 se muestran las características de la válvula.



### TECHNICAL DATA

**6" MODEL G-6000P**  
**DOUBLE INTERLOCK PREACTION**  
WITH ELECTRIC/PNEUMATIC RELEASE

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Drive, Hastings MI 49058  
 Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-818-1680 Email: techsvcs@vikingcorp.com

**1. DESCRIPTION**

Viking supervised Double-Interlocked Electric/Pneumatic Release Praction Systems utilize the Viking G-6000P Valve.

The small profile, lightweight, pilot operated Viking G-6000P Valve comes complete as shown in Figure 8. **The system piping is pressurized with air or nitrogen to serve both as a means of supervising the integrity of the piping network and as one portion of the system release operation.** This feature serves to prevent undetected leaks on the system piping network. If the system piping or a sprinkler is damaged, the supervisory pressure is reduced and a "low air" supervisory alarm is activated.

This pilot operated externally reset valve also includes an internal check diaphragm, which eliminates the need for a separate check valve being installed in the system riser.

Double-Interlocked Electric/Pneumatic release praction systems require the use of one 24 VDC Normally Closed electric solenoid and one pneumatic actuator. The electric solenoid is connected to a compatible release control panel and compatible detection devices. The pneumatic actuator is controlled by the air pressure that is contained within the sprinkler system piping. In fire conditions, both the solenoid and a sprinkler must open in order for the Praction valve to operate. When both the solenoid and pneumatic actuator open, the priming water is relieved from the internal prime chamber assembly. **The prime chamber assembly collapses, and water passes through the G-6000P Valve and internal check diaphragm to the system piping network. The entire sprinkler system fills with water.**

Double Interlock Electric/Pneumatic Release Praction Systems are commonly used in cold storage applications and other areas where it is important to control accidental water discharge due to inadvertent damage to the sprinkler piping.

**2. LISTING AND APPROVALS**

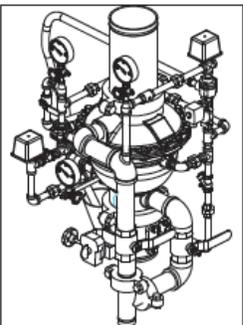
 cULus Listed: VLFT

 FM Approved: Refrigerated Area Sprinkler Systems

**3. TECHNICAL DATA**

**Specifications:**

Pressure Rating: 250 PSI (17.2 Bar) Water Working Pressure  
 Factory Hydrostatically Tested to: 500 psi (34.5 bar)  
 Friction Loss (Given in feet of Schedule 40 pipe based on Hazen & Williams formula C = 120):  
     Model G-6000P Valve: 44.88'  
     12" Section of Pipe: 1'  
     Water Supply Control Valve: 14.7'  
 Model G-6000P Valve C<sub>v</sub> Factor: 811  
 Valve Color: Black  
**Material Specifications:**  
 Refer to Figure 11.  
**Ordering Information:**



$$Q = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{S}}$$

Q = Flow  
 C<sub>v</sub> = Flow Factor (GPM/1 PSI ΔP)  
 ΔP = Pressure Loss through Valve  
 S = Specific Gravity of Fluid

Figura 52. Modelo G-6000P, válvula de pre acción marca VIKING, con sistema de doble enclavamiento

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

## Anexo F. Selección del compresor

Para la selección del compresor se utilizó el siguiente procedimiento dado por VIKING para obtener el volumen que debe de suplir el compresor para el sistema seco de rociadores. En la figura 49, se muestran los datos utilizados para el cálculo de la capacidad de aire del compresor, en función del diámetro y distancia de la tubería (flecha roja). Luego de obtener ese valor y definir presión de la tubería y tiempo de llenado, se procede a utilizar la formula señalada por la flecha azul, dando como resultado el tamaño del compresor en cfm (pie cúbico por minuto).



The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Drive, Hastings MI 49058  
 Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-818-1680 Email: techsvcs@vikingcorp.com

**Table 1 - Pipe Capacity for Sizing Air Compressors**

Pipe Diameter		Capacity			
US	International	Schedule 40 (1" to 6") Schedule 30 (8")		Schedule 10	
		Gal / Ft	L / m	Gal / Ft	L / m
1"	DN25	0.045	0.559	0.049	0.608
1-1/4"	DN32	0.078	0.969	0.085	1.043
1-1/2"	DN40	0.106	1.316	0.115	1.428
2"	DN50	0.174	2.161	0.190	2.360
2-1/2"	DN65	0.248	3.080	0.283	3.515
3"	DN80	0.383	4.756	0.434	5.390
3-1/2"	DN90	0.513	6.370	0.577	7.165
4"	DN100	0.660	8.196	0.740	9.190
5"	DN125	1.040	12.915	1.144	14.206
6"	DN150	1.501	18.640	1.649	20.477
8"	DN200	2.680	33.032	2.776	30.472

