

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Diseño de sistema contraincendios que evite el daño de los componentes de los hornos e inactividad del proceso de fabricación de galletas Noel, ocasionados por la detención de la malla de transporte del horno

José Johan Gómez Muñoz
Osvaldo Pérez Pineda

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Electromecánico

Asesor(es):
Carlos Alberto Acevedo Álvarez, IM

Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM
Facultad de Ingenierías
Departamento Electromecánica
Medellín, Colombia
2022

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RESUMEN

El gobierno colombiano en los últimos años está implementando y exigiendo todas las normas de protección y seguridad en edificios, locales comerciales y empresas. La cuales, están enfocadas a proteger la integridad y salud de las personas o seres humanos que las habitan diariamente como de los equipos o máquinas utilizadas por estas personas.

La Compañía de galletas Noel, es una empresa productora de galletas, la cual goza de gran renombre a nivel nacional e internacional, por sus galletas de alta calidad y buen sabor. Esta cuenta, en su proceso productivo con hornos de cocción que funcionan con gas, los cuales, son los encargados de extraer la humedad contenida en la materia prima (masa).

En estos hornos, las galletas deben permanecer 5 minutos a una temperatura entre 220 y 260 °C para obtener el resultado esperado en crocancia y sabor, pero algunas veces el proceso de transporte de las galletas realizado por la malla interna del horno se ve afectado por apagones o atascamientos, generando un conato de incendio dentro del horno, el cual, debe ser detenido inmediatamente para evitar un incendio y el daño de componentes eléctricos y electrónicos del horno, los cuales son costosos.

En este trabajo, se encuentra el diseño detallado de un sistema contra incendios, el cual, estará destinado a detener y garantizar la seguridad del proceso cocción de las galletas en caso de conato de incendio dentro del horno *Reading Bakery* de line Thomas Lgreen utilizado por la empresa Noel.

Palabras clave: sistema contra incendios, normas de seguridad, componentes eléctricos y electrónicos, conato de incendio, hornos de cocción.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos a nuestras familias por su cariño y apoyo incondicional en momentos difíciles de la carrera, impulsándonos a no desfallecer ante las adversidades, pero a aprender de los errores cometidos.

También agradecemos a nuestro asesor Carlos Alberto Acevedo Álvarez por ser parte de este proyecto, convirtiéndose en nuestro amigo y aliado en esta lucha por alcanzar nuestro sueño de ser ingenieros y mejorar nuestro nivel de vida.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Objetivo general	10
1.2 Objetivos específicos	11
2. MARCO TEÓRICO	12
2.1 Historia de la empresa Noel	12
2.2 Proceso de producción de galletas	12
2.3 Galletas y los hornos industriales de producción	13
2.4 Marcas de hornos industriales para galletas y afines	14
2.5 Sistemas contra incendios	17
2.5.1 Consideraciones	17
2.5.2 Componentes de un sistema contra incendios	20
2.6 Normas colombianas en sistemas contra incendios	21
2.7 Sistema a implementar	22
2.7.1 Sistema híbrido Vortex	22
2.7.2 ¿Como trabaja un Sistema de gas inerte?	23
2.7.3 ¿Como trabaja los sistemas de agua nebulizada?	24
2.7.4 Aspectos generales de operación /diseño de vortex	24
2.7.5 Componentes principales	25
2.7.6 Detalles del emisor: orificio de 1/2" (15mm) para el flujo del nitrógeno	25
2.7.7 Atomización de la suspensión homogénea del sistema Victaulic Vortex	26
2.7.8 Cantidad relativa de gotas por minuto	27
2.7.9 Área de superficie relativa de exposición al calor	27
2.7.10 Criterio de arreglo hojas de requerimos de distancia mínima para emisores vortex	28
2.7.11 Método integral del sistema vortex	28
2.7.12 Recarga en sitio de nitrógeno	29
2.7.13 Caja de batería auxiliar	29
2.7.14 Suministro de agua	29
2.7.15 Válvula de aguja automatizada Victaulic	30
2.7.16 Paquete de panel en un diseño típico de sistema	30

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

2.7.17 Paquete de panel en un diseño típico de sistema	31
2.7.18 Diseño de un sistema multi zonal típico	31
2.7.19 Diseño de un sistema multi zonal típico	32
2.7.20 Gabinete prefabricado	32
2.7.21 Solución Vortex	33
2.7.22 integración con sistemas de detección de incendio	34
2.7.23 Normatividad.....	34
3. METODOLOGÍA	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1 Investigación realizada	36
4.2 Posibles soluciones planteadas por el personal de la empresa en relación con las conflagraciones ocurridas dentro del horno de cocción de galletas	36
4.2.1 Solución N.1.....	36
4.2.2 Solución N.2.....	36
4.2.3 Solución N.3.....	37
4.3 Parámetros de funcionamiento del proceso de cocción	37
4.4 Matriz de ponderación	37
4.5 Diseño de la red contra incendios	38
4.5.1 Parámetros de diseño red hidráulica.....	39
4.5.2 Caracterización de la empresa y área a intervenir.....	41
4.5.3 Clasificación de riesgo según normatividad.....	41
4.5.4 Antecedentes	46
4.5.5 Parámetros generales.....	52
4.5.6 Diseño hidráulico	53
4.5.7 Rociadores o Emisores automáticos.....	53
4.5.8 Determinación de la presión necesaria	59
4.5.9 Cálculo del tanque de abastecimiento de fluido	62
4.5.10 Cálculos hidráulicos para zona de cobertura de la red contra incendios.....	62
4.5.11 Accesorios tenidos en cuenta en la matriz de cálculos.....	69
4.5.12 Teoría para realizar los cálculos de pérdida de presión en una tubería de nitrógeno	70
4.5.13 Un enfoque simplificado	73
4.5.14 Codos, T y otros accesorios	75

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.5.15 Resumen de los cálculos de pérdida de presión	78
4.5.16 Aplicación del cálculo de presión a un sistema Victaulic Vortex.....	79
4.5.17 Cálculo de una configuración óptima del transductor de presión	80
4.5.18 Cálculo de la presión de salida del panel.....	81
4.5.19 Cálculos de pérdida de presión en una tubería de nitrógeno.....	81
4.5.20 Tubería ASTM A53 de 2.5” Sch 10	84
4.5.21 Tubería ASTM A53 de 1” Sch 10	89
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	98
5.1 Conclusiones	98
5.2 Recomendaciones	99
5.3 Trabajo Futuro.....	100
6. REFERENCIAS	101
ANEXOS.....	103

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Proceso de fabricación de galletas.	13
Figura 2 Uno de los primeros hornos de la historia hecho de barro y piedra.....	14
Figura 3 Modelo de horno Baker de convección directa utilizado en la fábrica de galletas Noel.	15
Figura 4 Transferencia de calor horno de convección directa de la fábrica de galletas Noel.	17
Figura 5 Tipos de fuegos.....	18
Figura 6 Movimiento de los gases durante una conflagración.	19
Figura 7 Tipos de detectores utilizados en sistemas contraincendios.	20
Figura 8 Sistema híbrido Vortex.	22
Figura 9 Sistema híbrido Vortex.	23
Figura 10 Sistema de gas inerte.	24
Figura 11 Sistema de agua nebulizada.	24
Figura 12 Componentes principales sistema Vortex.	25
Figura 13 Emisor orificio de 1/2" (15mm) para el flujo del nitrógeno.	25
Figura 14 Ejemplo de ondas de choque en el deflector.	26
Figura 15 Atomización de la suspensión homogénea del sistema Victaulic Vortex.....	26
Figura 16 Cantidad relativa de gotas por minuto.	27
Figura 17 Área de superficie relativa de exposición al calor.....	27
Figura 18 Hoja de requerimientos de distancia mínima para emisores Vortex.....	28
Figura 19 Método integral del sistema vortex.	28
Figura 20 Recarga de nitrógeno.	29
Figura 21 Caja de batería auxiliar.	29
Figura 22 Suministro de agua.....	30
Figura 23 Válvula de aguja automatizada Victaulic.	30
Figura 24 Paquete de panel en un diseño típico de sistema.	31
Figura 25 Paquete de panel en un diseño típico de sistema.	31
Figura 26 Diseño de un sistema multi zonal típico.	31
Figura 27 Diseño de un sistema multi zonal típico.	32
Figura 28 Gabinete prefabricado.....	32
Figura 29 Instalaciones de red Vortex.	34
Figura 30 Integración con sistemas de detección de incendio.	34
Figura 31 Plano de planta 1.....	43
Figura 32 Plano de planta 1.1.....	44
Figura 33 Incendio en la salida de Horno 4.	47
Figura 34 Conato1 registrado.....	47
Figura 35 Conato 2 registrado.....	48
Figura 36 Conato 3 registrado.....	48
Figura 37 Conato 4 registrado.....	49

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Figura 38 Diseño de ubicación de emisores en campana de extracción, chimenea de extracción y malla posterior a campana de extracción.....	51
Figura 39 Diseño de descargas de las campanas 1.	51
Figura 40 Diseño de descargas de las campanas 2.	51
Figura 41 Relación Densidad de Descarga vs Área de Cobertura.	53
Figura 42 Emisor de extinción de incendios híbrido Victaulic Vortex 1500 Serie 953.	54
Figura 43 Área de cobertura.	56
Figura 44 Longitudes Equivalentes de Tubería de Acero Cédula 40.	60
Figura 45 Caudal vs Presión.....	64
Figura 46 Relación de densidad y presión.	71
Figura 47 Cálculo de presión por secciones.....	74
Figura 48 Sistema representado usando longitudes equivalentes.	76
Figura 49 Ejemplo de una red de nitrógeno de un sistema Victaulic Vortex.	79
Figura 50 Caída de presión entre los emisores.....	79
Figura 51 Caída de presión entre el transductor y los emisores.....	80
Figura 52 Pérdidas del panel a la red de tuberías.....	80
Figura 53 Calculadora de pérdida de presión de nitrógeno,	82
Figura 54 Tramo 1,	84
Figura 55 Tramo 2,	85
Figura 56 Tramo final,	87
Figura 57 Tramo 3,	87
Figura 58 Rociador más lejano y rociador más cercano,	91

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros de funcionamiento del horno utilizado por la empresa.	15
Tabla 2	Tipos de hornos Baker disponibles.	16
Tabla 3	Análisis de rendimiento.....	33
Tabla 4	Valoración de las características del diseño vs soluciones.	37
Tabla 5	Valor porcentual asignado a cada característica.	38
Tabla 6	Matriz de ponderación creada para evaluar las características del diseño.	38
Tabla 7	Tabla de valores de constante C Hazen—Williams.	40
Tabla 8	Clasificación de Grupos y Subgrupos de Ocupación.	41
Tabla 9	Subgrupo de ocupación fabril e industrial de riesgo bajo(F-2)	43
Tabla 10	Clasificación de Áreas de Ocupación según NFPA 13.	45
Tabla 11	Pérdidas asociadas a estos	49
Tabla 12	Requisitos de Suministro de Agua.	52
Tabla 13	Dimensiones del emisor estándar de la serie 953.	55
Tabla 14	Área de cobertura de rociador seleccionada.....	56
Tabla 15	Valores nominales de factor K de Emisores.....	57
Tabla 16	Temperatura y clasificación de rociadores.	57
Tabla 17	Diámetros de tubería recomendados para riesgo ordinario.....	58
Tabla 18	Cálculo hidráulico.	63
Tabla 19	Cálculo de los Nudos.	64
Tabla 20	Cálculo de tuberías.	65
Tabla 21	Emisores.	69
Tabla 22	Tuberías.....	69
Tabla 23	Depósitos.....	69
Tabla 24	Grupos de presión.	69
Tabla 25	Accesorios.	70
Tabla 26	Tabla de longitudes equivalentes.	76
Tabla 27	Tabla de longitudes equivalentes para accesorios de 2.5".	83
Tabla 28	Cálculos tramo 1 Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10.....	85
Tabla 29	Cálculos tramo 2 Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10.....	86
Tabla 30	Cálculos tramo 3 Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10.....	88
Tabla 31	Cálculos Rociador más cercano Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10.	91
Tabla 32	Cálculos Rociador más cercano Tubería ASTM A53 de 1" Sch 10.	92
Tabla 33	Cálculos Rociador más lejano Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10.	93
Tabla 34	Cálculos Rociador más lejano Tubería ASTM A53 de 1" Sch 10.	94
Tabla 35	Listado de Equipos y elementos a instalar.....	95

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

1. INTRODUCCIÓN

Compañía de galletas Noel, es una empresa que lleva 107 años en el mercado nacional colombiano, innovando en todo momento, está dedicada a la fabricación de galletas, esta utiliza hornos de cocción marca *Reading Bakery* de *line Thomas Lgreen* para su proceso productivo, los cuales funcionan con gas y son los encargados de extraer la humedad contenida en la materia prima (masa). Esta materia prima ya moldeada, es transportada por una malla metálica perteneciente al horno, la cual tiene una velocidad promedio de 35 m/minuto, este horno debe estar a una temperatura entre 220 y 260 °C para su cocción y deben permanecer dentro de este un tiempo de 5 minutos para obtener un buen sabor y crocancia.

Algunas veces, esta malla transportadora se detiene por algunos de estos motivos: Micro apagones de seguridad, atascamiento de la materia prima, errores humanos por activar el paro de emergencia o fallas técnicas, generando que las galletas que estén en ese momento dentro del horno se incineren, debido al aumento del tiempo de horneado, el cual ya está estipulado y; si este conato de incendio, no es controlado oportunamente por los brigadistas, ocasiona daños en componentes electromecánicos como: sensores, electroválvulas, conectores, malla, racor, cables, bisagras, regulador de caudal, entre otros; además de la inactividad de toda la línea de producción, es importante recalcar que esto no ocurre frecuentemente, pero si espontáneamente.

Por tal motivo, es indispensable para la empresa contar con un sistema contra incendios que evite: el daño de componentes, detención de la producción, aumente los costos de fabricación y reduzca las ganancias de la empresa. A continuación, se describe de forma detallada el diseño de un sistema contra incendios de acuerdo con las necesidades de la empresa, el cual, debe ser diseñado bajo los parámetros establecidos por el gobierno colombiano con relación a la industria alimenticia y al menor costo posible, permitiéndole competir con las demás empresas existentes.

1.1 Objetivo general

Diseñar un sistema contra incendios que evite el daño de los componentes de los hornos e inactividad del proceso de fabricación de galletas Noel, ocasionados por la detención de la malla transportadora del horno.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

1.2 Objetivos específicos

- Investigar de forma detallada el funcionamiento del horno *Reading Bakery* de *line Thomas Lgreen* y los diferentes tipos de sistemas contra incendios existentes en la actualidad.
- Identificar el tipo de sistema contraincendios ideal para el proyecto mediante una matriz de ponderación o morfológica.
- Diseñar los componentes mecánicos del sistema contra incendios adecuado y seleccionar los demás componentes eléctricos que formaran parte de este sistema, como su correspondiente fluido de trabajo.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de la empresa Noel

Noel es una Compañía Innovadora, vigente y sostenible que lidera el mercado de galletas en Colombia. Forma parte del Negocio de Galletas de Grupo Nutresa, el cual cuenta con plantas de producción en Colombia, Costa Rica y Estados Unidos, con una amplia red de distribución que permite llevar sus productos a más de 50 países (Noel, 2021).

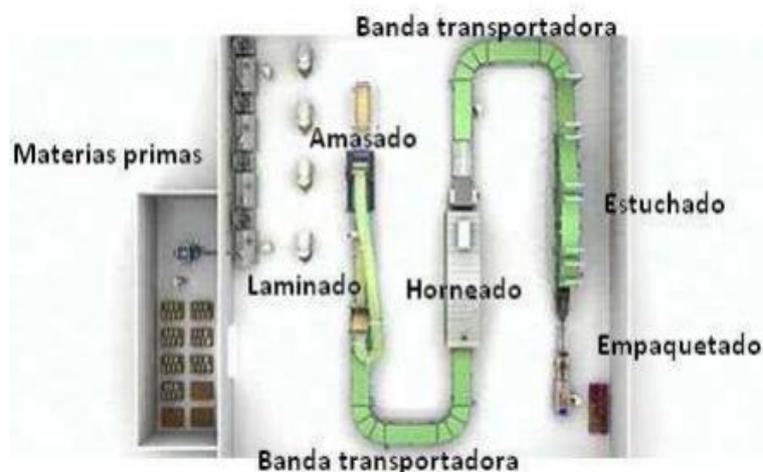
Noel, es una empresa que lleva 107 años en el mercado nacional colombiano, fue fundada el 2 de febrero del 1916 bajo el nombre de fábrica nacional de galletas y confites, tiene su sede central ubicada en el departamento de Antioquia (Medellín). En 1925 se realizó su primera exportación; su nombre Noel, fue adquirido por medio de un concurso con la comunidad, debido a su relación con las galletas más vendidas durante la época de navideña (Espertosenmarca, 2017).

2.2 Proceso de producción de galletas

El proceso se inicia con la mezcla de los ingredientes básicos, como son: harina de trigo, mantequilla, azúcar, grasas vegetales, huevos y agua (Noel S. , 2020). La proporción de los ingredientes depende del tipo de galleta a producir, pero su forma es definida por medio de una laminadora y una cortadora: la primera controla su espesor, para lo cual, se utiliza una serie de rodillos en la parte superior de la banda transportadora de masa; luego la masa laminada, pasa a la cortadora que termina de establecer su ancho, largo o diámetro dependiendo del molde de corte y la masa sobrante del corte es recircula a la laminadora (Torres, 2012).

Luego, se continúa con la etapa de horneado, donde se elimina una parte de la humedad y se define su volumen, porque la consistencia y la sensación de la galleta depende del contenido de agua. A las galletas horneadas, se les adiciona aceite, para luego enfriarlas a lo largo de una banda transportadora y finalmente, se estuchan y empaquetan, ver Figura 1.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



*Figura 1 Proceso de fabricación de galletas.
Fuente (Torres,2012)*

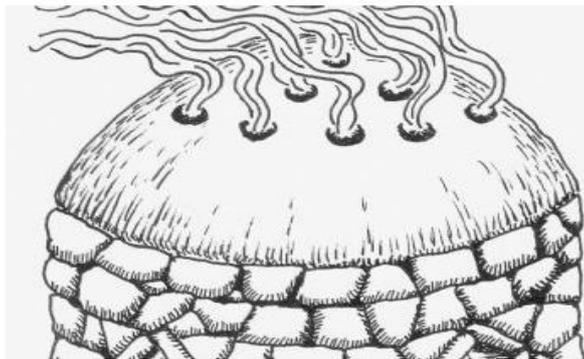
2.3 Galletas y los hornos industriales de producción

En la actualidad existen una gran variedad de galletas que difieren entre sí, tanto en sus ingredientes, proceso de cocción e instrumentos de corte y moldeo utilizados. Las galletas nacieron de la necesidad de producir alimentos nutritivos, fáciles de almacenar, transportar y de buena duración para viajes largos (travesías marítimas), las convirtió en una necesidad (Torres, 2012).

Las primeras galletas fueron fabricadas en el siglo XVI y XVII, eran duras, secas y sin azúcar. A menudo eran cocidas después del pan, en el horno de una panadería cuando estaba ya enfriándose. Eran una forma barata de sustento para los pobres. Una de las primeras galletas especiadas era el pan de jengibre, que no era más que una mezcla a base de pan con huevos, mantequilla y crema, y a endulzarlas con frutas y miel (galletaspolen, 2014).