For Metric Units 1 Ft. = 0.3048 M, 1 Gal. = 3.785L

**Table 2 - Air Pressure Settings**

System Pressure Settings	System Pressure	
	Up to 175 PSI (12 bar)	175 PSI (12 bar) to 250 PSI (17 bar)
<b>For Systems with Tank Mounted Compressors:</b>		
Air Maintenance Device	30 PSI (2.1 bar)	50 PSI (3.5 bar)
Air Supervisory Switch	25 PSI (1.7 bar)	45 PSI (3.1 bar)
<b>For Systems with Riser Mounted Compressors:</b>		
Compressor On/Off Switch	30 PSI (2.1 bar) / 40 PSI (2.8 bar)	50 PSI (3.4 bar) / 60 PSI (2.8 bar)
Air Supervisory Switch	25 PSI (1.72 bar)	45 PSI (3.10 bar)

**Table 3 - Quick Reference Compressor Size**

Compressor Size (HP)	Free Air @ 40 PSI (cfm)	Max System Size to Pump to 40 PSI in 30 Minutes (Gal)
1/8	1.0	90
1/3	2.0	180
1/2	3.1	300
1	5.9	600

must be installed in the field. Prior to G-8000P Valve maintenance, this section of pipe may be removed to provide clearance for lifting the cover from the valve body.

- The G-8000P Valve must be installed in an area not subject to freezing temperatures or physical damage. If required, provide a valve house (enclosure) with adequate heat around the G-8000P Valve and trim. Freezing temperatures will damage the G-8000P Valve. When corrosive atmospheres and/or contaminated water supplies are present, it is the owner's responsibility to verify compatibility with the Model G-8000P Valve and associated equipment.
- The Viking E-1 Accelerator should be installed at the location indicated in Figure 1 when required.

### B. Air Supply Design

#### 1. Air Compressor Size

Viking recommends tank-mounted air compressors for Double Interlock Electric/Pneumatic Release Preaktion Systems. The pneumatic actuator requires at least 30 PSI (2.1 bar) of air pressure to be established within the piping network for systems with water pressure up to 175 PSI (12.1 bar) and 50 PSI (3.4 bar) of air pressure for systems with water pressures up to 250 PSI (17.2 bar).

NFPA 13 requires the air supply to be capable of filling the entire sprinkler system to its required air pressure within 30 minutes. A common method of sizing an air compressor is to use the following formula:

**Compressor Size (cfm) =**  $\frac{V \times P}{7.48 \times 14.7 \times T}$

**Where:**  
 V = Volume  
 P = Required Air Pressure  
 T = Fill time (typically 30 min.)  
 7.48 = gal. / ft.<sup>3</sup>  
 14.7 = atmospheric pressure

**Example:**  
 System volume as determined by table 1 = 750 gallons  
 Required Air pressure = 30 psi (2.1 bar)

Compressor Size (cfm) =  $\frac{(750 \times 30)}{7.48 \times 14.7 \times 30} = 6.8 \text{ cfm}$

Figura 53. Hoja técnica del compresor, método cálculo para la capacidad de este

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

Luego de obtener ese valor de caudal y la presión de llenado máxima de 2,07 bares (30 psi), se seleccionó el compresor del catálogo de VIKING, marca General Air Products.

**GENERAL**  
AIR PRODUCTS  
*The Leading Manufacturer of Air Compressors  
for the Fire Protection Industry*

**OL Series OILLESS TANK MOUNTED COMPRESSORS**  
for Dry Pipe Sprinkler Systems



**UL** US

- A.S.M.E. Coded Tanks
- 1/2" Outlet Connections
- Thermal Overload Protection
- Fills System to 40 PSI in 30 Minutes (NFPA 13)
- Fully Automatic
- Direct Drive
- Air Intake Filter(s)
- Oil Less Piston Compressor
- UL Listed Pressure Switch
- Bubble Tight Air Check Valve
- Permanently Lubricated Bearings

**60 Cycle Units** - 50 Cycle Available, Consult Factory

System Capacity (gallons)**	Model Number	Average CFM*	Motor H.P.	Min. Wire Size **	Dimensions			Weight (lbs.)	Tank Capacity (gallons)
					L	W	H		
110†	OL11016ACT	1.33	1/6	12	33	11	23	100	10
215†	OL21533ACT	2.61	1/3	10	33	11	23	102	10
335	OL33550ACT	4.06	1/2	8	33	11	24	114	10
425	OL42575ACT	5.27	3/4	8	33	14	25	110	10
610	OL610V100ACT	7.40	1	8	33	14	25	124	10
900	OL900V150ACT	10.91	1 1/2	6	38	17	32	175	20
1200‡	OL1200V200ACT	14.55	2	10	38	17	32	180	20

Figura 54. Compresores marca General Air Products

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

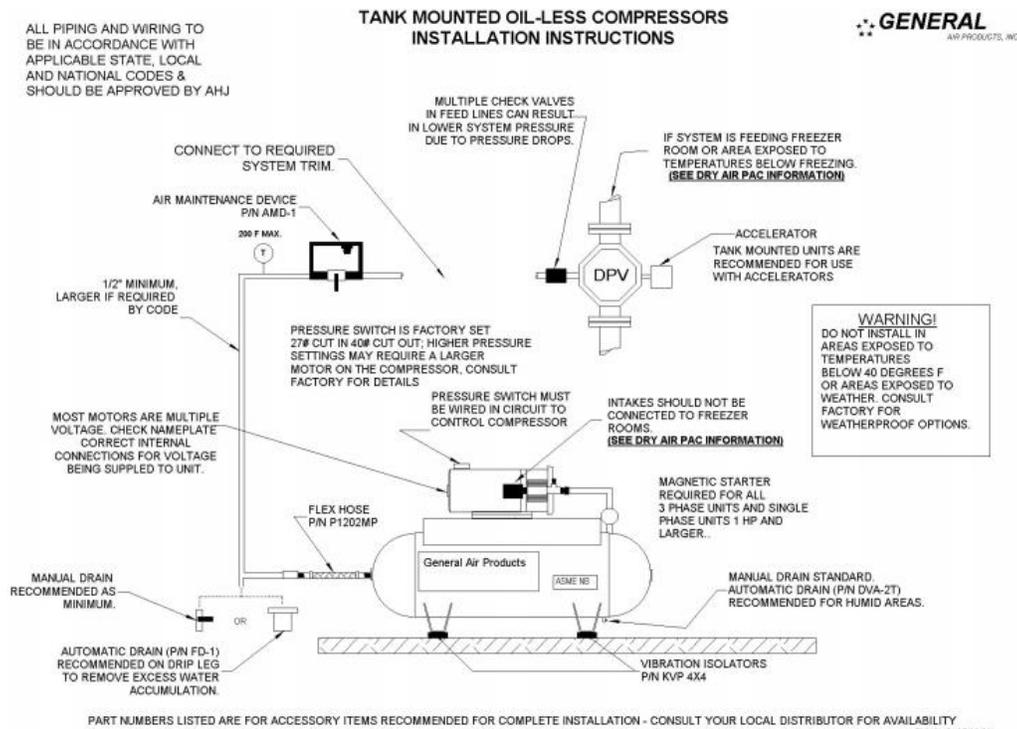
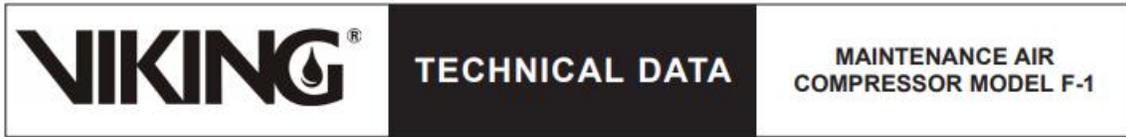


Figura 55. Detalles del compresor, marca General Air Products.

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

## Compresor de mantenimiento



The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Drive, Hastings MI 49058  
Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-818-1680 Email: techsvcs@vikingcorp.com

### 1. DESCRIPTION

The Viking Model F-1 Maintenance Air Compressor is an electric motor-driven, air-cooled, single-stage, oil-less compressor. The unit is equipped with a check valve and provides a regulated (by pressure switch setting) and restricted [60 Cycle - 2.1 SCFM at 0 PSI gauge to 1.5 SCFM at 50 PSI gauge] or (50 Cycle - 1.6 SCFM at 0 PSI gauge to 1.2 at 50 PSI (3.5 bar) gauge] air supply. A pressure relief valve is factory installed to prevent pressurizing the system piping above 65 PSI (4.5 bar). The Model F-1 is for use when system pressures are required to be over 20 PSI (1.0 bar).

The Viking Model F-1 Maintenance Air Compressor may be used to automatically maintain air pressure in a dry system after the system has been filled from a non-continuous air supply. It may be used as a basic air supply for dry systems of 150 gallons capacity or smaller.

#### 1-A FEATURES

- A. Carbon steel mounting bracket with stainless steel adjustable straps. One size bracket fits pipe sizes of 2"-10".
- B. Adjustable pressure switch.
- C. Check valve factory installed at the compressor outlet.
- D. A pressure relief valve is factory installed at the compressor outlet to prevent pressurizing the system piping above 65 PSI (4.5 bar).



Figura 56. Compresor de aire para mantenimiento modelo F-1

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

## Anexo G. Selección de los tipos de rociadores

En esta sección se mostrarán las hojas técnicas de los rociadores seleccionados y el criterio de selección.

- **Rociadores CEDI**

La selección de este rociador se realiza tomando en cuenta las especificaciones hechas por Factory Mutual, que solicitó un equipo que trabaje a 3,44 bares con un K de 363 y que su accionamiento se dé simultáneamente en 12 rociadores. El modelo seleccionado es VK598, respuestas estándar, marca VIKING.