Ahora, los primeros hornos de cocción fueron hechos de barro y no se sabe a ciencia cierta cuando fueron creados. Su origen, según recientes descubrimientos, se remonta a Egipto (4000 años a.c) y una amplia región, entre los ríos Tigris y Éufrates, lugar donde se encontraba una excelente calidad de arcilla, muy particular por su dureza y aislamiento, conservando el calor mucho mejor que otros barros o tierras arcillosas (Connega, 2013). En la Figura 2, se aprecia uno de los primeros hornos de la historia, hecho con piedras y barro.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



*Figura 2 Uno de los primeros hornos de la historia hecho de barro y piedra.
Fuente (Connega, 2013)*

Los primeros hornos fueron creados por los Egipcios y babilónicos, los cuales fueron utilizados para la fabricación de galletas, funcionaban con leña y eran construidos con piedra y arcilla del río Nilo, estos poseían un hueco para depositar la leña en la parte inferior, una cavidad en el centro donde se quemaba la leña y finalmente la parte donde cocían los alimentos, en la parte superior separados por una compuerta, hay cocinaban principalmente el pan (Hornodeviznar, 2014).

2.4 Marcas de hornos industriales para galletas y afines

Existen diferentes tipos de marcas y modelos de hornos industriales, pero son tres las marcas más reconocidas a nivel mundial, a continuación, se habla de cada una de ellas en general. Una de las primeras marcas es IMAFORNI, es una empresa italiana dedicada al diseño y fabricación de equipos para la industria de productos horneados, empezó con la fabricación de hornos para pequeñas panaderías y con el pasar de los años fue creciendo hasta convertirse en la actual empresa. (Torres, 2012)

Otra de estas marcas es Franz Haas, la cual es una empresa Austriaca dedicada a la producción de hornos para la fabricación de obleas, barquillos suaves, crepes (BUHLER, 2020). Por último, encontramos la empresa Baker Perkins de origen Ingles dedicada a la fabricación de hornos industriales para panadería, galletas, confitería y chocolate. Fue fundada en 1918 por el inventor estadounidense Jacob Penkins y Joseph Baker ingeniero canadiense de maquinaria (Torres, 2012).

La empresa de galletas Noel, posee un horno marca Baker Jetcirc de convección directa, utilizado para la producción de galletas (Ver Tabla 1).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 1 *Parámetros de funcionamiento del horno utilizado por la empresa.*

Parámetros del proceso
Velocidad del horno 35 m/min
Numero de galletas por minuto: 480 galletas /minuto
Dimensiones del horno: 1834 x 81280 x 3146 mm
Marca del horno: Reading Bakery, línea Thomas Lgreen
Temperatura de trabajo: 220 – 260 °C
Longitud de la malla: 176,886 m
Elaboración propia, basada en los datos de placa del horno

Esta marca es la más vendida por la empresa, debido a las notables ventajas ofrecidas en cuanto a eficiencia energética, ofreciendo reducciones significativas en los tiempos de cocción, costos de ejecución y capital, además de mejoras sustanciales en calidad, consistencia y fiabilidad del producto (Baker, 2017).



Figura 3 Modelo de horno Baker de convección directa utilizado en la fábrica de galletas Noel.
Fuente Elaboración propia

En la Figura 3, se pueden apreciar el horno de convección marca Baker el cual funciona con gas y poseen las siguientes características (Baker, 2017):

- Fiabilidad, el horno es fundamental en el proceso de producción, las averías y una baja calidad del producto pueden resultar extremadamente caras.
- Confiabilidad, el sistema de control mediante PLC con una interfaz de pantalla táctil clara y simple permite a los operarios mantener la calidad y la consistencia, visualizando todas las configuraciones del horno en una sola ubicación.
- Limpieza, el fácil acceso a todas las partes de la cámara del horno y las puertas a ras con el suelo de la cámara, junto con los exteriores suaves y sin salientes, hacen que siempre resulte sencillo mantener los hornos limpios.
- Mantenimiento, desde el exterior del horno, se puede acceder fácilmente a todos los elementos para el mantenimiento rutinario.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Esta empresa fabrica diferentes tipos de hornos de acuerdo con el producto a elaborar, algunos más tecnificados que otros. En la Tabla 2, se pueden apreciar los diferentes tipos de hornos marca Baker con sus características, dimensiones disponibles y forma de transferir el calor al producto.

Tabla 2 Tipos de hornos Baker disponibles.

Horno	Tipo	Características	Producto típico	Anchuras del horno (mm)
Jetcirc directo	Convección directa	Horno de convección potente	Galletas, cookies, barras, comida para mascotas	2026, 1320, 1600, 1880
Jetcirc Indirecto	Convección indirecta	Horno flexible de uso general para un secado de calidad	Galletas, cookies, barras, comida para mascotas	2026, 1320, 1600, 1880
Jetcirc recirc	Turbulencia y radiación de proporción variable	Control separado de calor y humedad	Cookies y barras “caseras”	810, 1016, 1220, 1520
DGF	Radiación con turbulencia opcional	Cocción totalmente radiante o convectiva o cualquier combinación	Galletas, cookies, galletas saladas, comida para mascotas	1016, 1320, 1600, 1880
Híbrido	Radiación (DGF) con convección (Jetcirc)	Horno flexible de uso general con gran capacidad de calor, flexibilidad máxima	Galletas, cookies, barras, galletas saladas comida para mascotas	1016, 1220, 1520, 1880

Fuente: (Baker, 2017)

En la Figura 4, se puede visualizar como el calor fluye en un horno de convección marca Baker, las flechas rojas indican la dirección de propagación o distribución del calor proveniente del quemador hasta la materia prima a trabajar y las flechas naranjas indican como el calor residual del proceso es expulsado al ambiente.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

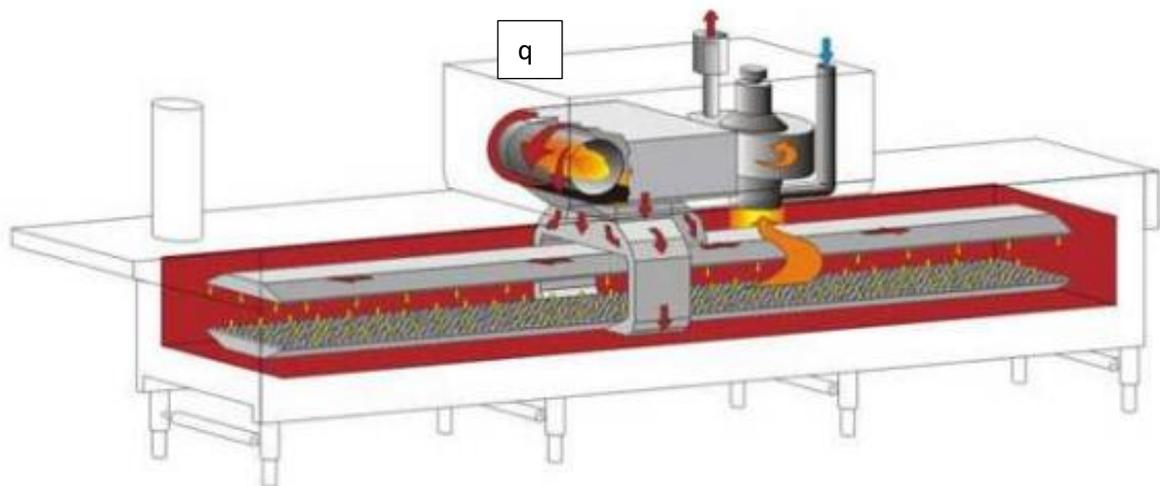


Figura 4 Transferencia de calor horno de convección directa de la fábrica de galletas Noel.

Fuente (Torres,2012)

2.5 Sistemas contra incendios

Las consecuencias de un incendio solo se resumen en pérdidas, por tal motivo, la gran mayoría de empresas invierten en el diseño y construcción de estos sistemas, destinados a proteger sus inversiones o capitales, como la vida de sus trabajadores, eliminando posibles demandas millonarias. Estos sistemas contraincendios, no eliminan por completo el problema solo lo minimizan, además están compuestos por dos fases: La fase de prevención y la de protección, esta última también, se subdivide en: activa y pasiva (Cuevas, 2011).

La protección activa incluye aquellas actuaciones que implican una acción directa en la utilización de instalaciones y medios para la protección y lucha contra los incendios. Por ejemplo: Las rutas de evacuación, alarmas, utilización de extintores, sistemas fijos y señalización. La protección pasiva incluye aquellos métodos que deben su eficacia a estar permanentemente presentes, pero sin implicar ninguna acción directa sobre el fuego, entre las cuales, se encuentran: recubrimiento de las estructuras del edificio y sistemas de extracción de humos (rnds, 2014).

2.5.1 Consideraciones

Una de las fases más relevantes en los sistemas contra incendios y de la protección activa es la detención, la cual, puede ser: humana o automática, como su nombre lo indica las primeras necesitan de la intervención humana, pero las segundas están fijas,

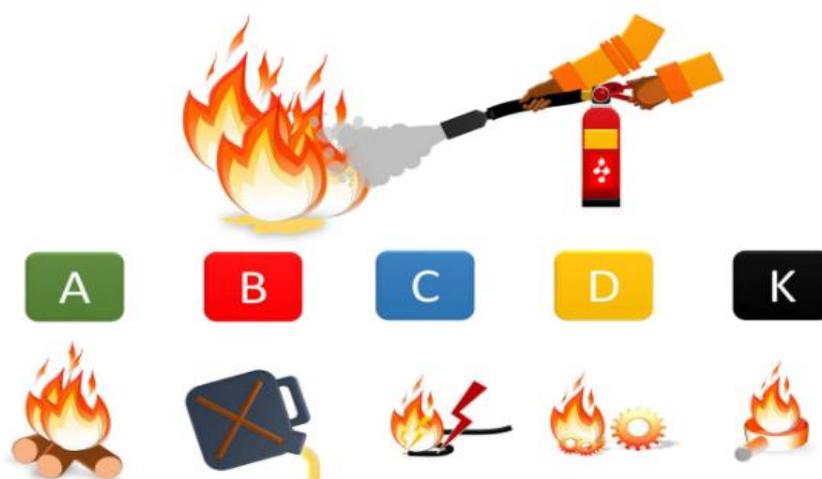
	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

permitiendo su detección y localización de forma automática o semiautomática según el plan de alarma establecido. Además, algunas de estas accionan sistemas fijos de extinción de incendios (rnds, 2014).

La protección pasiva es quizás la faceta más importante en la lucha contra el fuego, presentando una barrera contra el avance del incendio, confinándolo a un sector y limitando por ello las consecuencias de este. Algunos ejemplos de estos cortafuegos son: muros o paredes construidos con materiales incombustibles, cortafuegos en conductos (ascensores, chimeneas, escaleras, ventanas de ventilación superior, los cuales impiden la propagación del fuego a otras partes de la empresa o el edificio, por medio de compuestas que lo cierran e impiden el paso (Cuevas, 2011).

Uno de los parámetros relevantes en el diseño de un sistema contra incendios según Quesada, es el agente combustible, los cuales se clasifican, como: Tipo A, B, C, D y K (Quesada, 2018). El primer tipo de fuego (A) es originado en materiales solidos (madera, papel. Desperdicios, comida, entre otros) cuya característica es la generación de brasas. El segundo es tipo (B) son generados por la ignición de líquidos o gases combustibles o inflames que se encuentran almacenados. Los tipos (C) son los generados por componentes o fallas de tipo eléctrico o electrónicos en elementos energizados, estos ocurren dentro de recintos cerrados: oficinas, almacenes, cajas de control y máquinas, los cuales son contralados por extintores. (Ver figura 5)

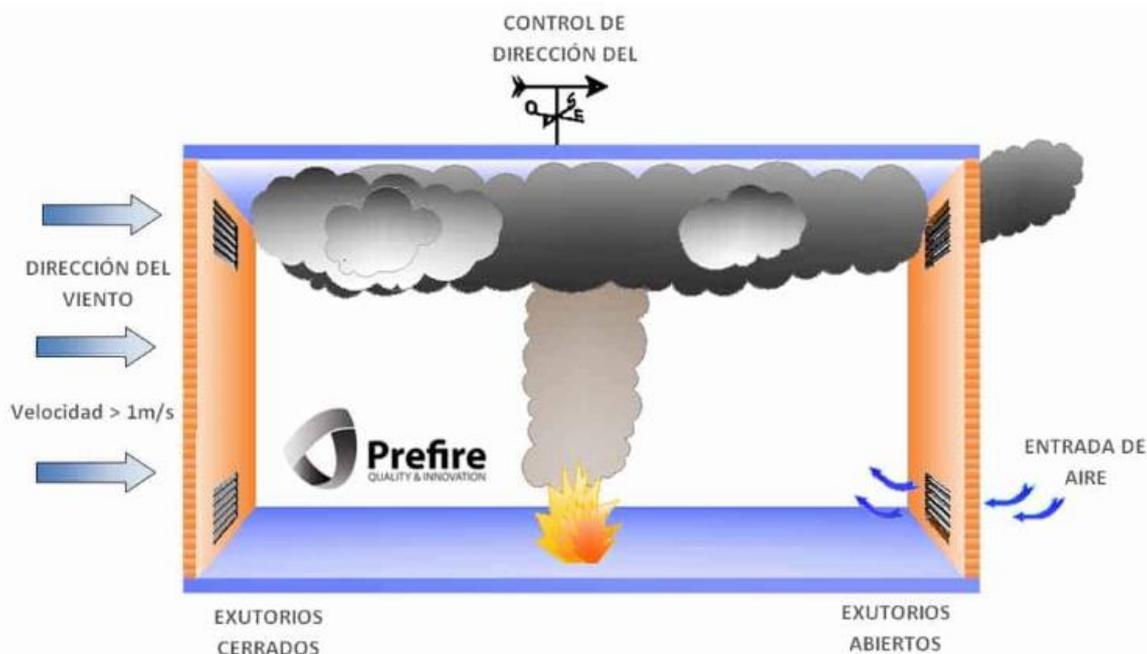
Otros son los tipos D y K, los primeros son generados cuando un metal se funde (magnesio, potasio, aluminio, sodio, entre otros) y, por último, el tipo K debido a conflagraciones debidas a aceites o grasas de animal.



*Figura 5 Tipos de fuegos.
Fuente (Profuegos, 2020)*

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Para la extinción del fuego, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones: todas las acciones realizadas deben ir dirigidas a controlar la conflagración de una forma segura y efectiva. Durante una conflagración se generan dos temperaturas dentro del recinto, clasificadas por zonas: La primera tiene lugar en la parte superior, donde se acumulan todos los gases y vapores producidos por la combustión, posee características de poca visibilidad y alta temperatura, y otra zona, cerca del piso conformada principalmente por aire y de baja temperatura (Torné, 2016). (Ver figura 6)



*Figura 6 Movimiento de los gases durante una conflagración.
Fuente (Prefire, 2021)*

También es importante conocer que existen varios métodos para detener una conflagración (Quesada, 2018): Reducción, sofocación o ahogamiento y enfriamiento. La reducción consiste en la remoción del combustible (cierre o apertura de la válvula de paso del combustible) o también con el desplazamiento de este del sitio de la conflagración. El método de sofocación consiste en eliminar el oxígeno presente en el área de la conflagración por medio de espuma química o mecánica, arrojada sobre la superficie u objeto evitando que el oxígeno existente alimente la combustión, pero este método es costoso y requiere de mayor tiempo para reactivar el proceso. Por último, encontramos el enfriamiento se logra eliminando el calor para esto se utiliza una sustancia, por ejemplo: el agua, siendo esta la más utilizada por su economía y nula toxicidad.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Antes de seleccionar el resto de los componentes de un sistema contra incendios es fundamental identificar la carga de combustible y la tasa de liberación de calor, lo cual depende del material de conflagración, se determina el agente extintor o fluido de mitigación (Quesada, 2018). Por otra parte, así como existen diferentes tipos de fuego, existen también diferentes tipos de agentes mitigantes como de métodos de aplicación, pero todo esto depende de factores como: Tipo de combustible, área de cobertura, tiempo de control de la conflagración y recursos económicos (Caro, 2017).

A continuación, se enumeran los métodos utilizados como los diferentes tipos de agentes utilizados: Los métodos más utilizados son: Sistema de aplicación manual, sistema fijo sin y con agente extintor propio y sistemas fijos automáticos. Las sustancias o agentes utilizados son: Agua, espuma, polvos químicos secos, gases y líquidos vaporizantes.

2.5.2 Componentes de un sistema contra incendios

Uno de los componentes principales de un sistema contra incendios son los detectores, estos se clasifican según el fenómeno detectado: humo, temperatura y llama (Quesada, 2018). En la figura 7, se puede visualizar los diferentes tipos de detectores, lo cuales, no varían mucho en su forma, pero si en el tipo de señal recibida.

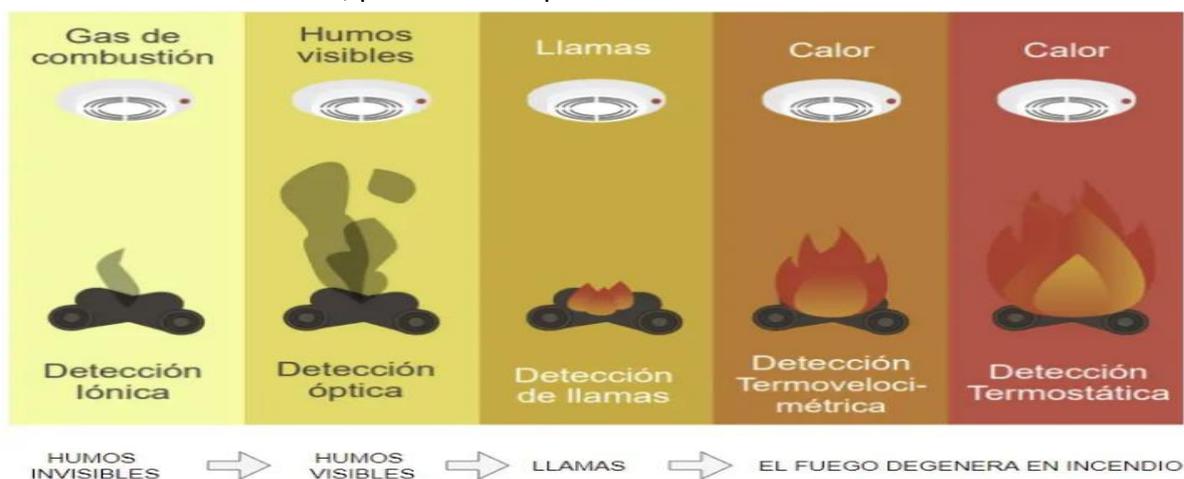


Figura 7 Tipos de detectores utilizados en sistemas contra incendios.

Fuente (Ovance, 2021)

Existen una serie de componentes que utilizan los sistemas de red contra incendios que están asociados: válvula, rociador y red de tuberías. Estos existen de tres tipos: Húmedos, secos y diluido: El primero, utiliza agua presurizada en una red, la cual es descargada por el rociador cuando el sistema lo indique, este es muy utilizado en oficinas, centros comerciales, departamentos y edificios. Luego tenemos los sistemas

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

secos, estos utilizan nitrógeno bajo presión o aire, se utilizan en lugares donde la temperatura es baja o alta afectando el líquido utilizado, por ejemplo: Agua.

Por último, se encuentran los sistemas diluidos, estos poseen un recipiente de almacenamiento y un sistema de bombeo que es activado por una señal enviada por el sensor, activando el sistema que se encarga de enviar agua a cada uno de los rociadores y aplicarla en forma general (Caro, 2017).

Otro de los componentes fundamentales es una bomba o compresor encargado de ejercer presión sobre el agente utilizado, este depende de la fase del agente (sólido, líquido o sólido), por ejemplo. Cuando es líquido se utiliza una bomba, pero cuando es polvo o gaseoso se utiliza el compresor.

Por último, se encuentran los componentes eléctricos y electrónicos encargados de enviar la señal de activación y desactivación del sistema contra incendios, estos pueden ser muy sofisticados como básicos, lo cual, depende del presupuesto destinado para el sistema.

2.6 Normas colombianas en sistemas contraincendios

Algunas de las normas colombianas utilizadas para el diseño de estos sistemas, son las siguientes (Prevencionar, 2018): La norma IRAM 3501 es aplicable a todas aquellas instalaciones que tienden a detectar el foco de incendio en su primera etapa o que cumplan una acción tendiente a reducir, controlar o mitigar los efectos del fuego.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 con su título J: Requisitos de Protección Contra Incendio en Edificaciones y su título K: Requisitos Complementarios, nos expone los requisitos mínimos que toda edificación deberá cumplir para la protección contra incendio de acuerdo con su uso y grupo de ocupación.

Rociadores automáticos, diseñados de acuerdo con la última versión del Código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios, NTC 2301 y como referencia la norma para instalación de sistemas de rociadores NFPA 13.

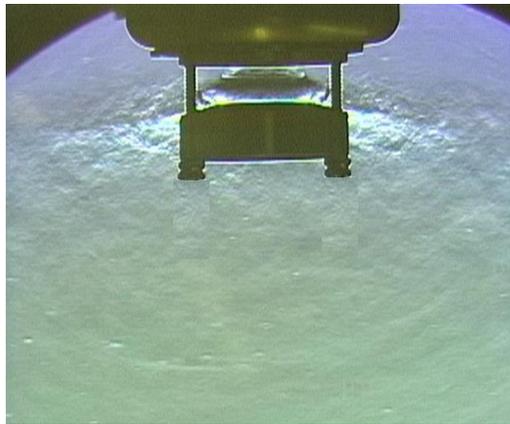
Tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios, diseñadas de acuerdo con la última versión del Código para suministro y distribución de agua para extinción de incendio en edificaciones, NTC 1669 y como referencia la norma para instalación de sistemas de tuberías verticales NFPA 14.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Extintores de fuego, diseñados de acuerdo con la última versión de la norma de extintores de fuego portátiles, NTC 2885 y como referencia la norma de extintores de fuego portátiles NFPA 10.

2.7 Sistema a implementar

2.7.1 Sistema híbrido Vortex Vórtex es un sistema híbrido que incorpora agentes extintores líquidos (Agua) y gaseosos (nitrógeno) que se descargan como una suspensión Homogénea desde un emisor único. A nivel molecular y parcial, la presión del nitrógeno y del agua son iguales en el fluido inyectado.



*Figura 8 Sistema híbrido Vortex.
(Carvajal M, 2019)*

Nitrógeno y agua se emplean como agentes extintores. El nitrógeno atomiza el agua a $<10\mu\text{m}$, formando una densa suspensión homogénea de nitrógeno y agua. De esta manera dos mecanismos de extintores actúan simultáneamente, enfriamiento y extinción de llama.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



*Figura 9 Sistema híbrido Vortex.
(Carvajal M, 2019)*

En incendios pequeños de inflamación lenta el nitrógeno es el principal agente extintor. En incendios grandes decenas de miles de gotitas de agua menores a 10 micrones absorben el calor del fuego lo convierten en vapor, y esto se convierte en el principal agente extintor del sistema Vortex. La integridad de la habitación no es necesaria para el sistema Vortex. Básicamente se tiene lo mejor del sistema de gas inerte y lo mejor del sistema de niebla:

- Gas inerte eficaz para incendios pequeños sistema ecológico no se requiere integridad de la habitación y necesita menos cilindros de nitrógeno.
 - Niebla de agua gólicas de agua mucho más pequeñas y eficientes a presiones muy bajas, no se requiere bombas de alta presión.
- (Carvajal M, 2019)

2.7.2 ¿Como trabaja un Sistema de gas inerte? El gas de Nitrógeno diluye activamente los niveles de Oxígeno hasta suprimir rápidamente incendios pequeños, incluso en recintos grandes.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



*Figura 10 Sistema de gas inerte.
(Carvajal M, 2019)*

2.7.3 ¿Como trabaja los sistemas de agua nebulizada? Atomiza el agua absorbiendo el calor del fuego convirtiendo en vapor, desplazando parcialmente el Oxígeno.



*Figura 11 Sistema de agua nebulizada.
(Carvajal M, 2019)*

2.7.4 Aspectos generales de operación /diseño de vortex Esta suspensión homogénea de nitrógeno y agua se crea utilizando una presión de nitrógeno en el emisor de tan solo 25 psig y una presión de agua de solo 5 psig. Cada emisor cubre 2500 pies cúbicos (70 m3). El flujo de nitrógeno es de 150 pies cúbicos estándar por minuto y por emisor. El flujo de agua es de 1 GPM por emisor, la concentración de O₂ de 14% 12.5% y el tiempo de descarga es de 3 / 5 minutos; el sistema ha sido probado y aprobó las pruebas de incendio de FM para una cobertura de hasta 128,570 pies cúbicos (3600 metros cúbicos) y el alto impulso de nitrógeno transporta las gotitas de agua de <10 um dentro de nitrógeno para mantener la velocidad. Vortex es un sistema tridimensional de extinción de incendios.

2.7.5 Componentes principales

- Panel de descarga
- Suministro de nitrógeno (supervisado)
- Caja de batería auxiliar
- Suministro de agua (supervisado)
- Válvula de aguja Victaulic
- Emisor victaulic

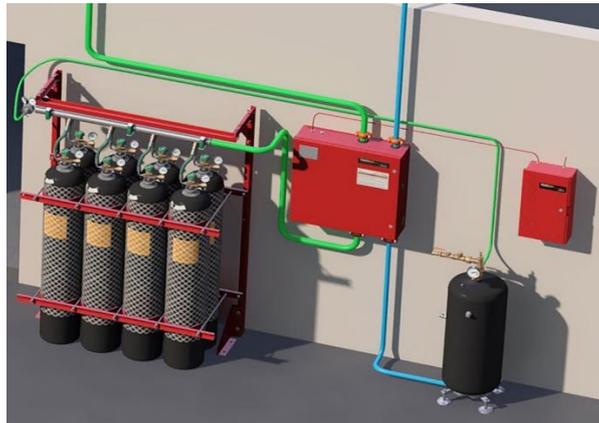


Figura 12 Componentes principales sistema Vortex.
(Carvajal M, 2019)

2.7.6 Detalles del emisor: orificio de 1/2" (15mm) para el flujo del nitrógeno

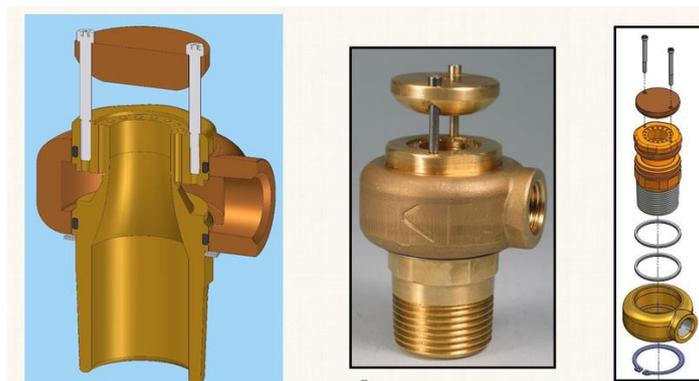


Figura 13 Emisor orificio de 1/2" (15mm) para el flujo del nitrógeno.
(Carvajal M, 2019)

Fotografía sombreada. Muestra más de cuatro ondas de choque en el deflector

- Cada onda de choque es una transición instantánea de velocidad supersónica a subsónica.
- Se traduce en un sistema más seco con absorción de calor más eficiente del fuego.



Figura 14 Ejemplo de ondas de choque en el deflector.
(Carvajal M, 2019)

2.7.7 Atomización de la suspensión homogénea del sistema Victaulic Vortex

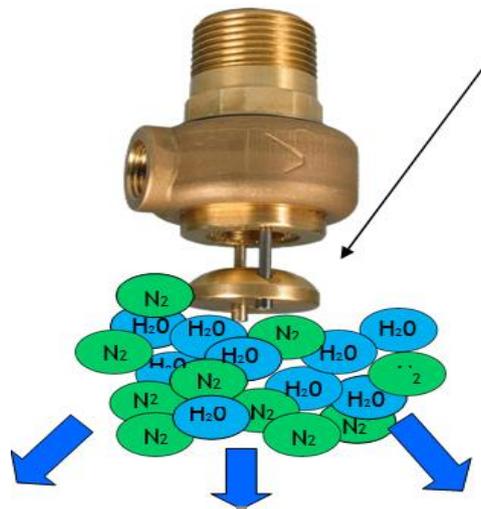


Figura 15 Atomización de la suspensión homogénea del sistema Victaulic Vortex.
(Carvajal M, 2019)

Cuando el sistema se activa la atomización se produce en el emisor (zona de atomización):

- Velocidad del N_2 muy alta mach 5 en el emisor.
- Velocidad del H_2O a cero.

La suspensión resultante tiene un alto impulso debido a la alta velocidad del gas.

2.7.8 Cantidad relativa de gotas por minuto

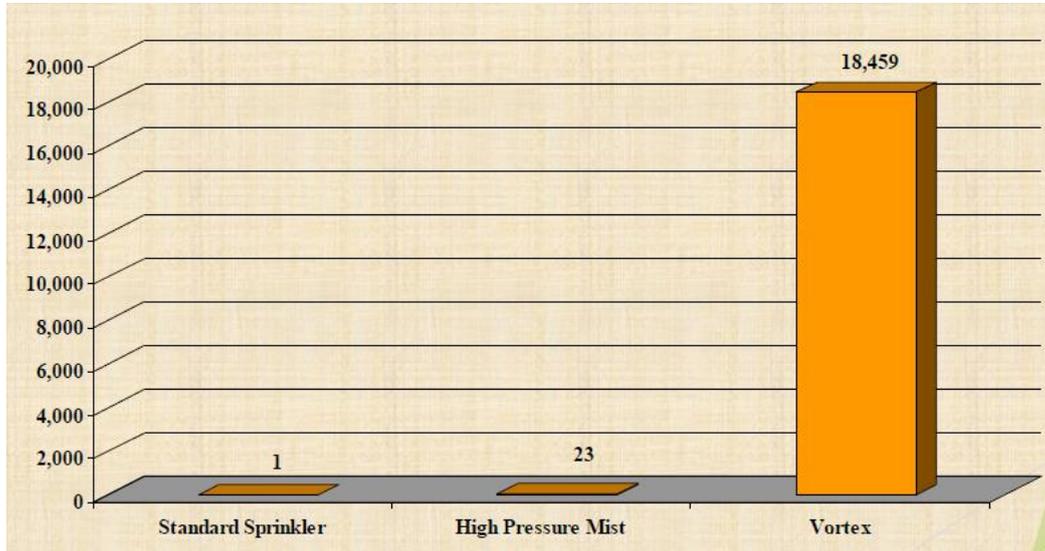


Figura 16 Cantidad relativa de gotas por minuto.
(Carvajal M, 2019)

2.7.9 Área de superficie relativa de exposición al calor

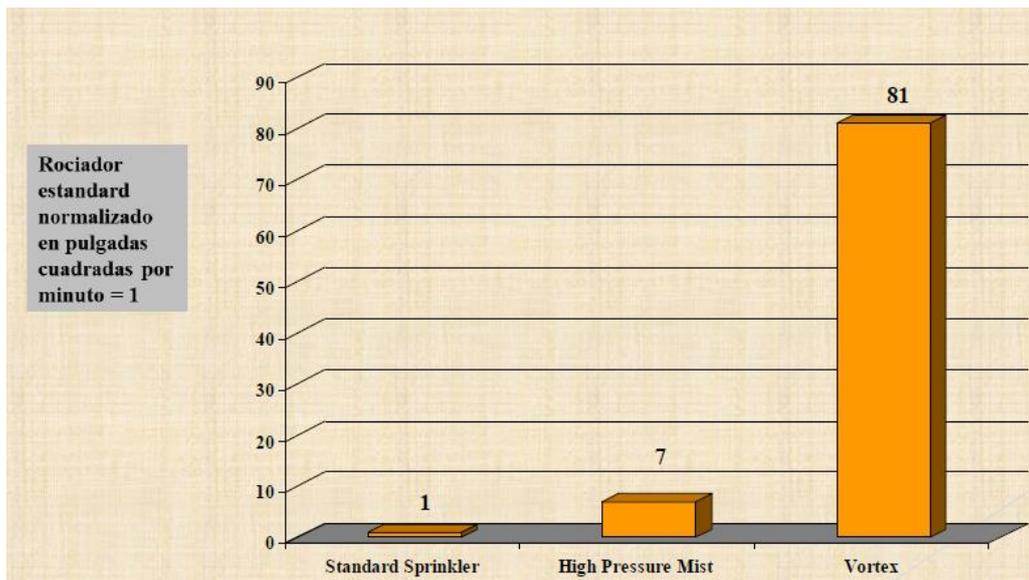


Figura 17 Área de superficie relativa de exposición al calor.
(Carvajal M, 2019)

2.7.10 Criterio de arreglo hojas de requerimos de distancia mínima para emisores vortex

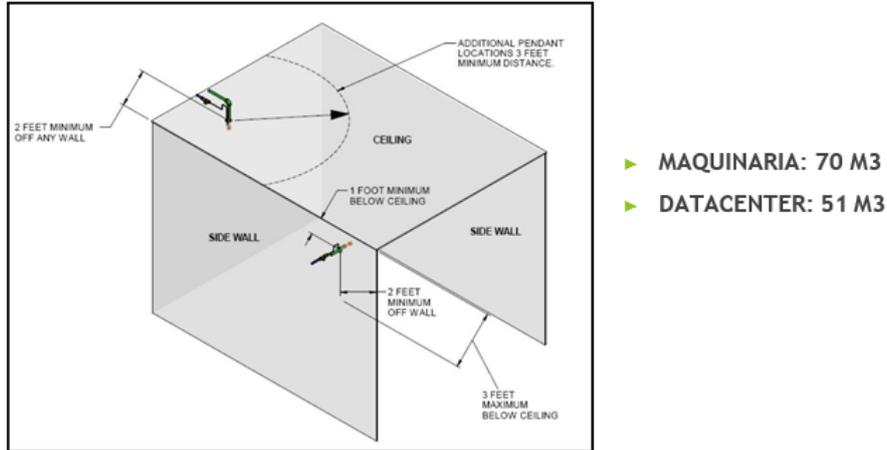


Figura 18 Hoja de requerimientos de distancia mínima para emisores Vortex.
(Carvajal M, 2019)

2.7.11 Método integral del sistema vortex zona única como tizona nitrógeno dimensionado según requerimientos del sitio.

Objetivo: El nitrógeno es un gas inerte y se utiliza para disipar el oxígeno dentro del área. El nitrógeno a alta presión de los tanques de almacenamiento se regula a una salida de 25 PSI en el emisor. El tamaño y el número de tanques dependerán del tamaño del área a proteger. Los tanques de nitrógeno están equipados con válvulas Sherwood (GV58061-32) que se supervisarán.

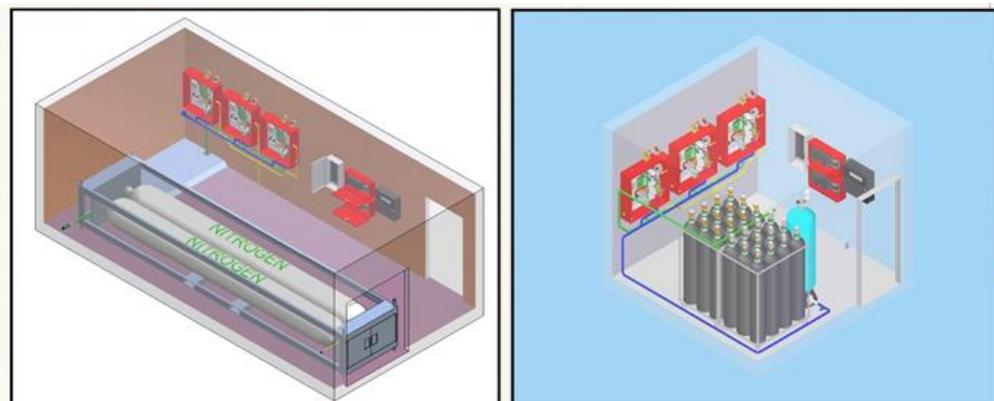


Figura 19 Método integral del sistema vortex.
(Carvajal M, 2019)

2.7.12 Recarga en sitio de nitrógeno

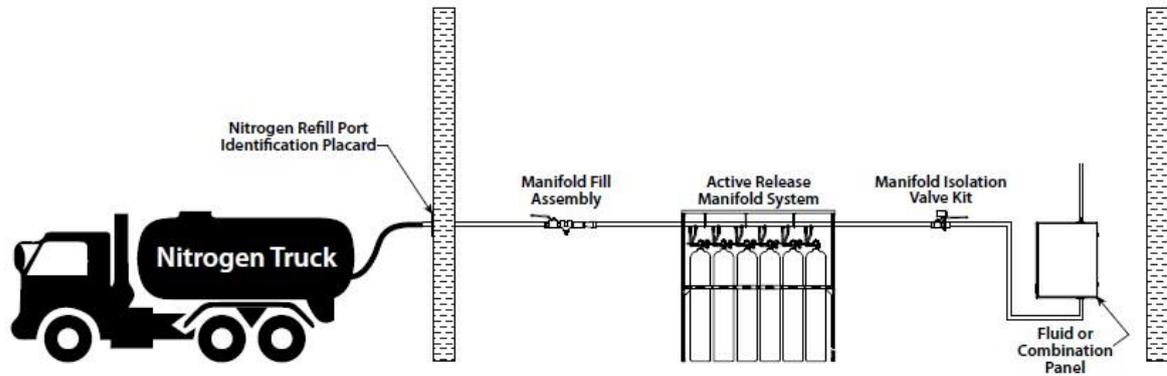


Figura 20 Recarga de nitrógeno.
(Carvajal M, 2019)

2.7.13 Caja de batería auxiliar

Objetivo: Un circuito supervisado de 24 volts de CC asegura el funcionamiento del sistema en caso de fallas del suministro eléctrico. Cumple con los requerimientos de la NFPA en materia de suministro eléctrico para componentes.

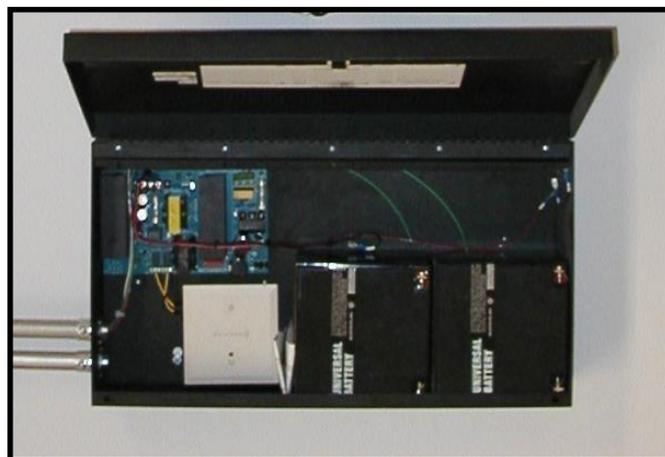


Figura 21 Caja de batería auxiliar.
(Carvajal M, 2019)

2.7.14 Suministro de agua

Objetivo: Medios utilizados para enfriar la habitación y extinguir el fuego la presión de agua al sistema debe ser de por lo menos 5 psi. Durante la descarga de agua el flujo se limita a 1 GPM por emisor. El agua puede ser suministrada desde la toma principal o se

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

puede instalar un tanque dedicado. La entrada de agua se supervisa con una válvula de bola victaulic estilo 728. A continuación, un ejemplo de tanque de agua dedicado.



Figura 22 Suministro de agua.
(Carvajal M, 2019)

2.7.15 Válvula de aguja automatizada Victaulic

Objetivo: la válvula de agua automatizada regula el flujo de nitrógeno en el sistema manteniendo una presión de descarga constante de 25 PSI hacia el emisor. La válvula de aguja automatizada consta de un sello hermético para 3000 PSI un actuador inteligente motorizado (programado) y una válvula de alivio de seguridad.