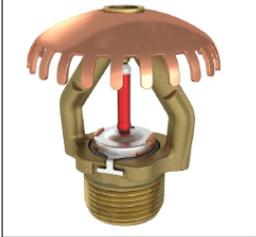
	<b>TECHNICAL DATA</b>	<b>STANDARD RESPONSE UPRIGHT SPRINKLER VK598 (K25.2)</b>
The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Drive, Hastings MI 49058 Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-818-1680 Email: techsvcs@vikingcorp.com Visit the Viking website for the latest edition of this technical data page <a href="http://www.vikinggroupinc.com">www.vikinggroupinc.com</a>		
<b>1. DESCRIPTION</b> <p>Viking Standard Response Upright Sprinkler VK598 is a thermosensitive glass bulb spray sprinkler available in various temperature ratings to meet design requirements. The 25.2 nominal K-Factor provides greater flows at lower pressures to protect higher ceiling and storage heights.</p> <p>VK598 may be used in the protection of open storage racks, solid piled, palletized, storage commodities, bin box, etc. Provides protection up to Class III commodities at a maximum storage height of 40ft. (12.2m) with ceiling heights of 45ft. (13.7m). Group A plastics (cartoned, unexpanded) protection to a maximum storage height of 25ft. (7.6m) with ceiling heights of 30ft. (9.1m). For additional storage arrangements and protection schemes refer to applicable FM Global Loss Prevention Data Sheets and the FM tables and charts within this Technical Data Sheet.</p>		
<b>2. LISTINGS AND APPROVALS</b> <p> <b>FM Approved:</b> Class 2029 Refer to Approval Chart 1 and Design Criteria for FM Approval requirements that must be followed. Approved for use in FM Approved vacuum dry sprinkler systems with a maximum supervisory vacuum pressure of -3 psi (-207 mbar).</p>		

Figura 57. Rociador montado marca VIKING, modelo VK598.

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

La figura 53 muestra las especificaciones técnicas del modelo VK598, donde se corrobora que la presión máxima de trabajo se encuentra por encima de la necesitada y que el factor K es el proporcionado por la empresa aseguradora.

### 3. TECHNICAL DATA

**Specifications:**

Maximum Working Pressure: 175 psi (12 bar). Factory tested hydrostatically to 500 psi (34.5 bar).

Thread size: 1" NPT or 25 mm BSP

Nominal K-Factor: 25.2 U.S. (363 metric\*)

\* Metric K-factor measurement shown is when pressure is measured in Bar. When pressure is measured in kPa, divide the metric K-factor shown by 10.0.

Glass-bulb fluid temperature rated to -65 °F (-55 °C)

Overall Length: 3-1/4" (83 mm)

Figura 58. Especificaciones técnicas del modelo VK598 del rociador marca VIKING

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

TABLE FOUR VK598 Upright Sprinkler for Refrigerated and Freezer Dry/Preaction Systems Class I - III Commodity Storage Open Frame Rack Storage after arrangements without need for in-rack sprinklers			
Heights		Description	Design Criteria
Ceiling (Up To and Including)	Storage (Up To and Including)		
45ft/13.7m	40ft/12.2m	Number of Sprinklers	12*
		Discharge Pressure (psi/kPa)	50/345*
		System Demand (gpm/lpm)	2140/8101*
		Hose Stream Demand	500gpm(1893lpm)/90min
40ft/12.2m	35ft/10.7m	Number of Sprinklers	24**
		Discharge Pressure (psi/kPa)	15/103**
		System Demand (gpm/lpm)	2342/8865**
		Hose Stream Demand	500gpm(1893lpm)/120min
30ft/9.1m	25ft/7.6m	Number of Sprinklers	25
		Discharge Pressure (psi/kPa)	10/69
		System Demand (gpm/lpm)	1992/7541
		Hose Stream Demand	500gpm(1893lpm)/120min
25ft/7.6m	20ft/6.1m	Number of Sprinklers	20
		Discharge Pressure (psi/kPa)	7/48
		System Demand (gpm/lpm)	1333/5046
		Hose Stream Demand	500gpm(1893lpm)/120min

\* Based upon water delivery of 20 seconds or less

Figura 59. Descripciones de diseño para el rociador modelo VK598.

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

En la figura 54 se muestran, con la flecha color rojo, los criterios de diseño que el rociador para la aplicación seleccionada y nivel de techo que se tenga, además resaltado con una línea color rojo se muestra el criterio de tiempo de respuesta en caso de un siniestro, el cual es de 20 s, el cual se utilizó para el cálculo de diámetros de tuberías para la zona del CEDI.

- **Rociadores “In Racks”**

Los rociadores seleccionados para las estanterías de mercancía son de tipo estándar y con un k de 80,6 según la norma NFPA 13 mostrada en la sección de anexos de este trabajo. En la figura 55, se muestra las características del rociador seleccionado.



## TECHNICAL DATA

### MICROFAST® QUICK RESPONSE UPRIGHT SPRINKLER VK300 (K5.6)

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Drive, Hastings MI 49058

Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-818-1680 Email: techsvcs@vikingcorp.com

Visit the Viking website for the latest edition of this technical data page: [www.vikinggroupinc.com](http://www.vikinggroupinc.com)

#### 1. DESCRIPTION

The Viking Microfast® Quick Response Upright Sprinkler VK300 is a small, thermosensitive, glass-bulb spray sprinkler available in several different finishes and temperature ratings to meet design requirements. The special Polyester and Electroless Nickel PTFE (ENT) coatings can be used in decorative applications where colors are desired. In addition, these coatings have been investigated for installation in corrosive atmospheres and are listed/approved as corrosion resistant as indicated in the Approval Charts. (Note: **FM global approves the ENT coating as corrosion resistant.** FM Global has no approval classification Polyester coatings as corrosion resistant.)



#### 2. LISTINGS AND APPROVALS



cULus Listed: Category VNIIV



FM Approved: Classes 2002 and 2020

Refer to Approval Charts and Design Criteria for listing and approval requirements that must be followed.

#### 3. TECHNICAL DATA

##### Specifications:

Minimum Operating Pressure: 7 psi (0.5 bar)\*

Maximum Working Pressure: 175 psi (12 bar) wwp.

Factory tested hydrostatically to 500 psi (34.5 bar)

Testing: U.S.A. Patent No. 4,831,870

Thread size: 1/2" NPT, 15 mm BSP

Nominal K-Factor: 5.6 U.S. (80.6 metric\*\*)

Glass-bulb fluid temperature rated to -65 °F (-55 °C)

Overall Length: 2-3/16" (56 mm)

\*cULus Listing, FM Approval, and NFPA 13 installs require a minimum of 7 psi (0.5 bar). The minimum operating pressure for LPCB and CE Approvals ONLY is 5 psi (0.35 bar).

*Figura 60. Rociador de tipo montado, modelo VK530 marca VIKING*

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

- **Rociadores del cuarto máquinas, central de frío, carga de baterías y oficinas**

Para las zonas de cuarto de máquinas, central de frío y carga de baterías, la norma las clasifica como riesgo ordinario. Para el área de oficinas, el ente asegurador pide categorizar esta zona de igual forma que las anteriormente mencionadas, para garantizar la correcta supresión en dado caso para este recinto. Para dicha categorización de riesgo se necesita utilizar un factor de k 161,3.



## TECHNICAL DATA

### STANDARD RESPONSE ELO UPRIGHT SPRINKLER VK530 (STORAGE-DENSITY/AREA)

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Drive, Hastings MI 49058  
Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-818-1680 Email: techsvcs@vikingcorp.com  
Visit the Viking website for the latest edition of this technical data page.

#### 1. DESCRIPTION

The Viking Standard Response ELO Upright Sprinkler VK530 is a thermo-sensitive glass bulb spray sprinkler available in several different finishes and temperature ratings to meet design requirements. The special Polyester, PTFE, and Electroless Nickel PTFE (ENT) coatings can be used in decorative applications where colors are desired. In addition, these coatings have been investigated for installation in corrosive atmospheres and are listed/approved as corrosion resistant as indicated in the Approval Charts. (Note: **FM Global approves the ENT coating as corrosion resistant.** FM Global has no approval classification for PTFE and Polyester coatings as corrosion resistant.)

The extra-large orifice provides greater flows at lower pressures than standard orifice or large orifice sprinklers. This feature allows reduced pipe sizing for hydraulically calculated sprinkler systems, which require high densities of water. Viking Standard Response Extra-Large Orifice Sprinklers may eliminate the need for a fire pump or reduce the size of the pump if it is required. On existing systems, replacing large orifice sprinklers with extra-large orifice sprinklers may provide the higher densities required to allow an increase in the hazard classification of an occupancy.

Viking standard response sprinklers may be ordered and/or used as open sprinklers (glass bulb and pip cap assembly removed) on deluge systems. Refer to Ordering Instructions below.



#### 3. TECHNICAL DATA

##### Specifications:

Available since 1992.

Maximum Working Pressure: 175 psi (12 bar). Factory tested hydrostatically to 500 psi (34.5 bar).

Thread size: 3/4" NPT or 20 mm BSP

Nominal K-Factor: 11.2 U.S. (161.3 metric\*)

\*Metric K-factor measurement shown is when pressure is measured in Bar. When pressure is measured in kPa, divide the metric K-factor shown by 10.0.

Glass-bulb fluid temperature rated to -65 °F (-55 °C)

Overall Length: 2-5/16" (58.7 mm)

*Figura 61. Rociador de tipo montado, modelo VK530 marca VIKING*

Fuente: VIKING Group Inc. (2017)

## Anexo H. Selección de la bomba

En esta sección se encuentran las hojas técnicas de la bomba principal y Jockey del sistema de bombeo. En la figura 57, se pueden ver las curvas características de la bomba principal. De igual forma, en la figura 58, se encuentran las curvas características de la Bomba Jokey.