Figura 23 Válvula de aguja automatizada Victaulic.
(Carvajal M, 2019)

2.7.16 Paquete de panel en un diseño típico de sistema Combina los paneles de control de fluido y control de zona en uno mismo para sistemas de zona única.



Figura 24 Paquete de panel en un diseño típico de sistema.
(Carvajal M, 2019)

2.7.17 Paquete de panel en un diseño típico de sistema Combinan los paneles de control de fluido y control de zona en uno mismo para sistemas de zona única.

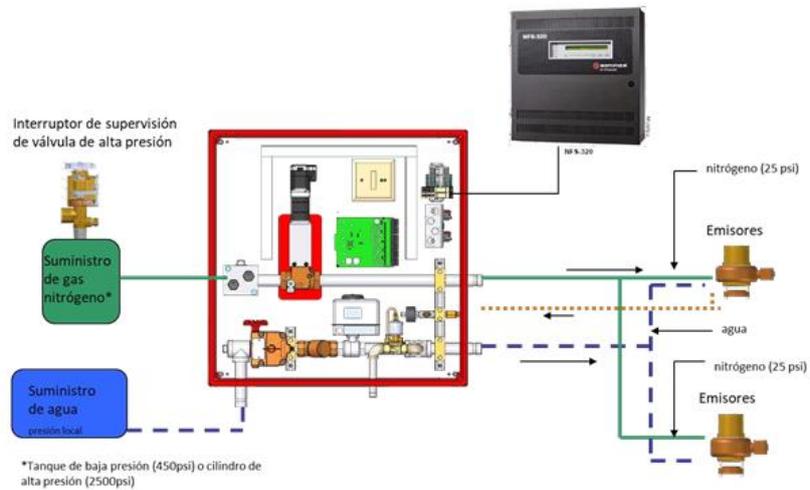


Figura 25 Paquete de panel en un diseño típico de sistema.
(Carvajal M, 2019)

2.7.18 Diseño de un sistema multi zonal típico

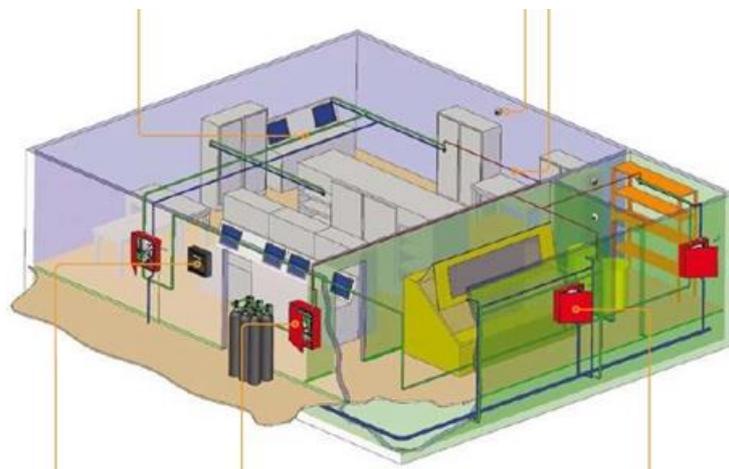


Figura 26 Diseño de un sistema multi zonal típico.
(Carvajal M, 2019)

2.7.19 Diseño de un sistema multi zonal típico

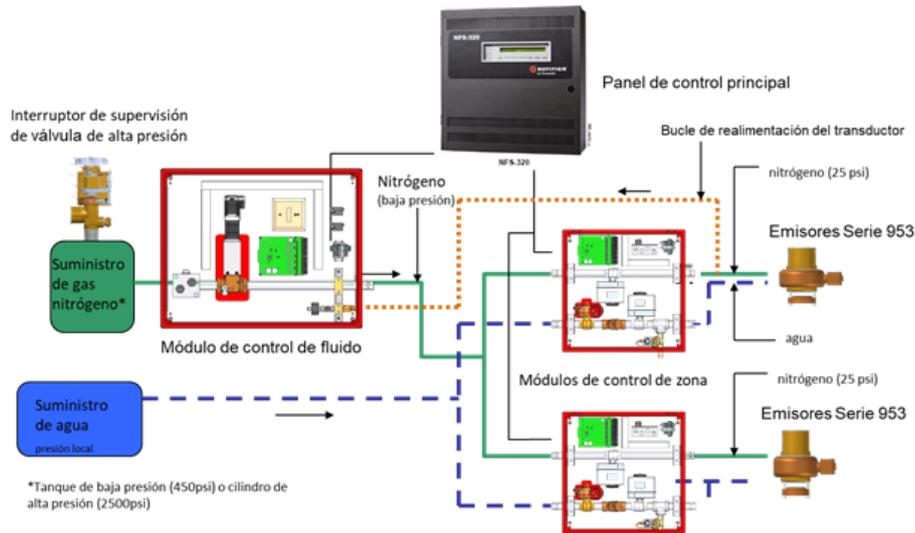


Figura 27 Diseño de un sistema multi zonal típico.
(Carvajal M, 2019)

2.7.20 Gabinete prefabricado

- Suministro de fluido integrado opcional (Elimina la necesidad de conexión de agua)
- Gabinetes prefabricados.
- Pueden conectarse en cadena con un panel maestro.



Figura 28 Gabinete prefabricado.
(Carvajal M, 2019)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 3 Análisis de rendimiento

AGENTE	Se humedece el combustible	Decremento del oxígeno	Reducción de temperatura	Bloquea la transferencia de calor radiactiva	Reduce la transferencia de calor por convección	Inundación total
Vortex	Mínima	Gradual	Rápida	Sí	Sí	Sí (mínimo nivel de humedecimiento de sistemas tipo niebla)
Niebla de agua a presión intermedia	Alta	Gradual	Moderado	Moderado	Moderado	Diluvio (humedecimiento considerablemente)
Niebla de agua a presión alta	Mínima	Gradual	Rápida	Sí	Sí	Sí (humedecimiento mínimo)
Sistema de rociadores	Alta	Gradual	Moderado	Moderado	Moderado	Diluvio (humedecimiento considerablemente)
Gases inertes	No	Rápida	Mínimo	No	No	Sí (no humedece)
Agentes halógenos	No	N/D	Moderado	No	No	Sí (no humedece)

(Carvajal M, 2019)

2.7.21 Solución Vortex

- **No se requiere integridad del recinto a proteger**
 - o no se requiere de espacios herméticos y con estanqueidad.
- **Sistema amigable con el medio ambiente**
 - o El nitrógeno y el agua son limpios con la naturaleza.
- **El área de riesgo no tiene agua**
 - o Vortex utiliza una pequeña cantidad de agua 0,25 GPM.
- **El costo de recarga es bajo**
 - o Los agentes limpios pueden ser hasta 100 veces más costosos que el nitrógeno.
- **Preocupación por los costos de almacenamiento**
 - o Ningún residuo de la descarga debe contenerse.
- **El daño por agua no es tolerada tolerable debido a defectos valiosos o la conductividad no puede ser tolerada debido a equipos eléctricos**
 - o Humectación casi nula en el área protegida.



Figura 29 Instalaciones de red Vortex.
(Carvajal M, 2019)

2.7.22 integración con sistemas de detección de incendio

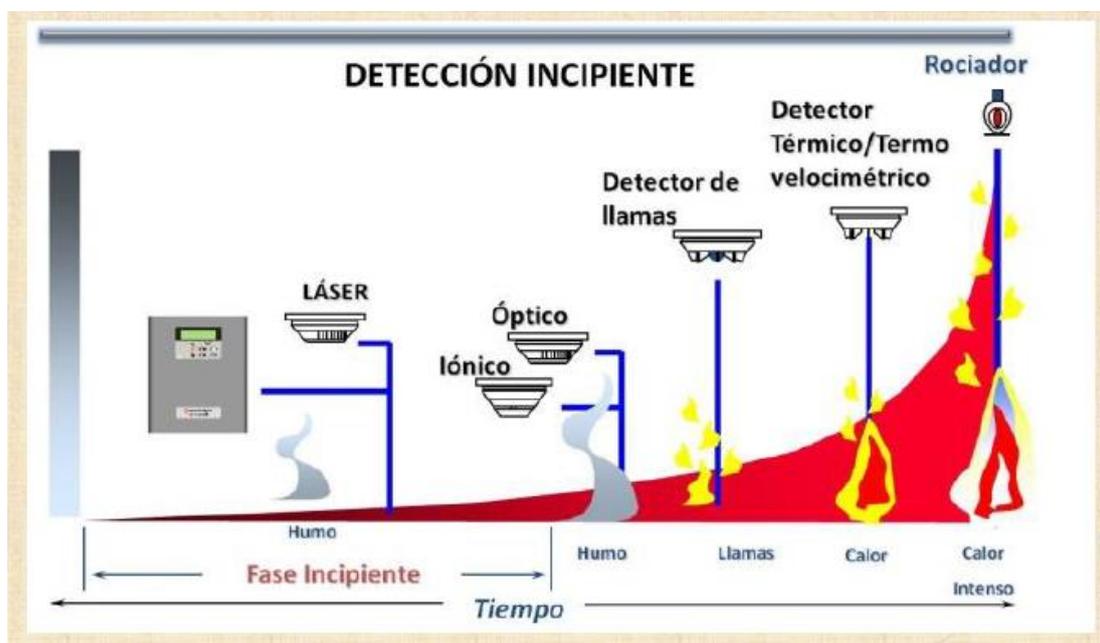


Figura 30 Integración con sistemas de detección de incendio.
(Carvajal M, 2019)

2.7.23 Normatividad

El sistema Vortex sería diseñado e instalado según la norma NFPA 770.

Estándar sobre sistemas de extinción de incendios híbridos (agua y gas inerte)

<https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=770>

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3. METODOLOGÍA

La primera actividad realizada consistió en investigar todo lo relacionado con el proceso de fabricación de galletas en la empresa Noel y sobre el funcionamiento del horno *Reading Bakery* de *line Thomas Lgreen* utilizado. Además, se investigó sobre las normas colombianas que establecen las características de diseño y requerimientos para los sistemas contraincendios utilizados en la industria alimenticia.

La información encontrada durante la investigación fue plasmada en el marco teórico del proyecto. Esto permitió realizar la segunda actividad, la cual, consistía en solicitar a la empresa el manual del horno, para identificar sus parámetros de funcionamiento (temperatura de trabajo, velocidad de la banda transportadora, tiempo de cocción, composición de la materia prima, dimensiones, entre otras) permitiendo establecer el espacio disponible para realizar el diseño como las variables a considerar en el sistema contraincendios.

Luego de investigar sobre los parámetros de funcionamiento del horno como del proceso de cocción de galletas de la empresa, se procedió a crear un banco de ideas o posibles soluciones para el diseño, para esto, la empresa solicito con anterioridad al personal de mantenimiento y operación una lluvia de ideas para el diseño del sistema contraincendios de las cuales, se eligió la más idónea. Para esta selección, se creó una matriz morfológica o de ponderación, donde se evaluaron las ventajas de cada una de estas ideas juntamente con los requerimientos establecidos para el diseño del sistema contra incendios por la empresa Noel. Para definir estos requerimientos era fundamental conocer los parámetros de funcionamiento como las dimensiones del horno de cocción de galletas.

Dicha matriz de ponderación fue la encargada de definir el tipo de sistemas contraincendios a diseñar para el horno de galletas de la empresa, permitiendo identificar cada uno de sus componentes: mecánicos, eléctricos y de control. Los cuales, algunos serán diseñados y otros seleccionados, por ejemplo: dimensiones y tipo de tubería, fluido a utilizar, bomba o ventilador si es el caso, elementos eléctricos y electrónicos, entre otros), según su disponibilidad en el mercado, permitiendo la reducción de costos.

Por último, se realizó un plano del sistema que servirá como guía para su implementación, este plano se realizó en el software AutoCAD.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Investigación realizada

Toda la información encontrada durante la investigación realizada en relación con el proceso de fabricación de galletas, tipo de horno utilizado (*Reading Bakery de line Thomas Lgreen*) y características finales del producto definidas por la empresa, fue registrado en el marco teórico del trabajo. Además, de todo lo relacionado con sistemas contraincendios, componentes y diseño.

4.2 Posibles soluciones planteadas por el personal de la empresa en relación con las conflagraciones ocurridas dentro del horno de cocción de galletas

Para identificar las posibles soluciones, se planteó al personal de la empresa cercana al proceso de cocción de galletas, dar a conocer las características que debe tener el sistema contra incendios y como sería este, desde su punto de vista, de lo cual surgieron 3 ideas, las cuales, se muestran a continuación:

4.2.1 Solución N.1 Diseñar un sistema contraincendios que utilice agua como agente mitigante, para esto, se debe diseñar la red de suministro, seleccionar detectores de humo o visuales como los componentes del sistema de control. Esta iniciativa es económica, pero presenta inconvenientes porque la temperatura dentro del horno es de 210 °C y si la tubería está ubicada por dentro el agua podría cambiar de fase líquida a gaseosa por esto debe contener un depósito y cuando se active el sistema utilizar para bombear el fluido de forma rápida y con la presión suficiente. Además, se debe evaluar la posibilidad que el agua dañe componentes eléctricos que se encuentren o se genere algún tipo de bacteria por la interacción del agua con los componentes metálicos del horno.

4.2.2 Solución N.2 Diseñar un sistema contraincendios que utilice nitrógeno como agente mitigante, para esto, se debe diseñar una red de suministro interna y externa, seleccionar detectores de humo o visuales como los componentes del sistema de control. Esta iniciativa es medio costosa, pero elimina los inconvenientes de la solución anterior debido que el nitrógeno reacciona con el oxígeno contenido en el aire a temperatura mayores de 1500 °C, para esto se debe utilizar es un compresor y no una bomba porque el nitrógeno se encuentra en estado sólido en forma de polvo, el cual debe ser aplicado a alta presión.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.2.3 Solución N.3 Diseñar una red contra incendios híbrido, sistema que incorpora un agente extintor líquido (agua) y gas inerte (nitrógeno) que se descargan desde un emisor, buscando bajar las concentraciones de oxígeno sacando este elemento del triángulo necesario para que exista el fuego y la conflagración se detenga. La suspensión de Agua y Nitrógeno es distribuida y descargada en el área de riesgo a través de una red de tubería y emisores. El Nitrógeno asfixia al fuego, reduciendo los niveles de oxígeno a un 15%, valor que no es perjudicial para los ocupantes de dicho espacio.

4.3 Parámetros de funcionamiento del proceso de cocción

Los parámetros de funcionamiento del horno están contenidos en la Tabla 1, página 15 del marco teórico. A continuación, se procede a definir las características definidas por la empresa que debe poseer el sistema contraincendios a diseñar: Este debe ser económico, ocupar poco espacio, eficiente, agente mitigante no puede ser contaminante y debe requerir de poco mantenimiento. Ahora a partir de dichas características, se define como es cada una de estas en relación con las soluciones planteadas para el diseño del sistema contraincendios, ver Tabla 4.

Tabla 4 Valoración de las características del diseño vs soluciones.

CARACTERISTICAS	Solución N.1	Solución N.2	Solución N.3
MANTENIMIENTO	Bajo	Bajo	Bajo
COSTO	Bajo	Medio	Medio
ESPACIO	Pequeño	Pequeño	Pequeño
OCUPADO			
EFICIENCIA	Media	Alto	Alto
CONTAMINANTE	Mediana/Alta	Baja/limpieza	Baja

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Matriz de ponderación

Luego de tener definidas las características más relevantes de las posibles soluciones y del diseño, se procedió a establecer el valor porcentual o significativo de cada uno de estos parámetros, ver Tabla 4.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 5 Valor porcentual asignado a cada característica.

PARÁMETRO	NIVEL BAJO	NIVEL ALTO
MANTENIMIENTO	0,1	0,3
COSTO	0,1	0,4
ESPACIO OCUPADO	0,1	0,3
EFICIENCIA	0	0,1
CONTAMINANTE	0,1	0,5

Fuente: Elaboración propia.

La matriz de ponderación creada, se puede visualizar en la Tabla 5, la cual, está compuesta por 3 columnas (Posibles soluciones) y 5 filas (características del diseño). Las cuales, fueron evaluados para obtener un valor total.

Tabla 6 Matriz de ponderación creada para evaluar las características del diseño.

CARACTERÍSTICAS	SOLUCION	SOLUCIÓN	SOLUCIÓN
	N.1	N.2	N.3
MANTENIMIENTO	0,2	0,2	0,1
COSTO	0,1	0,3	0,2
ESPACIO OCUPADO	0,2	0,2	0,2
EFICIENCIA	0,1	0,1	0,1
CONTAMINANTE	0,3	0,2	0,1
TOTAL	0,9	1,0	0,7

Fuente: Elaboración Propia.

La solución idónea está indicada por el menor resultado obtenido en la suma de los valores asignados. Por tal motivo, se puede observar que la solución ideal es la número 3, para el diseño del sistema contraincendios, por su bajo costo, alta eficiencia y poco espacio requerido, no contamina y poco mantenimiento.

4.5 Diseño de la red contra incendios

Con el fin de atenuar el riesgo de que se presente un incendio, afectando a los activos y personas que se encuentren en el área o planta de trabajo, construcción de una red de extinción de incendios, consiste en el diseño de un sistema hidráulico adecuado para la extinción de la llama, este involucra el esquema de la red, tubería y accesorios,

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

basándose en un diseño hidráulico que cumpla con requerimientos normativos adecuados para la edificación.

4.5.1 Parámetros de diseño red hidráulica En cuanto a los parámetros de diseño para una red contra incendios, se define el estado de un fluido, las principales propiedades para tener en cuenta en el diseño de una red de extinción son presión y caudal involucrando la velocidad del fluido. (Cifuentes Medina & Garzon Delgadillo, 2020)

4.5.1.1 Presión Fuerza ejercida por unidad de área en un punto, esta se expresa en Pascales (***Pa***) o Libras por pulgada cuadrada (***psi***). Cuando existe un flujo de un fluido en régimen turbulento a través de una tubería para llegar de un punto a otro, el fluido pierde energía al desplazarse puesto que es afectado por el rozamiento con la tubería generando restricción al movimiento, a este fenómeno ocasionado por la fricción se le denomina pérdidas de presión. (Cifuentes Medina & Garzon Delgadillo, 2020)

4.5.1.2 Pérdidas de presión Las pérdidas de presión son las pérdidas de energía del fluido como consecuencia de la fricción con la tubería, para esto es necesario realizar el cálculo de pérdida de carga de energía mediante ecuaciones ya establecidas, según la normatividad existente la ecuación adecuada en este caso es la desarrollada por los ingenieros civiles estadounidenses Allen Hazen y Gardner Steward Williams en 1992.

La ecuación de Hazen-Williams es una fórmula utilizada para calcular la pérdida de carga en tuberías a partir de la velocidad del flujo, el diámetro interno de la tubería y el coeficiente de rugosidad del material de la tubería. La ecuación es la siguiente:

$$\Delta P = \frac{4.52 * Q_T^{1.85} * L}{C^{1.85} * \emptyset^{4.87}}$$

En donde:

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

Q_T : Caudal (*gpm*)

L : Longitud de la tubería (*ft*)

C : Coeficiente de pérdida por fricción o coeficiente de rugosidad del material

\emptyset : Diámetro interno real de la tubería en in

Para el sistema internacional tenemos:

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

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

En donde:

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

Q_T : Caudal (*L/min*)

C: Coeficiente de pérdida por fricción

\emptyset : Diámetro interno real de la tubería en *m*
(NFPA 13, 2022)

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

Tabla 7 *Tabla de valores de constante C Hazen—Williams.*

Tubería o tubo	Valor de C
Fundición sin revestimiento o hierro dúctil	100
Acero negro (sistemas secos incluyendo preacción)	100
Acero negro (sistemas húmedos, incluido el diluvio)	120
Acero negro (sistema seco incluyendo preacción)	120
Uso de nitrógeno	
Acero galvanizado (sistemas secos incluyendo preacción)	100
Acero galvanizado (sistemas húmedos, incluido el diluvio)	120
Acero galvanizado (sistemas secos incluyendo preacción)	120
Uso de nitrógeno	
Todo plástico (listado)	150
Fundición o hierro dúctil revestido de cemento	140
Tubo de cobre, latón acero inoxidable	150
Fibrocemento	140
Hormigón	140

*La autoridad que tiene jurisdicción puede permitir otros valores C.
(NFPA 13, 2022)

4.5.1.3 Caudal El gasto o caudal se define como el volumen de líquido que fluye (es decir que pasa por una sección transversal) en un tiempo determinado. En cuanto a las redes contra incendio, los datos de caudal necesario para garantizar el correcto funcionamiento del sistema están determinados en la normatividad específica emitida por la NFPA. (Cifuentes Medina & Garzon Delgadillo, 2020)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.5.2 Caracterización de la empresa y área a intervenir Caracterizando la empresa y el área que compone de acuerdo con el nivel de riesgo de generación y propagación de incendio, debido al medio o entorno económico de este tipo de compañía. (Cifuentes Medina & Garzon Delgadillo, 2020)

4.5.3 Clasificación de riesgo según normatividad Según la norma colombiana NSR 10, Título K, se deben clasificar los establecimientos de acuerdo con su ocupación principal o dominante, con el fin de identificar la categoría de riesgo en la que se ubica para poder determinar las características normativas que debe tener como mínimo el diseño del sistema de protección contra incendios. Para esto, es importante identificar las materias primas usadas en planta, así como los diferentes elementos ubicados en el área, con el fin de obtener un apropiado diseño que garantice los óptimos tiempos de respuesta de extinción de incendios. (Cifuentes Medina & Garzon Delgadillo, 2020)

4.5.3.1 Industria y sector económico Inicialmente, se enuncia que la actividad principal de la empresa Noel consiste en la transformación de materias primas en productos comestibles (galletas) y su respectiva comercialización, lo que la incluye en la industria manufacturera colombiana y la cataloga dentro del sector secundario o industrial de la economía. (Cifuentes Medina & Garzon Delgadillo, 2020)

Lo anterior se evidencia en la definición de sector secundario o industrial dada por el Banco de la Republica como aquella que “Comprende todas las actividades económicas de un país relacionadas con la transformación industrial de los alimentos y otros tipos de bienes o mercancías, los cuales se utilizan como base para la fabricación de nuevos productos. (Serna Rojas, 2020)

4.5.3.2 Clasificación de riesgo de la empresa según normatividad A continuación, se muestra el cuadro donde se observa la clasificación de riesgo de incendio establecida por la NSR-10, en su Título K de acuerdo con los Grupos y Subgrupos de ocupación de las edificaciones. (Cifuentes Medina & Garzon Delgadillo, 2020)

Tabla 8 Clasificación de Grupos y Subgrupos de Ocupación.

Grupos y subgrupos de ocupación	Clasificación	Sección
A	ALMACENAMIENTO	K.2.2
A- 1	Riesgo moderado	
A-2	Riesgo bajo	
C	COMERCIAL	K.2.3
C-1	Servicios	
C-2	Bienes	
E	ESPECIALES	K.2.4

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

F	FABRIL E INDUSTRIAL	K.2.5
F-1	Riesgo moderado	
F-2	Riesgo bajo	
I	INSTITUCIONAL	K.2.6
I-1	Reclusión	
I-2	Salud o incapacidad	
I-3	Educación	
I-4	Seguridad pública	
I-5	Servicio público	
L	LUGARES DE REUNION	K.2.7
L-1	Deportivos	
L-2	Culturales y teatros	
L-3	Sociales y recreativos	
L-4	Religiosos	
L-5	De transporte	
M	MIXTO Y OTROS	K.2. 8
P	ALTA PELIGROSIDAD	K.2.9
R	RESIDENCIAL	K.2.10
R-1	Unifamiliar y bifamiliar	
R-2	Multifamiliar	
R-3	Hoteles	
T	TEMPORAL	K.2 11

(Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

Debido al medio o entorno económico el principal producto de esta compañía se basa en la fabricación galletas(alimento), se le clasifica por norma dentro del grupo de ocupación F - FABRIL E INDUSTRIAL, subgrupo F-2, lo que significa que está en la categoría de riesgo bajo de generación y propagación de incendio. Aunque la experiencia de la empresa ha demostrado algo totalmente diferente.

4.5.3.1.1 Subgrupo de ocupación fabril e industrial de riesgo bajo(F-2): en el subgrupo ocupación Fabril e Industrial de Riesgo Bajo (F-2) se clasifican las edificaciones o espacios donde los procesos de explotación, fabricación, ensamblaje, manufacturación o procesamiento representan riesgos bajos de incendio debido a la naturaleza de tales operaciones y a los materiales involucrados. En la tabla 9 se presenta una lista indicativa de procesos que es preciso incluir en el Subgrupo de Ocupación (F-2).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 9 Subgrupo de ocupación fabril e industrial de riesgo bajo(F-2)

Industrias alimenticias
Industria artesanal

(Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

Ver en el anexo

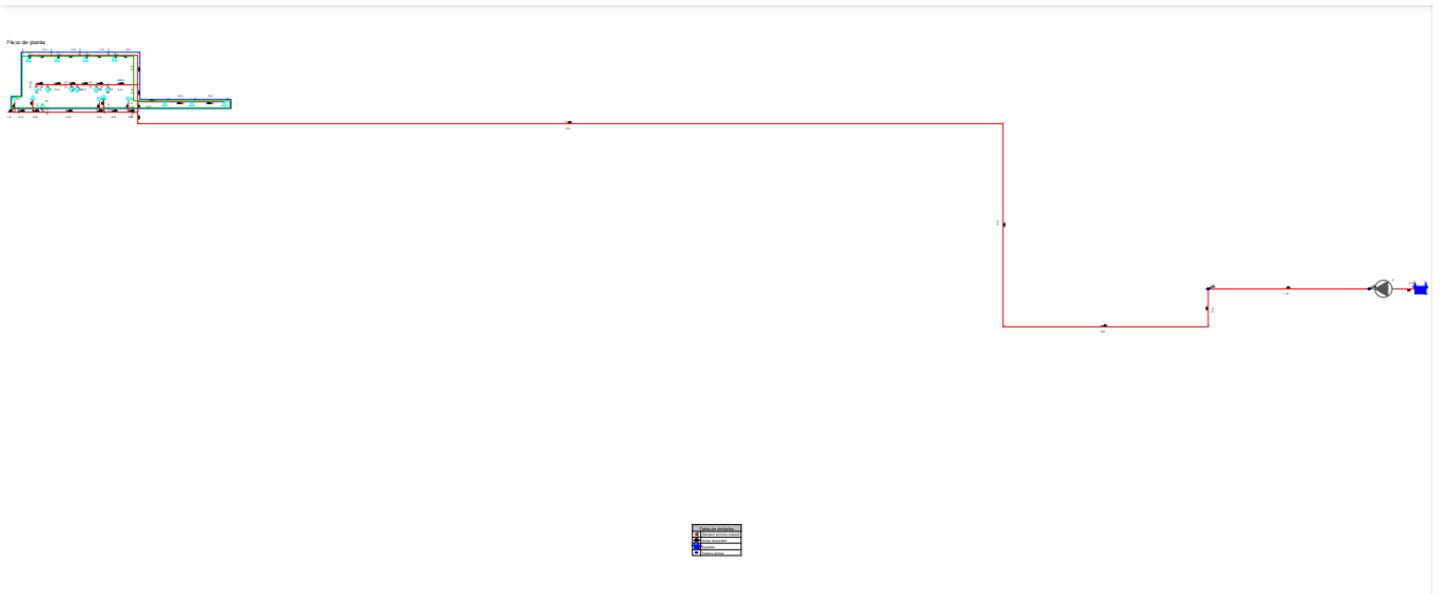


Figura 31 Plano de planta 1.
(Diseño propio)

Plano de planta

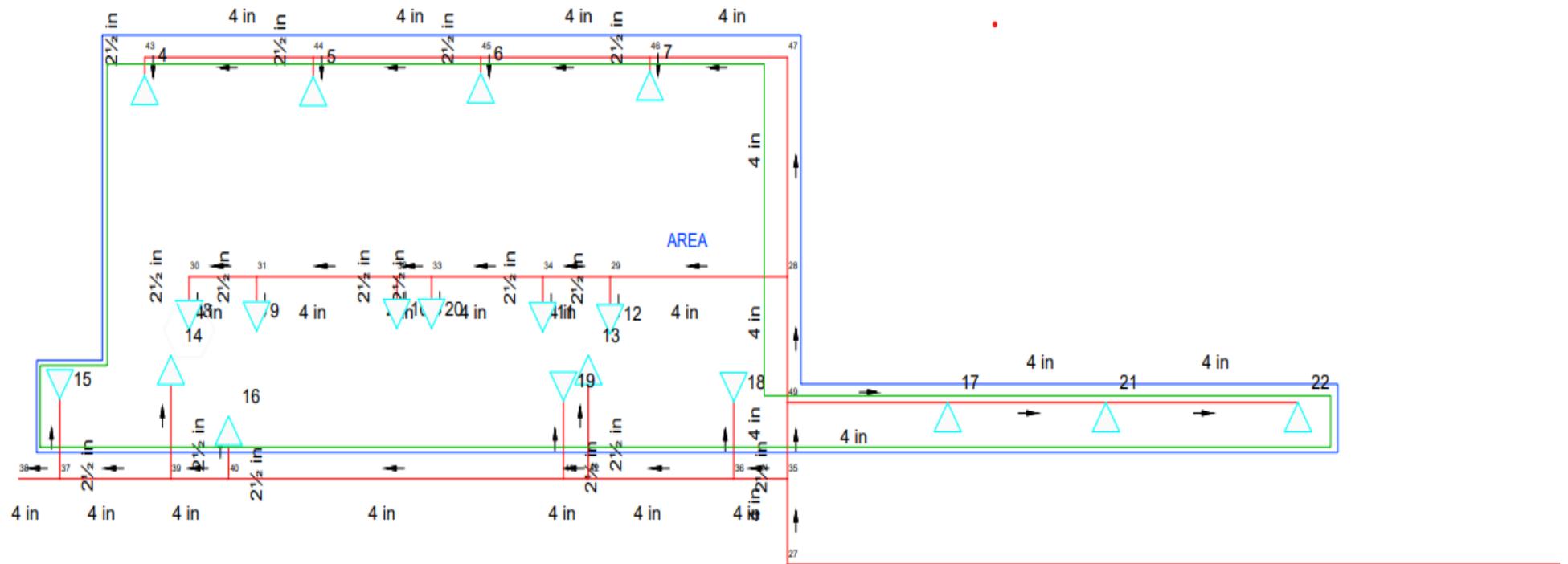


Figura 32 Plano de planta 1.1
 (Diseño propio)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 10 Clasificación de Áreas de Ocupación según NFPA 13.

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

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

(NFPA 13, 2022)

Según la clasificación de la ocupación de la empresa Noel, esta se encuentra en la categoría de Riesgo ordinario grupo 1.

4.5.4 Antecedentes

Uno de los puntos con mayor riesgo de incendio es a la salida de hornos y durante varios años se han realizado averiguaciones con respecto a sistemas de extinción en este punto, teniendo en cuenta una serie de restricciones para la extinción que han hecho que este proyecto no se pueda llevar a cabo. Algunas restricciones son:

- Presencia constante de personal en el sitio, por lo que no se puede usar CO2.
- Las cintas y mallas para el horneado no se pueden mojar con agua porque la fatiga térmica puede generar daños graves, por lo que no se puede usar agua.
- El costo de sistemas de gas inerte y limpio (y su respectiva recarga) es muy alto, por lo que la inversión no ha sido aprobada anteriormente.

De acuerdo con los reportes oficiales de conatos de incendio en salida de hornos desde el año 2018 se han presentado 4 eventos los cuales son (información entregada por el PIM -Procesos Información Manufactura):

- Octubre 29/2018 salida H7.
- Marzo 10/2020 Salida Wafer.
- Febrero 28/2020 Salida H2.
- Febrero 21/2018 salida H5.

Es importante recalcar que todos los conatos y/o eventos no están documentados de manera que la lista anterior no es exhaustiva. Por ejemplo, el 1 de septiembre de 2021 ocurrió un incendio en la salida de Horno 4 el cual generó daños en una chimenea, su aislamiento y recubrimiento, según se ve en fotos:

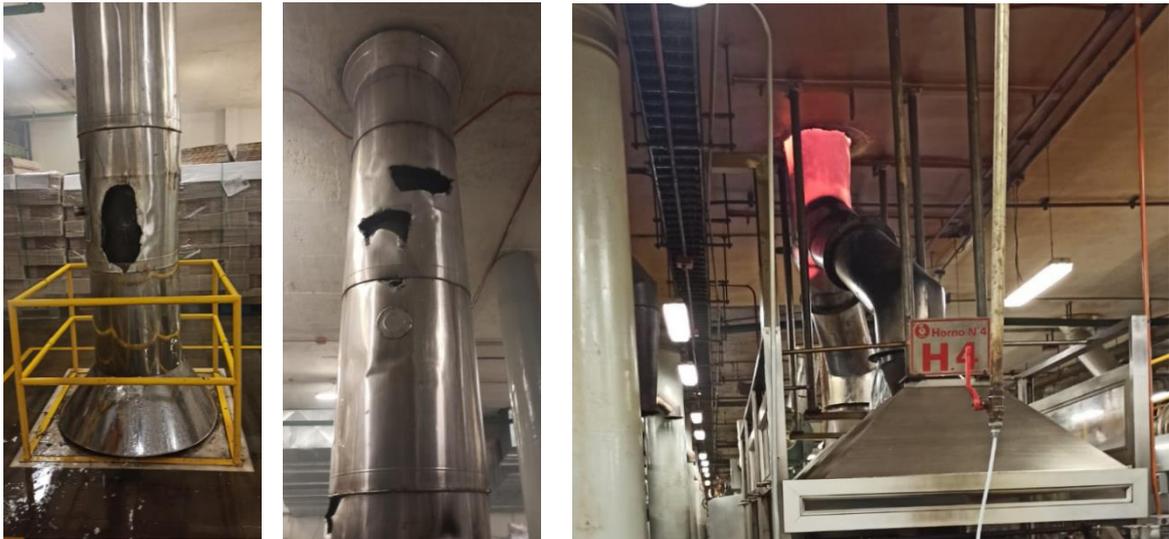


Figura 33 Incendio en la salida de Horno 4.
(Gómez Mesa, 2020)

Este evento fue atendido por la brigada y el personal presente en sitio en ese momento. Cada uno de estos conatos registrados representa una pérdida desde la producción asociada al producto del momento de la siguiente manera:

H2 Febrero 28 T2

90 minutos: PIC en falla, se encontraron líneas de paro con deficiencia en el aislamiento, se genera conato de incendio por galleta quemada

Costo minuto paro Feb: \$12.394
Valor paro: \$1'115.460

se estaba fabricando Gta. FESTIVAL Vainilla Bs. 12x6 (1001512), valor de la bolsa: \$2332

se dejan de fabricar 5250 bolsas

Valor Produccion: \$12'243.874

Figura 34 Conato1 registrado.
(Gomez Mesa, 2020)

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

H7 29 de Octubre de 2018
950 minutos

HORNO: ARRANCO A LAS 10:10 PM POR AJUSTES EN ROTATIVA, TRABAJO SOLO 10 MIN Y SE PARO POR GALLETAS SUCIAS, SE ENSAYA CON TAPAS Y NO DA RESULTADO, LUEGO QUEMAN LA CINTA Y POSTERIOR A ESTO OCURRE EL INCIDENTE DEL CONATO DE INCENDIO

Costo minuto paro: \$11461
Valor del Paro: \$ 10'887.950

Se estaba fabricando [1020710](#) GTA. SUPER 2 VAINILLA BS 340G -TV. se dejan de sacar 27324, el valor de la bolsa es de 1905

Valor Producto: \$52'052.220

*Figura 35 Conato 2 registrado.
(Gomez Mesa, 2020)*

9 de Marzo 2020 Wafer hass 2

480 min. empieza desde t3
HORNO: SE RECIBE TURNO CON AVERIA MCA POR COTANO DE INCENDIO DESDE TURNO 3, CAMBIARON BANDAS, ENDEREZARON ESTRELLA, CAMBIARON GUIAS DE BANDAS. ENTREGA DE HORNO A LAS 10:50 AM, INICIO A LAS 12:15 M, SE CEPILLARON PLANCHAS CON REMANENTE DE OBLEA.
SE EVIDENCIO EN EL ARRANQUE OBLEA Y CHICHARRON PRENDIDO, SE ACTIVA DE NUEVO A TÉCNICOS, FOCO.
AVERIA MCA: DE 5:40 A 12:15 M. EMPAQUE INICIO A LAS 12:25 M.

Costo minuto Paro: \$12.335
Costo del paro:\$5'920.800

Se estaba trabajando GTA. WAFERSNOEL VAINILLA BS. 18X4 [1001588](#). Se dejan de sacar 10260 Un, el costo por unidad es de: \$2218

Costo de la Produccion: \$22'756.680

*Figura 36 Conato 3 registrado.
(Gomez Mesa, 2020)*

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

H18 7 de Mayo de 2020
905 minutos

Se recibe horno parado por incendio, acumulacion de galleta en salida, se cambio variador de malla del horno, malla del transportador que recibe, elementos neumaticos, junta anti-vibratoria de la campana de extracción

Costo minuto Paro Mayo:\$ 15.951
Valor del paro:\$ 14'435.655

Estaban trabajando [1016208](#) GTA. SALTIN ROJO TCX8 H3, Se dejan de fabricar en el tiempo del paro 56534 un, su costo es de \$2724/un, Valor de la Produccion:
\$153'998.616

Figura 37 Conato 4 registrado.
(Gomez Mesa, 2020)

De los eventos registrados hay 3 que ocurrieron en Hornos.

Tabla 11 Pérdidas asociadas a estos

Horno-Año	Minutos de paro	Costo del minuto \$	Costo del paro \$	Costo del producto que se deja de fabricar \$	Costo mantenimiento \$	Total, horno \$
H7-2018	950	11.461	10.887.950	52.052.220	1.508.000	64.448.170
H2-2022	90	12.344	1.110.960	12.243.874	1.851.716	15.206.550
H18-2020	905	15.951	14.435.655	153.998.616	11.177.955	179.612.226
					TOTAL	259.266.946

(Gomez Mesa, 2020)

Actualmente en la zona de la salida de hornos, no se tiene ningún sistema automático de extinción de incendios. Hoy en día ante cualquier conato de incendio, los operarios deben apagar manualmente el ventilador de extracción y no deben dejar que el producto se acumule a la salida del horno para que no se genere un incendio mayor.

Para dar respuesta a esta situación que se presenta en el proceso, los operarios deben estar en calma para poder realizar las acciones correctas en el momento justo, dejando la extinción del incendio en ocasiones en personas con poca experiencia.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

“Hoy existe un modelo de atención de emergencias que aplica para extinción de fuego en cualquier localidad de la compañía llamado SCI (sistema comando de incidentes) modelo de conocimiento y alcance de la brigada de seguridad, grupos de avanzada y comité de emergencias.

Adicional, tenemos entrenados los operarios de la salida de hornos en el procedimiento para contener el fuego en la fase inicial mediante el uso de extintores para fuegos incipientes, apagado de campanas de extracción y activación de la brigada de seguridad por medio de los sistemas para el reporte de emergencias (Botoneras, Radios y línea de emergencias). Dicho procedimiento es objeto de formación en los espacios prácticos de entrenamiento.