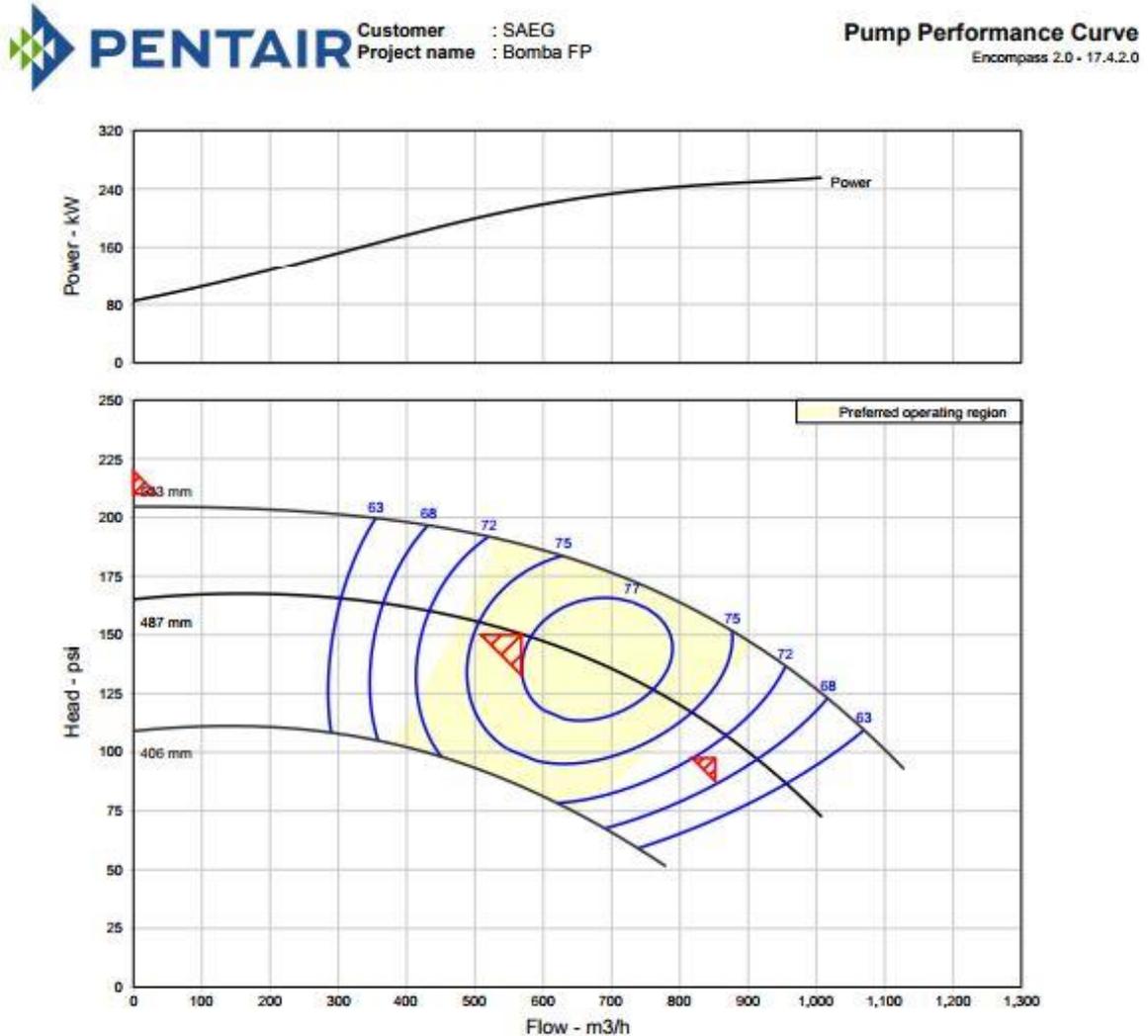


Figura 62. Información de las curvas características de la bomba principal seleccionada

Fuente: PENTAIR (2017)

**Nota:** Los triángulos que se visualizan en el gráfico son las tres capacidades de operación que reglamenta la norma NFPA 20 (caudal cero, caudal nominal y 150% de la capacidad nominal.)

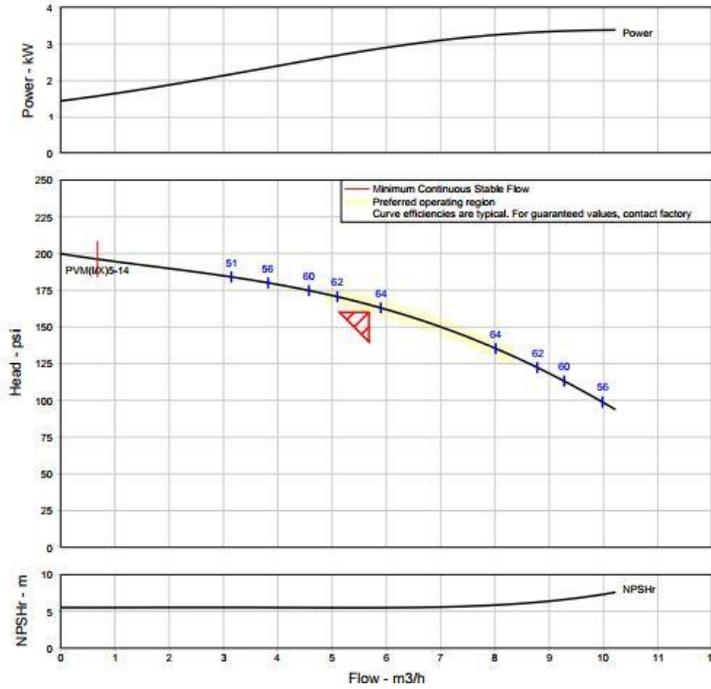


Figura 63. Información de las curvas características de la bomba Jockey seleccionada

Fuente: PENTAIR (2017)