El único estándar documentado y que contiene elementos de seguridad es el estándar de operación, limpieza y quemado de malla que existe en hornos.”

Información suministrada por Alexander Amón (Especialista en seguridad y salud en el trabajo NOEL). (Gomez Mesa, 2020). La solución consiste en realizar una descarga del sistema Vortex en la zona de la campana la cual se encuentra ubicada al final de los hornos y descarga en las chimeneas evitando la propagación del fuego. Para el alcance de este proyecto se contempla activación detección y activación de descarga MANUAL.

En paralelo a la ejecución de este proyecto se está explorando una solución para que la activación del sistema sea ejecutada por un sistema de detección de incendios basado en detectores de llama los cuales enviarán una señal al tablero generando la descarga del sistema.

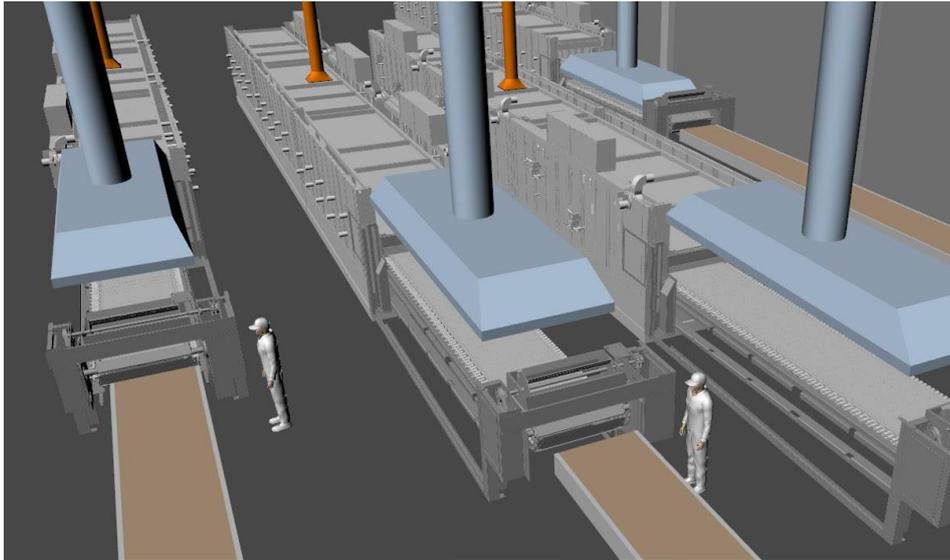


Figura 38 Diseño de ubicación de emisores en campana de extracción, chimenea de extracción y malla posterior a campana de extracción.
(Gomez Mesa, 2020)

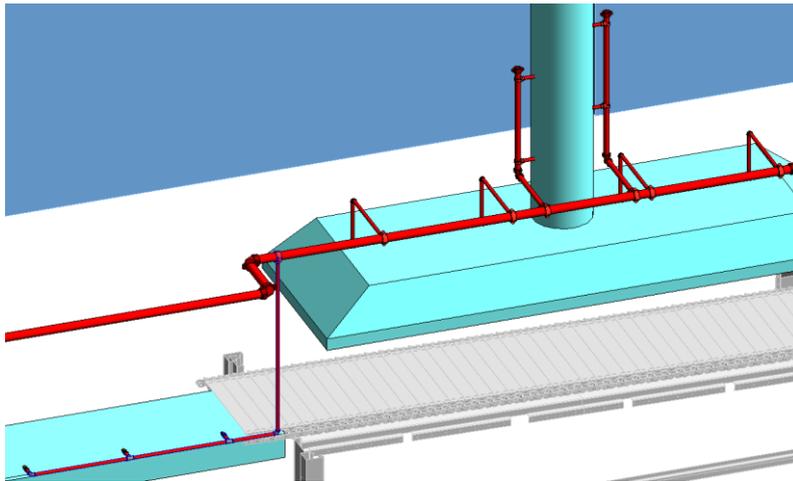


Figura 39 Diseño de descargas de las campanas 1.
(Gomez Mesa, 2020)

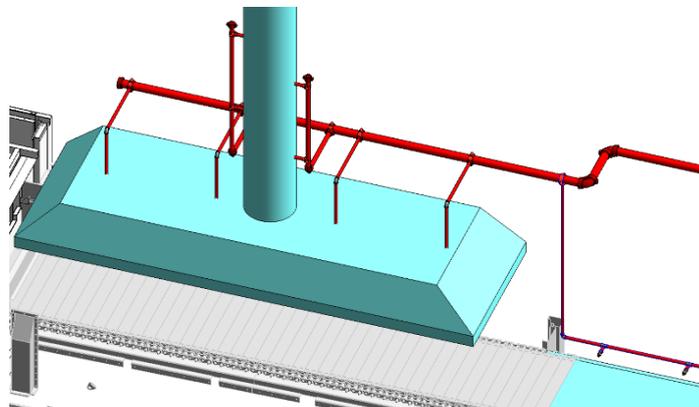


Figura 40 Diseño de descargas de las campanas 2.
(Gomez Mesa, 2020)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

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

Se diseña una red contra incendios basada en cálculos hidráulicos, la presión mínima residual de cada rociador debe ser de 7 *psi* según lo establecido en la norma NFPA 13. Por otro lado, si se diseña con base en cédula de tubería, el siguiente cuadro presenta los requerimientos de suministro de agua para el sistema de rociadores, según el nivel de riesgo que presenta el área a proteger. (Cifuentes Medina & Garzon Delgadillo, 2020)

Tabla 12 *Requisitos de Suministro de Agua.*

Requisitos de Suministro de Agua para Sistemas de Rociadores por Sistema Tabulado

Clasificación de la Ocupación	Presión Residual Mínima Requerida	Flujo	Duración en Minutos
		Aceptable en la Base de la Tubería Vertical de Alimentación	
Riesgo Leve	15 psi	500 - 750 GPM	30-60
Riesgo Ordinario	20 psi	850-1500 GPM	60-90

Para Unidades SI: 1 GPM = 3,785 L/min; 1 psi = 0,0689 bar. (NFPA 13, 2022)

En la figura 41 se observa la relación entre la densidad de descarga de fluido por rociador con el área que ese cubre, lo anterior ligado al nivel de riesgo que presenta el área a proteger.

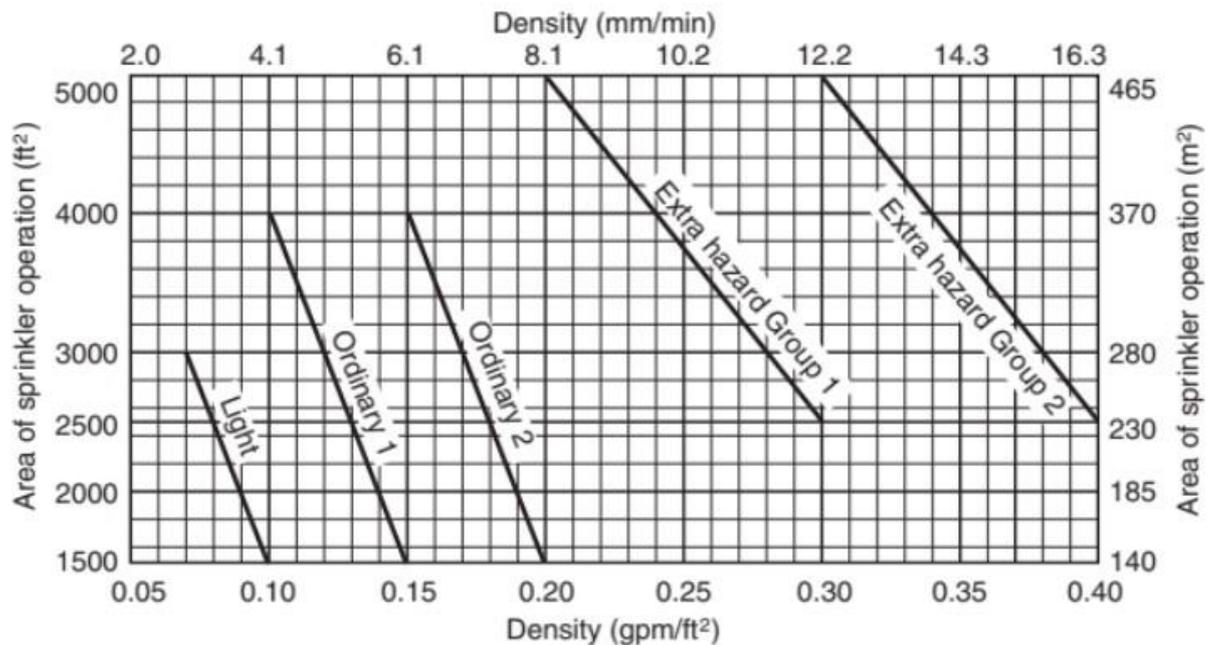


Figura 41 Relación Densidad de Descarga vs Área de Cobertura.
(NFPA 13, 2022)

4.5.6 Diseño hidráulico Esta es la etapa más importante del diseño, ya que proporciona los datos necesarios para realizar la selección del sistema más adecuado para la empresa Noel de acuerdo con las pérdidas de presión en la red y el caudal necesario para la misma; por otro lado, se definen los elementos de distribución del fluido en la totalidad del área de la planta a intervenir (Horno # 4). Los componentes principales del Sistema son:

- Nitrógeno Almacenado
- Suministro de Agua
- Panel principal de Control
- Red de tuberías
- Emisores

4.5.7 Rociadores o Emisores automáticos Se selecciona el tipo de rociador a utilizar, ya que, con la información específica de este elemento, se llega a definir ciertas características necesarias para detallar la red contra incendios. En la siguiente figura, se observa el rociador seleccionado para el diseño.

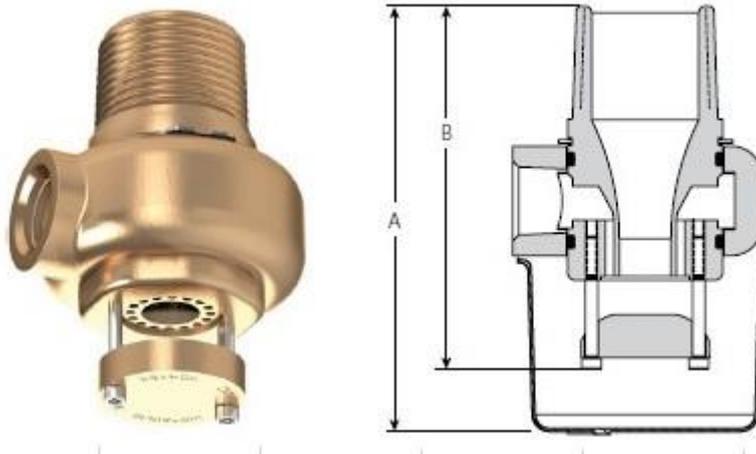


Figura 42 Emisor de extinción de incendios híbrido Victaulic Vortex 1500 Serie 953. (Victaulic Company, 2022).

El sistema híbrido de extinción de incendios Victaulic Vortex proporciona una suspensión homogénea de gas inerte mezclado con gotas ultrafinas de agua para proteger diversos peligros con dos mecanismos de extinción que ocurren simultáneamente: enfriamiento a temperatura de la llama y dilución del nivel de oxígeno ambiental. Los emisores híbridos de las series 953 y 954 son dispositivos patentados por Victaulic diseñados para entregar los medios híbridos. El agua y el nitrógeno se mezclan en el emisor híbrido y se distribuyen como medios híbridos. (Victaulic Company, 2022)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	04
			Fecha	24-02-2020

Tabla 13 Dimensiones del emisor estándar de la serie 953.

Tamaño pulgadas mm	Escudo Y/N	Orificio de nitrógeno pulgadas mm	Orificio de agua (x16) pulgadas mm	Entrada de nitrógeno NPT	Entrada de agua NPT	A pulgadas mm	B pulgadas mm	Distancia mínima de la lámina al techo pulgadas mm	Altura máxima del techo metros pies
5/8	Ninguno	0.63	0.06	3/4" NPT	1/4" NPT	3.23	2.86	4.3	24.5
		16	1.5	Macho	Hembra	82	72.6	109	7.5
1/2	Ninguno	0.5	0.06	3/4" NPT	1/4" NPT	3.21	2.86	4.3	24.5
		12.7	1.5	Macho	Hembra	81.5	72.6	109	7.5
3/8	Ninguno	0.38	0.06	3/4" NPT	1/4" NPT	3.1	2.65	4.3	16
		9.7	1.5	Macho	Hembra	78.7	67.3	109	4.9
1/4	Ninguno	0.25	0.06	3/4" NPT	1/4" NPT	3.21	2.67	4.3	12
		6.4	1.5	Macho	Hembra	81.5	67.8	109	3.7
1/8	Ninguno	0.13	0.03	3/4" NPT	1/8" NPT	2	1.87	4.3	12
		3.3	0.8	Hembra	Hembra	50.8	47.5	109	3.7

NOTA

- Los emisores estándar de la serie 953 están disponibles en acero inoxidable y latón. (Victaulic Company, 2022)

En primer lugar, se determina el área de cobertura para cada rociador; seleccionada como 12 m^2 , dado que se tiene una clasificación de riesgo ordinario 1 se hace el diseño del sistema mediante cálculos hidráulicos y se toma una densidad de descarga de $0,15 \text{ gpm}/\text{ft}^2$ (se toma de la figura Relación Densidad de Descarga vs Área de Cobertura).

Tabla 14 Área de cobertura de rociador seleccionada.

Áreas de protección y espaciado máximo de los rociadores de pulverización colgantes y verticales estándar para peligros comunes (Ordinarios)

Tipo de construcción	Tipo de sistema	Zona de Protección		Espaciado máximo	
		ft ²	m ²	ft	m
Todo	Todo	130	12	15	4.6

(NFPA 13, 2022)

El área de cobertura determinada se puede representar como un rectángulo, que, para este caso, se seleccionan sus dimensiones de $3 \text{ m} * 4 \text{ m}$, se puede ver representado en la siguiente figura:

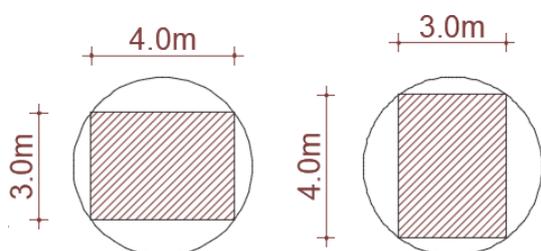


Figura 43 Área de cobertura.
(Cifuentes Medina & Garzon Delgado, 2020)

En segundo lugar, se determina el factor propio del rociador “K”; dato que depende del nivel de riesgo y que es necesario a la hora de realizar cálculos hidráulicos; en este caso se manejará con valor $1.4 \text{ gpm}/\sqrt{\text{psi}}$ por características del emisor o rociador seleccionado. La norma NFPA 13 proporciona valores nominales para la correcta selección de rociadores; ver en la siguiente tabla:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 15 Valores nominales de factor K de Emisores.

Tamaños nominales de orificio de rociador			
Factor K nominal		Tamaño nominal del orificio	
U.s. [gpm/ (psi) ^{1/2}]	Metric [L/min/(bar) ^{1/2}]	in	mm
1.4	20	1/4	6.4
1.9	27	5/16	8
2.8	40	3/8	10
4.2	60	7/16	11
5.6	80	1/2	13
8	115	17/32	13
11.2	160	5/8	16
14	200	3/4	20
16.8	240	-	-
19.6	280	-	-
22.4	320	-	-
25.2	360	-	-
28	400	-	-
33.6	480	-	-

(NFPA 13, 2022)

Tabla 16 Temperatura y clasificación de rociadores.

Rangos de Temperatura, Clasificación de Temperatura y Código de Color						
Temperatura Máxima en el techo		Ámbito de Temperatura		Clasificación de Temperatura	Código de Color	Color de la Ampolla o Vidrio
°F	°C	°F	°C			
100	38	135 a 170	57 a 77	Ordinaria	Sin Color o Negro	Naranja o Rojo
150	66	175 a 225	79 a 107	Intermedia	Blanco	Amarillo o Verde
225	107	250 a 300	121 a 149	Alta	Azul	Azul
300	149	325 a 375	163 a 191	Extra-Alta	Rojo	Violeta
375	191	400 a 475	204 a 246	Extra Muy Alta	Verde	Negro
475	246	500 a 575	260 a 302	Ultra Alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra Alta	Naranja	Negro

(NFPA 13, 2022)

En la red de tuberías se usarán materiales como la fundición dúctil y el acero protegido contra la corrosión como el acero galvanizado pero debido a su alto costo mejor usaremos la tubería de acero normal sin costura, comercialmente conocida como ASTM A53 cedula 40, debido a su alta resistencia mecánica, ya que tienen una presión de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ruptura de 3000 psi y en los sistemas contra incendios se manejan presiones alrededor de los 100 psi, de esta forma nos aseguramos un factor de seguridad muy alto.

Por otro lado, la norma NFPA 13 brinda herramientas para seleccionar el diámetro óptimo a utilizar en cada tramo de la red, según el número de rociadores que abastece dicho tramo y el nivel de riesgo del área a proteger, cabe notar que para riesgo Extra se hace uso del mismo cuadro que para riesgo Ordinario.

Tabla 17 *Diámetros de tubería recomendados para riesgo ordinario.*

Tabulación de Tuberías para Riesgo Ordinario			
	Acero		Cobre
1"	2 rociadores	1"	2 rociadores
1 1/4"	3 rociadores	1 1/4"	3 rociadores
1 1/2"	5 rociadores	1 1/2"	5 rociadores
2"	10 rociadores	2"	12 rociadores
2 1/2"	20 rociadores	2 1/2"	25 rociadores
3"	40 rociadores	3"	45 rociadores
3 1/2"	65 rociadores	3 1/2"	75 rociadores
4"	100 rociadores	4"	115 rociadores
5"	160 rociadores	5"	180 rociadores
6"	275 rociadores	6"	300 rociadores
8"	Ver Sección 4-2	8"	Ver Sección 4-2

Para unidades SI: 1 pulgada = 25.4 mm
(NFPA 13, 2022)

El paso siguiente es determinar el **caudal teórico** para un funcionamiento correcto de la red, con base en el propósito de las normas de la NFPA para la protección contra incendios, donde especifica que el diseño de la red está supuesto al evento en que se dé un único incendio dentro de la edificación, los esfuerzos se deben centran en la mitigación en un área definida, especificando una zona de cobertura contra incendio.

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

Para el caso específico de la empresa Noel, el área hidráulicamente más demandante es el área de hornos (particularmente el horno #4) 2556 ft^2 (237.4602 m^2), recordemos que el área de cobertura por rociador es de 12 m^2 y una densidad de descarga de 0,15 gpm/ft^2 .

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

En donde:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Q_T : Caudal teórico de descarga (gpm).

d : Densidad de descarga = $0,15 \text{ gpm}/\text{ft}^2$

A_c : Área de cobertura = 2556 ft^2

Q_G : Caudal para gabinetes por norma NFPA 13= 500 gpm (nuestro diseño no incluye gabinetes)

$$Q_T = (0.15 \text{ gpm} / \text{ft}^2 * 2556 \text{ ft}^2) + 0$$

$$Q_T = 383.4 \text{ gpm}$$

La anterior operación resulta en un caudal teórico de descarga en el sistema de rociadores de 383.4 gpm . Es necesario aclarar que el valor obtenido anteriormente es netamente teórico para el caso del área hidráulicamente más demandante, se verificará si supe las necesidades de la red contra incendios al realizar los cálculos de pérdidas de presión en los recorridos más críticos de la red.

4.5.8 Determinación de la presión necesaria Para determinar de manera correcta la presión necesaria para la red contra incendios, se debe evaluar diferentes escenarios mediante el uso de la ecuación de Hazen-Williams y comparar sus resultados.

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

- **Velocidad del fluido**

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

En donde:

V : Velocidad del fluido (ft/s)

Q_T : Caudal teórico en nodo (gpm)

ϕ_{interno} : Diámetro interno de la tubería (" - in)

- **Caída de presión**

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

En donde:

ΔP : Caída de presión (psi/ft)

Q_T : Caudal teórico en nodo (gpm)

L_{equiv} : Longitud equivalente (ft)

C : Constante C de Hazen Williams

ϕ_{interno} : Diámetro interno de la tubería (" - in). (Cifuentes Medina & Garzon Delgado, 2020)

Fittings and Valves Expressed in Equivalent Feet (Meters) of Pipe

	½ in.	¾ in.	1 in.	1¼ in.	1½ in.	2 in.	2½ in.	3 in.	3½ in.	4 in.	5 in.	6 in.	8 in.	10 in.	12 in.
Fittings and Valves	(15 mm)	(20 mm)	(25 mm)	(32 mm)	(40 mm)	(50 mm)	(65 mm)	(80 mm)	(90 mm)	(100 mm)	(125 mm)	(150 mm)	(200 mm)	(250 mm)	(300 mm)
45° elbow	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	13 (4)
90° standard elbow	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
90° long-turn elbow	0.5 (0.2)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4)	16 (4.9)	18 (5.5)
Tee or cross (flow turned 90°)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.1)	35 (10.7)	50 (15.2)	60 (18.3)
Butterfly valve	—	—	—	—	—	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3)	—	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Gate valve	—	—	—	—	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Vane type flow switch			6 (1.8)	9 (2.7)	10 (3)	14 (4.3)	17 (5.2)	22 (6.7)	—	30 (9.1)	—	16 (4.9)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11)
Swing check*	—	—	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (10)	45 (14)	55 (17)	65 (20)

Note: Information on ½ in. pipe is included in this table only because it is allowed under Sections 29.4 and 29.5.

*Due to the variation in design of swing check valves, the pipe equivalents indicated in this table are considered average.

Figura 44 Longitudes Equivalentes de Tubería de Acero Cédula 40.
(NFPA 13, 2022)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- **Perdidas por fricción**

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

En donde:

Pf : Pérdidas por fricción (psi)

ΔP : Caída de presión (psi/ft)

L_{equiv} : Longitud equivalente (ft).

- **Presión por Velocidad**

$$P_V = \frac{0.001123 * Q_T^2}{\phi_{interno}^4}$$

En donde:

Pv : Presión por velocidad (gpm)

Q_T : Caudal teórico en nodo (gpm)

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

- **Presión final en el nodo**

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

En donde:

P : Presión final en el nodo (psi)

Q_T : Caudal teórico en nodo (gpm)

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

- **Cantidad de emisores que abarca el área de cobertura**

$$N_{SPK} = \frac{A_C}{A_{SPK}}$$

En donde:

N_{SPK} : Cantidad de emisores que abarca A_C

A_C : Área de cobertura

A_{SPK} : Área de cobertura de cada rociador

$$N_{SPK} = \frac{2556 \text{ ft}^2}{130 \text{ ft}^2} = 19,66$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Como resultado da una cantidad de 20 rociadores. (Cifuentes Medina & Garzon Delgadillo, 2020)

4.5.9 Cálculo del tanque de abastecimiento de fluido Para determinar el volumen de fluido disponible necesario para la red, se basa en el cálculo de caudal de descarga previamente realizado y el tiempo mínimo que se requiere, que el sistema permanezca activo en caso se presente un incendio en la zona a proteger, en este caso en específico, el tiempo es 5 minutos debido al tipo de red seleccionada.

$$V_T = Q_T * t$$

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

Q_T : Caudal teórico de descarga = 383.4 *gpm*

t : Tiempo de descarga = 5 *min*

$$V_T = 383.4 \frac{\text{gal}}{\text{min}} * 5 \text{ min} = 1917 \text{ gal}$$

El resultado es 1917 gal (7.26 m³), el cual se traduce en la capacidad mínima que debe tener el depósito.

Debido a la naturaleza de la empresa y habiendo ya establecido el área hidráulicamente más demandante, se evalúa en primera instancia.

Con los siguientes parámetros:

- Tipo de riesgo: ordinario
- Densidad de descarga = 0,15 *gpm/ft²*
- Área de Diseño de operación = 2556 *ft²*
- Área de cobertura por rociador = 130 *ft²*
- Número de rociadores por área de operación = 20
- Constante de rociador K = 1.4 *gpm/√psi*

(Cifuentes Medina & Garzon Delgadillo, 2020)

4.5.10 Cálculos hidráulicos para zona de cobertura de la red contra incendios Mediante la utilización del programa CYPEFIRE Hydraulic Systems se realizan los cálculos hidráulicos para zona de cobertura de la red contra incendios, la matriz de cálculos para este

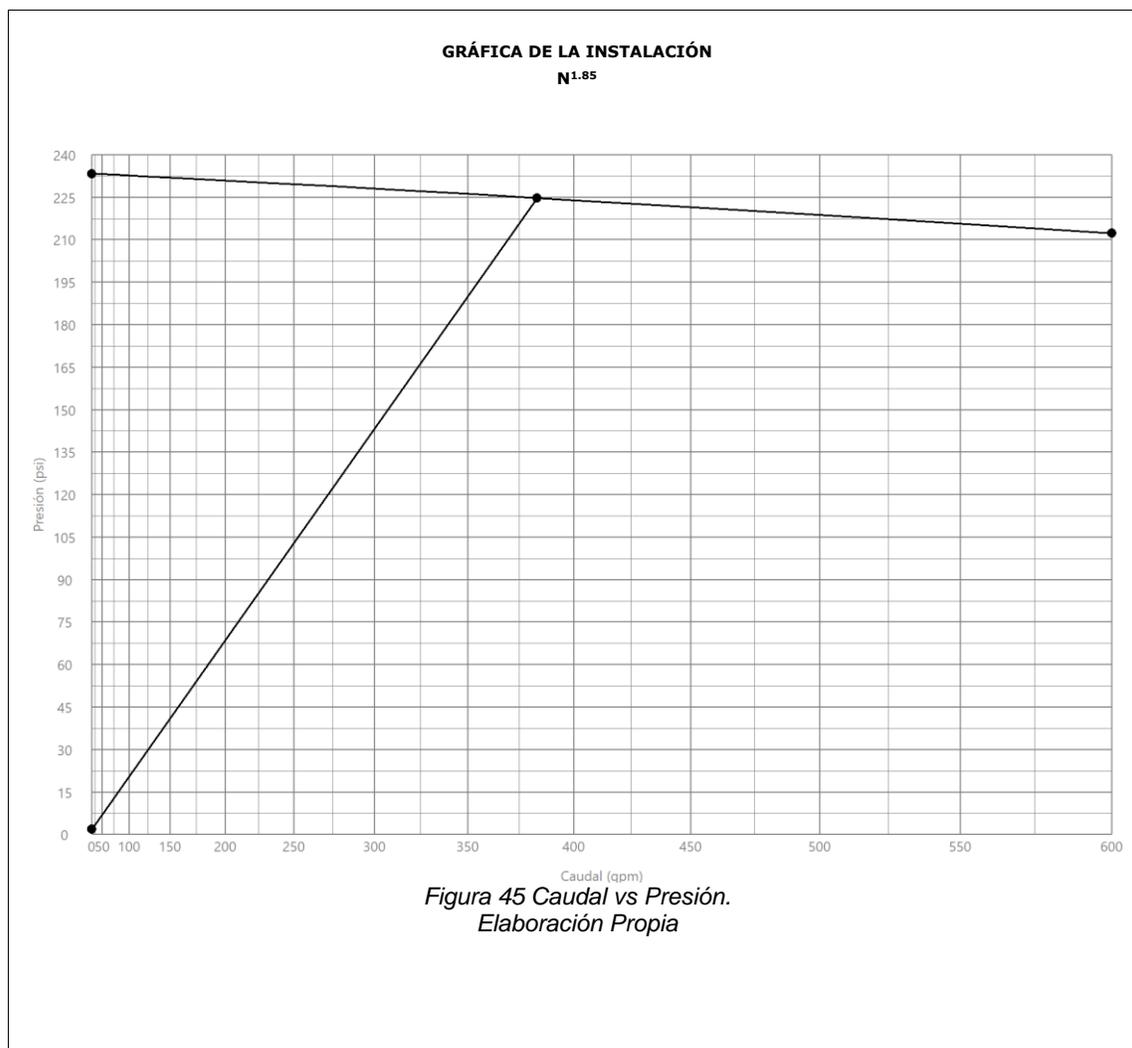
 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

escenario específico se observa a continuación y los accesorios para tener en cuenta en esta matriz son los presentados luego de las tablas.

Tabla 18 Cálculo hidráulico.

Cálculo hidráulico
<p>Nombre del proyecto:</p> <p>Localización:</p> <p>Referencia del plano:</p> <p>Fecha: 02/04/2023</p> <p>Diseño</p> <p>Referencia del área de operación: Horno #4</p> <p>Localización del área de operación: Plano de planta</p> <p>Densidad de descarga: 0.15 gpm/ft²</p> <p>Área de operación: 0.38 m²</p> <p>Área protegida media: 0.02 m²</p> <p>Tipo de Boquilla calculado: Emisor híbrido Serie 953 K-1.4. 1/2 in.</p> <p>N.º de Boquillas calculados: 20</p> <p>Caudal total requerido (incluyendo las BIE): 224.75 psi @ 383.32 gpm</p> <p>Tipo de sistema: Vortex</p> <p>Volumen del sistema seco o de acción previa: --</p> <p>Datos del suministro de agua</p> <p>Fecha: 02/04/2023</p> <p>Localización: Plano de planta</p> <p>Fuente: 225 psi @ 400 gpm</p> <p>Nombre del contratista:</p> <p>Dirección:</p> <p>N.º de teléfono:</p> <p>Nombre del proyectista:</p> <p>Entidad supervisora:</p>

Elaboración propia



La figura 45 nos muestra el caudal requerido, la presión inicial y la caída de esta o perdida al final.

Tabla 19 Cálculo de los Nudos.

Nudos				
Nudo	Cota (m)	Tipo	Presión (psi)	Caudal (gpm)
3	0.00	Salida del grupo de presión	224.64	383.32
1	0.00	Depósito	--	--
2	0.00	Entrada al grupo de presión	--	--
18	1.37	Boquilla	211.82	20.18
17	1.37	Boquilla	211.81	20.18

Nudos				
Nudo	Cota (m)	Tipo	Presión (psi)	Caudal (gpm)
21	1.37	Boquilla	211.81	20.18
22	1.37	Boquilla	211.81	20.18
13	1.37	Boquilla	211.79	20.18
19	1.37	Boquilla	211.79	20.18
16	1.37	Boquilla	211.77	20.18
15	1.37	Boquilla	211.77	20.18
14	1.37	Boquilla	211.77	20.18
7	1.37	Boquilla	211.70	20.17
4	1.37	Boquilla	211.70	20.17
6	1.37	Boquilla	211.69	20.17
5	1.37	Boquilla	211.69	20.17
12	1.37	Boquilla	211.61	20.17
11	1.37	Boquilla	211.60	20.17
8	1.37	Boquilla	211.58	20.17
20	1.37	Boquilla	211.58	20.17
10	1.37	Boquilla	211.58	20.17
9	1.37	Boquilla	211.57	20.17

Elaboración propia

Tabla 20 Cálculo de tuberías.

Tuberías								
Nudo inicial Nudo final	Cota inicial (m) Cota final (m)	Diámetro	Longitud (m)	Caudal (gpm)	Velocidad (m/s)	Presión inicial (psi) Presión final (psi)	Coef. pérdidas	Factor de fricción
3 48	0.00 0.00	4 in	5.62	383.32	2.94	224.64 223.83	0.0000	120
1 2	0.00 0.00	4 in	0.79	383.32	2.94	0.00 0.11	0.0000	120
48	0.00	4 in	1.37	383.32	2.94	223.83	0.8000	120

Tuberías								
Nudo inicial Nudo final	Cota inicial (m) Cota final (m)	Diámetro	Longitud (m)	Caudal (gpm)	Velocidad (m/s)	Presión inicial (psi) Presión final (psi)	Coef. pérdidas	Factor de fricción
23	1.37					221.18		
23 24	1.37 1.37	4 in	1.34	383.32	2.94	221.18 220.48	0.8000	120
24 25	1.37 1.37	4 in	7.17	383.32	2.94	220.48 218.94	0.8000	120
25 26	1.37 1.37	4 in	7.16	383.32	2.94	218.94 217.40	0.8000	120
26 27	1.37 1.37	4 in	30.24	383.32	2.94	217.40 212.52	0.8000	120
27 35	1.37 1.37	4 in	0.41	383.32	2.94	212.52 211.96	0.8000	120
35 49	1.37 1.37	4 in	0.36	262.25	2.01	211.96 211.85	0.3000	120
49 28	1.37 1.37	4 in	0.60	201.71	1.55	211.85 211.77	0.3000	120
35 36	1.37 1.37	4 in	0.32	121.07	0.93	211.96 211.84	1.8000	120
28 29	1.37 1.37	4 in	1.05	121.01	0.93	211.77 211.64	1.8000	120
36 42	1.37 1.37	4 in	0.86	100.89	0.78	211.84 211.82	0.3000	120
29 34	1.37 1.37	4 in	0.40	100.84	0.77	211.64 211.62	0.3000	120
42 41	1.37 1.37	4 in	0.15	80.71	0.62	211.82 211.81	0.3000	120
28 47	1.37 1.37	4 in	1.04	80.70	0.62	211.77 211.75	0.3000	120
47 46	1.37 1.37	4 in	0.82	80.70	0.62	211.75 211.72	0.8000	120

Tuberías								
Nudo inicial Nudo final	Cota inicial (m) Cota final (m)	Diámetro	Longitud (m)	Caudal (gpm)	Velocidad (m/s)	Presión inicial (psi) Presión final (psi)	Coef. pérdidas	Factor de fricción
34 33	1.37 1.37	4 in	0.66	80.67	0.62	211.62 211.61	0.3000	120
49 17	1.37 1.37	4 in	0.95	60.54	0.47	211.85 211.81	1.8000	120
41 40	1.37 1.37	4 in	1.99	60.53	0.47	211.81 211.80	0.3000	120
46 45	1.37 1.37	4 in	1.00	60.52	0.46	211.72 211.71	0.3000	120
33 32	1.37 1.37	4 in	0.21	60.51	0.46	211.61 211.60	0.3000	120
17 21	1.37 1.37	4 in	0.94	40.36	0.31	211.81 211.81	0.3000	120
40 39	1.37 1.37	4 in	0.34	40.36	0.31	211.80 211.79	0.3000	120
45 44	1.37 1.37	4 in	1.00	40.35	0.31	211.71 211.71	0.3000	120
32 31	1.37 1.37	4 in	0.83	40.34	0.31	211.60 211.60	0.3000	120
36 18	1.37 1.37	2½ in	0.37	20.18	0.41	211.84 211.82	1.8000	120
21 22	1.37 1.37	4 in	1.14	20.18	0.16	211.81 211.81	0.3000	120
42 13	1.37 1.37	2½ in	0.59	20.18	0.41	211.82 211.79	1.8000	120
39 37	1.37 1.37	4 in	0.66	20.18	0.16	211.79 211.79	0.3000	120
41 19	1.37 1.37	2½ in	0.37	20.18	0.41	211.81 211.79	1.8000	120
40	1.37	2½ in	0.30	20.18	0.41	211.80	1.8000	120

Tuberías								
Nudo inicial Nudo final	Cota inicial (m) Cota final (m)	Diámetro	Longitud (m)	Caudal (gpm)	Velocidad (m/s)	Presión inicial (psi) Presión final (psi)	Coef. pérdidas	Factor de fricción
16	1.37					211.77		
37 15	1.37 1.37	2½ in	0.38	20.18	0.41	211.79 211.77	1.8000	120
39 14	1.37 1.37	2½ in	0.59	20.18	0.41	211.79 211.77	1.8000	120
46 7	1.37 1.37	2½ in	0.07	20.17	0.41	211.72 211.70	1.8000	120
44 43	1.37 1.37	4 in	1.00	20.17	0.15	211.71 211.71	0.3000	120
43 4	1.37 1.37	2½ in	0.09	20.17	0.41	211.71 211.70	0.8000	120
45 6	1.37 1.37	2½ in	0.08	20.17	0.41	211.71 211.69	1.8000	120
44 5	1.37 1.37	2½ in	0.09	20.17	0.41	211.71 211.69	1.8000	120
29 12	1.37 1.37	2½ in	0.27	20.17	0.41	211.64 211.61	1.8000	120
34 11	1.37 1.37	2½ in	0.26	20.17	0.41	211.62 211.60	1.8000	120
31 30	1.37 1.37	4 in	0.40	20.17	0.15	211.60 211.60	0.3000	120
30 8	1.37 1.37	2½ in	0.25	20.17	0.41	211.60 211.58	0.8000	120
33 20	1.37 1.37	2½ in	0.25	20.17	0.41	211.61 211.58	1.8000	120
32 10	1.37 1.37	2½ in	0.25	20.17	0.41	211.60 211.58	1.8000	120
31 9	1.37 1.37	2½ in	0.26	20.17	0.41	211.60 211.57	1.8000	120

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	04
			Fecha	24-02-2020

Tuberías								
Nudo inicial	Cota inicial (m)	Diámetro	Longitud (m)	Caudal (gpm)	Velocidad (m/s)	Presión inicial (psi)	Coef. pérdidas	Factor de fricción
Nudo final	Cota final (m)					Presión final (psi)		
37	1.37	4 in	0.25	0.00	0.00	211.79	0.3000	120
38	1.37					211.79		

Elaboración propia

4.5.11 Accesorios tenidos en cuenta en la matriz de cálculos

Tabla 21 Emisores.

EMISORES			
Código	Ud.	Descripción	Cantidad
1.001	Ud.	Emisor híbrido Serie 953 K-1.4. 1/2 in.	19.00

Elaboración propia

Tabla 22 Tuberías.

Tuberías			
Código	Ud.	Descripción	Cantidad
2.001	m	Acero, Schedule 40. 2½ in.	4.45
2.002	m	Acero, Schedule 40. 4 in.	71.08

Elaboración propia

Tabla 23 Depósitos.

Depósitos			
Código	Ud.	Descripción	Cantidad
3.001	Ud.	Depósito (120 gal).	1.00

Tabla 24 Grupos de presión.

Grupos de presión			
Código	Ud.	Descripción	Cantidad
4.001	Ud.	Fuente: 225 psi @ 400 gpm	1.00

Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 25 Accesorios.

Accesorios			
Código	Ud.	Descripción	Cantidad
5.001	Ud.	Acoplamiento, 4" DN 100 mm, de acero	2.00
5.002	Ud.	Codo 90°, 4" DN 100 mm, de acero	9.00
5.003	Ud.	Te, 4" DN 100 mm, de acero	17.00

Elaboración propia

4.5.12 Teoría para realizar los cálculos de pérdida de presión en una tubería de nitrógeno

Los sistemas híbridos de extinción de incendios, incluido el sistema Victaulic Vortex, utilizan nitrógeno y agua para extinguir incendios. El rendimiento óptimo de estos sistemas depende de que todos los emisores operen dentro de su clasificación de presión. La mayoría de los emisores Victaulic Vortex están clasificados para operar a 25 psi, con una tolerancia de -10% a +20% (22.5-30 psi).

Existe documentación sustancial de métodos para calcular pérdidas con fluidos incompresibles, como el agua, ya que se utilizan para agua por aspersión, agricultura, suministro de agua doméstica y aplicaciones industriales. Los métodos de cálculo para fluidos compresibles, como el gas nitrógeno, se utilizan con menos frecuencia.