Pump Data		Engine Data	
Series	Horizontal Splinecase	Engine Model	DQ5H-UFAA9B
Model	8-481-21A	Power Rated	306 kW
Size	8x10x21A	Power Available	279 kW
Flow	567.8 m3/h	Speed	1760 rpm
Rated Pressure	10.34 bar.g	Tier	T0
RPM	1760 rpm	Manufacturer	Clarke
Rotation	Right handed	Cooling Type	Heat exchanger
Liquid Type	Water	Heater Voltage	115 Volt
Discharge Size	203 mm	Muffler Type	Commercial Grade, 6" (Qty 1)
Suction Size	254 mm	Exhaust Connection	Flanged
Impeller Diameter	489 mm	Battery Type	Lead acid
Connection Type	Flanged	Battery Voltage	24 Volt DC
Base Type	Structural steel base	Site Information	
-	-	Elevation	900.0 m
Pump Materials of Construction		Temperature	30.00 deg C
		Estimated Weights	
Pump	Bronze fitted with Cast Iron casing	Pump	476.3 kg
Shaft	High Strength Alloy Steel e.t.d.-1.50	Driver	1,134.0 kg
		Quote Information	
		Customer	SAEG
		Customer Quote	706436
		Job Name	Bomba FP
		Market	-
		Quote Item	001
		Quote Date	25 Sep 2017

Figura 64. Hoja de datos resumen de la bomba principal, marca PENTAIR

Fuente: PENTAIR (2017)

## Anexo I. Selección del tanque de almacenamiento

Capacidad necesitada aproximadamente



**STANDARD BOLTED TANK CAPACITIES**

TANK		HEIGHTS															
DIAMETERS (FEET)	DIAMETERS (METERS)	8'-1/2"	16'-1"	24'-1 1/2"	32'-2"	40'-2 1/2"	48'-3"	56'-3 1/2"	64'-4"	feet	meters	feet	meters	feet	meters	feet	meters
9'-2 3/4	2.813	4,023	8,047	12,073	16,097	20,121	24,145	28,169	32,193	15	4.57	30	9.14	45	13.71	60	18.28
12'-3 11/16"	3.751	7,155	14,309	21,468	28,624	35,780	42,936	50,092	57,248	27	8.13	54	15.50	81	23.77	108	30.82
15'-4 5/8	4.690	11,181	22,362	33,549	44,733	55,915	67,099	78,282	89,464	42	12.80	85	24.40	127	36.60	169	50.61
17'-2 1/4"	5.239	13,955	27,910	41,874	55,832	69,789	83,747	97,705	111,662	53	16.15	106	31.80	159	47.22	211	61.28
18'-5 9/16"	5.628	16,104	32,208	48,322	64,429	80,535	96,643	112,751	128,857	61	18.60	122	36.92	183	52.82	244	71.33
21'-6 1/2"	6.567	21,920	43,841	65,775	87,701	109,624	131,550	153,476	175,399	83	25.29	166	50.59	249	72.83	332	101.40
23'-9 3/16"	7.244	26,679	53,359	80,055	106,741	133,424	160,110	186,796	213,478	101	30.83	202	60.66	303	92.01	404	117.01
25'-9 3/8"	7.859	31,396	62,792	94,208	125,612	157,012	188,416	219,820	251,220	119	34.80	238	69.60	357	102.01	476	135.82
29'-8 1/8"	8.755	39,766	79,536	119,308	159,085	198,874	238,674	278,496	318,339	142	43.61	284	86.42	426	124.83	568	164.59
29'-8 5/8"	9.059	41,720	83,440	125,166	166,917	208,642	250,373	292,103	333,829	158	47.22	316	92.01	474	135.33	632	183.59
32'-8 3/16"	9.962	50,454	100,908	151,393	201,860	252,320	302,786	353,253	403,713	191	55.17	382	108.01	573	164.59	764	218.40
34'-2"	10.415	55,143	110,286	165,464	220,620	275,770	330,927	386,084	441,234	209	60.66	418	120.59	626	180.77	835	240.40
38'-7 5/8"	11.777	70,508	141,016	211,568	282,094	352,611	423,137	493,662	564,179	267	81.30	534	155.59	801	234.40	1068	321.40
40'-1 5/16"	12.226	75,991	151,982	228,020	304,030	380,030	456,040	532,049	608,050	288	87.77	575	165.59	863	258.40	1151	341.40

Figura 65. Selección del tanque de almacenamiento de agua, marca Superior Tank Company Inc.

Fuente: Superior Tank Company Inc. (2017).

## Anexo J. Selección de los extintores

A continuación, se detalla la marca y el modelo de los extintores seleccionados. Las baterías se componen de un extintor de agua (H<sub>2</sub>O) y otro dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), almacenados en un gabinete.



**Amerex Corporation**

**ROBUSTO**

- 5 Años de Garantía de Manufactura
- Diseño Presurizado
- Cilindros de Acero Inoxidable
- Durable Pintura en Polvo Brillosa de Poliéster
- Todas sus Válvulas de Construcción de Metal
- Exclusivo Libre de Crevices, Cilindro Soldado
- Rango de Temperatura +40°F a 120°F

**SEGURO PARA USO EN LOS MRI**

- Construcción Non-magnética Aprobado por Agencia Independiente para su uso en Facilidades de MRI (incluyendo su colgador de pared)

**LIMPIO**

- Non-toxico – No Causa Problemas Respiratorios
- Usa Agua De-ionizada como Agente Extintor (Vendido por separado)
- Terminado en Pintura Blanca Sanitaria (fácil de limpiar)
- No Residuos de Polvo

**AMISTOSO AL USUARIO**

- La Manguera Provee Gran Seguridad al Operador
- Aro Grande de Acero Inoxidable para su Halado
- Máxima Visibilidad Durante su Descarga
- No Conductividad Eléctrica para el Operador
- No Impacto Térmico ni Estático
- Mínimo Entrenamiento - Simple de Usar
- Agente más Económico Disponible
- Etiquetas con Código de Barras Bi-lingüe

**OPCIONES**

- Aprobado por la USCG con abrazadera listada con Etiquetas de la UL
- También vienen en Cilindros de Acero Inoxidable Pulidos



B270NM      B272NM



**NO-MAGNETICO**

Probados a ANSI/UL 711  
Para Listados de Clase C

Agua De Rocío

Figura 66. Extintor tipo A y C, agente extintor agua de rocío Marca Amarex

Seguro para ser usado en los cuartos de MRI y con equipos energéticos		
AGENT TYPE	DE-IONIZED WATER	
DESIGN	HOSE & WAND	
MODEL NUMBER	B270NM	B272NM
UL RATING	2A:C	2A:C
CAPACITY	1.75 GAL	2.5 GAL
SHIPPING WT. (LBS. EMPTY)	7	8
HEIGHT (IN.)	19	24.5
HEIGHT WITH HOSE AND WAND INSTALLED (IN.)	24.5	27.5
WIDTH (IN.)	11	11
DEPTH (IN.)	7	7
RANGE (INITIAL- FT)	10-12	10-12
DISCHARGE TIME (SEC.)	72	80
INCLUDED BRACKET	NM WALL	NM WALL

**Manufacturado y Probado por los Estándares ANSI/UL Cumple con los Estándares de la NFPA 10 ISO-9001 / ISO-14001 Certificado LISTADO POR LA UL**

**CONFORME A LOS ESTÁNDARES DE PRUEBAS:**

CAN/ULC-S554 - ANSI/UL8 & CAN/ULC-S508 - ANSI/UL711

Figura 67. Datos técnicos extintor de agua de rocío, modelo B272NM

Fuente: AMEREX Corporation (2017)



### Amerex Corporation

**ROBUSTO**

- 5 Años de Garantía de Manufactura
- Todas sus Válvulas de Construcción de Metal
- Cilindros de Aluminio libre a la corrosión
- Durable Pintura en Polvo Brillosa de Poliéster
- Temperature Range -22°F to 120°F

**AMISTOSO AL USUARIO**

- Cumple Con Los Mayores Requerimientos en Equipos de Hospitales
- Grande Aro para su Halado de Acero Inoxidable Modelo 322NM
- Independientemente Probado y Aprobado para uso en Cuartos de MRI a 7 Tesla
- Modelo 322NM Con su Terminado de Pintura Blanca Sanitaria (fácil de limpiar)
- Etiquetas con Código de Barras Bi-lingüe

**OPCIONES**

- USCG Aprobado con Abrazadera Listada por la UL



MODELOS  
331 332  
322 330



También obtenible en unidades rodantes de 50 y 100 lb. y 100 lb. unidad estacionaria.

Modelo 322NM  
NO-MAGNÉTICO  
MRI SEGURO PARA 7 TESLA  
(USA COLGADOR DE PARED 17737 - INCLUIDO)



**DIÓXIDO DE CARBÓN** es descargado como una nube blanca de "nieve" la cual asfixia el fuego eliminando oxígeno. Este es efectivo para líquidos inflamables de Clase B y es un gas no-conductivo eléctricamente. El Dióxido de Carbono es un gas limpio. No-contaminante, sin olor.

Figura 68. Extintor tipo B y C, agente extintor dióxido de carbono marca Amarex.

**Modelos Non-magneticos en existencia ( Modelo 322NM – Aprobado a 7 Tesla)**

AGENT TYPE	CARBON DIOXIDE				
	CHROME PLATED BRASS				
VALVE TYPE	HORN				
DESIGN	HORN		HOSE & HORN		
MODEL NUMBER	322	322NM	330	331	332
UL RATING	5B:C	5B:C	10B:C	10B:C	10B:C
CAPACITY (LBS.)	5	5	10	15	20
SHIPPING WT. (LBS.)	14	14	28.25	37.75	50.75
HEIGHT (IN.)	17.75	17.75	24	30	30
WIDTH (IN.)	8.25	8.25	12	12	13
DEPTH (IN.)	5.25	5.25	7	7	8
RANGE (INITIAL- FT)	3-8	3-8	3-8	3-8	3-8
DISCHARGE TIME (SEC.)	10	10	10	12.5	19
FM APPROVED	YES	YES	YES	YES	YES
INCLUDED BRACKET	WALL	NM WALL	WALL	WALL	WALL

Manufacturado y Probado a los Estándares ANSI/UL Cumple con los Estándares de la NFPA 10 ISO-9001 / ISO-14001 Certificado LISTADO POR LA UL

CONFORME A LOS ESTÁNDARES DE PRUEBAS:

CAN/ULC-S503 - ANSI/UL 154 & CAN/ULC-S508 - ANSI/UL 711

Figura 69. Datos técnicos extintor de dióxido de carbono, modelo 330.

Fuente: AMEREX Corporation (2017)