El gas nitrógeno es un fluido compresible y cambiará la densidad y la velocidad a lo largo de la tubería, presentando una complejidad adicional en el cálculo de las pérdidas de presión.

Existen varias herramientas de software para modelar el flujo de fluido compresible, como el gas nitrógeno. Estos proporcionan un análisis muy detallado y preciso de las presiones. Estas herramientas de software también requieren una capacitación sustancial para el usuario, junto con un tiempo significativo para ingresar y modelar un sistema con precisión. (Victaulic.com, 2021)

1. Ecuación Darcy-Weisbach

La ecuación de Darcy-Weisbach, que describe el flujo incompresible, se usa comúnmente para describir el flujo de agua en los sistemas de tuberías.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

$$\Delta P = f * \frac{l}{d} * \frac{1}{2} \rho v^2$$

En donde:

p = Densidad

v = Velocidad

P = Presión

f = Factor de fricción de Darcy

d = Diámetro de la tubería

l = Longitud de la tubería

Al revisar la ecuación de Darcy-Weisbach muestra lo siguiente:

- Las pérdidas de presión aumentan con el factor de fricción y la longitud de la tubería.
- Las pérdidas de presión disminuyen a medida que aumenta el diámetro de la tubería.
- Las pérdidas de presión aumentan exponencialmente con la velocidad.

Un gas compresible, como el nitrógeno, fluye a velocidades más altas cuando está a presiones más bajas (menos densas). La velocidad del flujo de gas aumentará a medida que el gas se mueva por la tubería, lo que hará que la caída de presión por pie aumente exponencialmente con el aumento de la velocidad. El uso de la ecuación de Darcy-Weisbach con una sola densidad y velocidad sobre la longitud de la tubería no modela estas condiciones. (Victaulic.com, 2021)

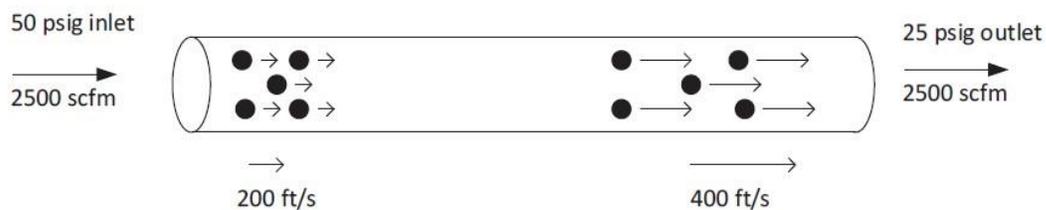


Figura 46 Relación de densidad y presión.
(Victaulic.com, 2021)

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

La figura 46 ilustra cómo disminuye la densidad a medida que cae la presión a lo largo de una tubería y, en consecuencia, aumenta la velocidad.

Ecuaciones de flujo de gas

El comportamiento de los fluidos compresibles, como el gas nitrógeno, en una tubería se describe mediante el siguiente conjunto de ecuaciones fundamentales.

2. **Masa** $\frac{d\rho}{\rho} + \frac{dv}{v} = 0$

3. **Momento** $dP + \frac{1}{2}\rho v^2 \frac{f}{d} dx + \rho v dv = 0$

4. **Energía** $\dot{m} \left(h + \frac{1}{2} v^2 \right) = q$

5. **Ecuación de estado** $P = Z\rho RT$

6. **Número de Mach** $M = \frac{v}{\sqrt{\gamma ZRT}}$

En donde:

ρ = Densidad

v = Velocidad

P = Presión

f = Factor de fricción de Darcy

d = Diámetro de la tubería

\dot{m} = Caudal másico

h = Entalpía estática

q = Velocidad de calentamiento

Z = Factor de compresibilidad del gas

R = Constante de gas individual

γ = Relación de calores específicos (1,4 para el nitrógeno)

M = Número de Mach

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Las ecuaciones anteriores, 2-6, proporcionan información sobre el comportamiento del fluido compresible. Resolver estas ecuaciones a mano no es factible, pero se pueden hacer las siguientes observaciones: La ecuación 5 relaciona la densidad con la presión del gas; a medida que disminuye la presión, disminuye la densidad. La ecuación 2 muestra que la velocidad aumentará a medida que disminuya la densidad. La ecuación 3 indica que las pérdidas de presión aumentarán con el aumento de la velocidad.

En resumen, a medida que el gas viaja a lo largo de la tubería, la presión se pierde a un ritmo creciente. (Victaulic.com, 2021)

4.5.13 Un enfoque simplificado La ecuación de momento (3) relaciona el cambio de presión con la densidad, la velocidad y el diámetro de la tubería. A medida que el cambio en la velocidad se acerca a cero, la ecuación de Darcy-Weisbach (1) se puede usar para aproximar el cambio en la presión descrito por la ecuación (3).

El cambio en la velocidad será bajo cuando la longitud de una sección de tubería es corta y la velocidad es baja. Se puede usar una hoja de cálculo para dividir una longitud de tubería en secciones cortas donde el cambio en la velocidad es mínimo y se puede aplicar la ecuación de Darcy-Weisbach. Las caídas de presión individuales se pueden sumar para determinar la pérdida de presión total a lo largo de la tubería. (Victaulic.com, 2021)

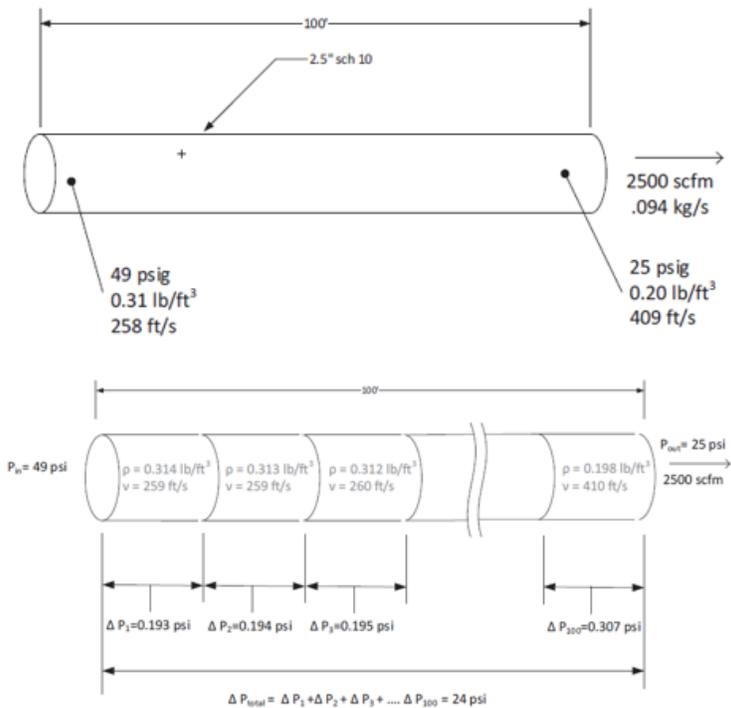


Figura 47 Cálculo de presión por secciones.
(Victaulic.com, 2021).

La figura 47 muestra la pérdida de presión calculada por secciones y sumada para obtener la pérdida de presión total. El factor de fricción en tuberías comerciales es de 0.018-0.025 pulgadas para acero al carbono comercial, siendo 0.025 el valor a utilizar en el peor de los casos.

Para mayor precisión, el valor del factor de fricción se calcula en función de la rugosidad de la tubería, que describe la superficie interior de la tubería. El número de Reynolds se utiliza para predecir el patrón de flujo y la turbulencia. Y se calcula en función de la velocidad y la viscosidad del fluido, en este caso gas nitrógeno. (Victaulic.com, 2021)

7. Factor de fricción de Darcy
$$f = \frac{1.325}{\ln\left(\frac{r}{3.7 \cdot \frac{d}{12}} + \frac{5.74}{re^{0.9}}\right)^2}$$

En donde:

- f = Factor de fricción de Darcy
- d = Diámetro de la tubería

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

re = Número de Reynolds

r = Rugosidad de la tubería

Otras entradas requeridas para la ecuación son la densidad y la velocidad del gas. La densidad variará con la presión a lo largo de la tubería y debe volver a calcularse para cada segmento de tubería. La ley de los gases ideales se puede utilizar para estimar la densidad en función de la presión. La velocidad del gas también variará a lo largo de la tubería.

Y se puede calcular en función del diámetro de la tubería y los pies cúbicos reales por minuto (ACFM). En los sistemas Victaulic Vortex, los componentes se clasifican en pies cúbicos estándar por minuto (SCFM), que es el volumen de gas normalizado a "condiciones estándar" de 1 bar y 20 C. (Victaulic.com, 2021)

4.5.14 Codos, T y otros accesorios Las pérdidas a través de codos, tees y otros accesorios se pueden calcular utilizando una "longitud equivalente". La longitud equivalente para un sistema de tuberías es la longitud real del tramo más una longitud adicional que representa la pérdida por fricción a través de los accesorios.

Los valores típicos para la longitud equivalente serán de 10 a 20 diámetros de tubería y están disponibles en algunas hojas de datos del fabricante o manuales de la industria. La siguiente tabla tomada de la hoja de presentación Victaulic, presenta las longitudes equivalentes en pies para la tubería. La hoja de presentación da dos valores para tees, dependiendo de si el flujo es a través de la rama o la carrera. La presentación también ilustra las diferentes pérdidas asociadas con codos estándar y de radio largo. (Victaulic.com, 2021)

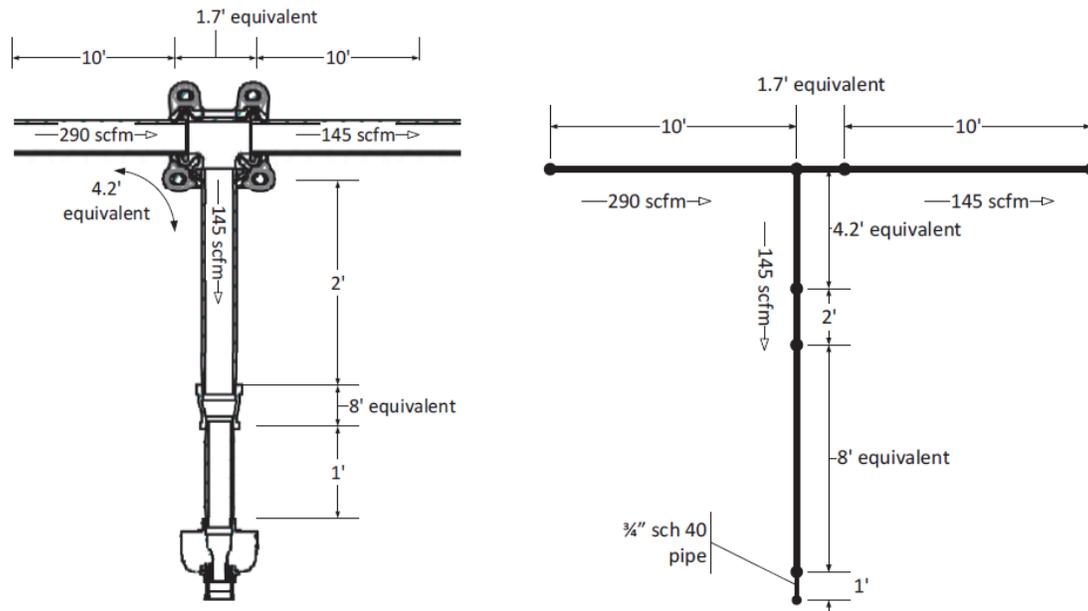


Figura 48 Sistema representado usando longitudes equivalentes.
(Victaulic.com, 2021)

Tabla 26 Tabla de longitudes equivalentes.

Tamaño		Dimensiones					
Nominal pulgadas DN	Diámetro exterior real	Codos de 90°		Codos de 45°		Tees	
		Nº 10 Radio Estándar	No. 100 1 1/2 D Radio largo	No.11 Radio Estándar	Nº 110 1 1/2 D Radio largo	Rama	Carrera
		pulgadas milímetros	pies metros	pies metros	pies metros	pies metros	pies metros
1	1.315	1.7	—	0.8	—	4.2	1.7
DN25	33.7	0.5	—	0.2	—	1.3	0.5

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO					Código	FDE 089
						Versión	04
						Fecha	24-02-2020

2	2.375	3.5	2.5	1.8	1.1	8.5	3.5
DN50	60.3	1.1	0.8	0.5	0.3	2.6	1.1
	3	4.3	—	2.1	—	10.8	4.3
DN65	76.1	1.3		0.7		3.3	1.3
3	3.5	5	3.8	2.6	1.6	13	5
DN80	88,9	1.5	1.2	0.8	0.5	4	1.5
	4.25	6.4	—	3.2	—	15.3	6.4
	108	2		0.9		4.7	2
4	4.5	6.8	5	3.4	2.1	16	6.8
DN100	114.3	2.1	1.5	1	0.6	4.9	2.1
	5.25	8.1	—	4.1	—	20	8.1
	133	2.5		1.2		6.2	2.5
	5.5	8.5	—	4.2	—	21	8.5
DN125	139.7	2.6		1.3		6.4	2.6
	5.563	8.5	—	4.2	—	21	8.5
	141.3	2.6		1.3		6.4	2.6
	6.25	9.4	—	4.9	—	25,0	9.6
	159	2.9		1.5		7.6	2.9
	6.5	9.6	—	5	—	25,0	10
	165.1	2.9		1.5		7.6	3
6	6.625	10	7.5	5	3	25,0	10
DN150	168.3	3	2.3	1.5	0.9	7.6	3
8	8.625	13	9.8	6.5	4	33	13
DN200	219.1	4	3	2	1.2	10.1	4
10	10.75	17	12	8.3	5	41	17
DN250	273	5.2	3.7	2.5	1.5	12.5	5.2
12	12.75	20	14.5	10	6	50	20
DN300	323.9	6.1	4.4	3	1.8	15.2	6.1
14	14	24.54	15.8	18.54	11	70	23
DN350	355.6	7.5	4.8	5.6	3.4	21.3	7
16	16	28,04	18	21.04	13	80	27,0
DN400	406.4	8.5		5.5	6.4	4	24.4
18	18	31.04	20	23.54	14	90,0	30
DN450	457	9.5	6.1	7.2	4.3	27.4	9.1
20	20	34,04	22.5	25,54	16	100	33
DN800	508	10.4	6.9	7.8	4.9	30.5	10.1
24	24	42.04	27,0	29.54	19	120	40,0

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO				Código	FDE 089
					Versión	04
					Fecha	24-02-2020

DN600	610	12.8	8.2	9	5.8	36.6	12.2
-------	-----	------	-----	---	-----	------	------

(Victaulic.com, 2021)

La tabla 26 expresa la resistencia a la fricción de varias conexiones equivalentes de tubería recta en pies. Los accesorios que no figuran en la lista se pueden estimar a partir de los datos proporcionados; por ejemplo, un codo de 22½° es aproximadamente la mitad de la resistencia de un codo de 45°. Los valores de los tamaños medianos se pueden interpolar.

4.5.15 Resumen de los cálculos de pérdida de presión El método simplificado para calcular la pérdida de presión, que se muestra en la hoja de cálculo y la ecuación (7), brinda una estimación de las pérdidas de presión en una tubería y puede usarse para analizar una red de tuberías de nitrógeno Victaulic Vortex. Con las siguientes pautas:

- Cuanto más rápidamente cambie la presión, más fino debe ser el análisis para mantener la precisión. La mayoría de los sistemas Victaulic Vortex se pueden analizar en secciones de 1 pie, siempre que las pérdidas de presión se limiten a aproximadamente el 10% de la presión de entrada a lo largo de la tubería.

$$P_{drop} < 10\% \times P_{inlet}$$
(Caída de P < 10% x entrada de P)
- A los codos y accesorios se les debe asignar una longitud equivalente.
- El factor de fricción depende de la tubería utilizada y debe seleccionarse en consecuencia. Los valores utilizados en los ejemplos anteriores son para tubos de acero al carbono. (Victaulic.com, 2021)

4.5.16 Aplicación del cálculo de presión a un sistema Victaulic Vortex

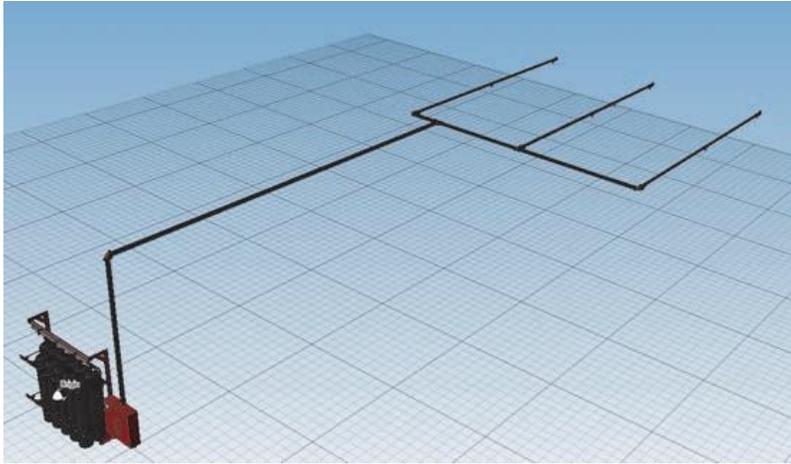


Figura 49 Ejemplo de una red de nitrógeno de un sistema Victaulic Vortex. (Victaulic.com, 2021)

La evaluación de una red de tuberías de nitrógeno de baja presión Victaulic Vortex requiere verificar lo siguiente:

- 1) Las caídas de presión entre los emisores (más cercanos y lejanos) son lo suficientemente bajas como para permitir que todos los emisores estén dentro de la tolerancia a la presión.

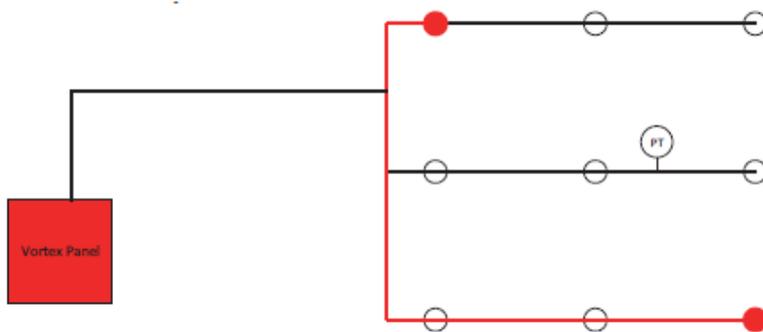


Figura 50 Caída de presión entre los emisores. (Victaulic.com, 2021)

- 2) La caída de presión entre el transductor y los emisores es conocida, de modo que se puede ajustar la presión del transductor.

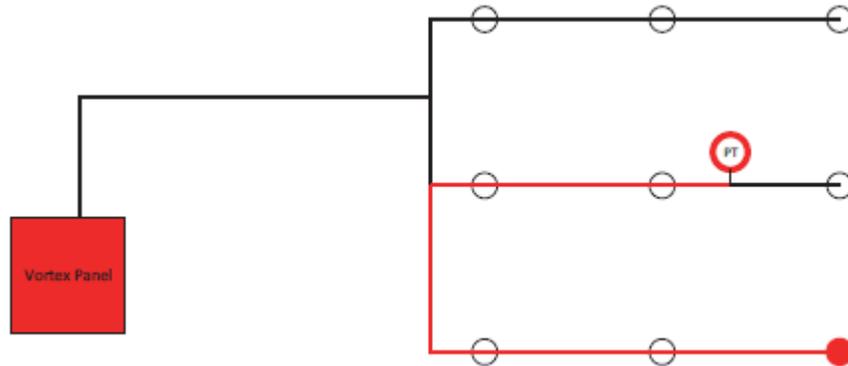


Figura 51 Caída de presión entre el transductor y los emisores.
(Victaulic.com, 2021)

- 3) Las pérdidas del panel a la red de tuberías se minimizan, de modo que no se excede la presión de salida máxima permitida del panel.

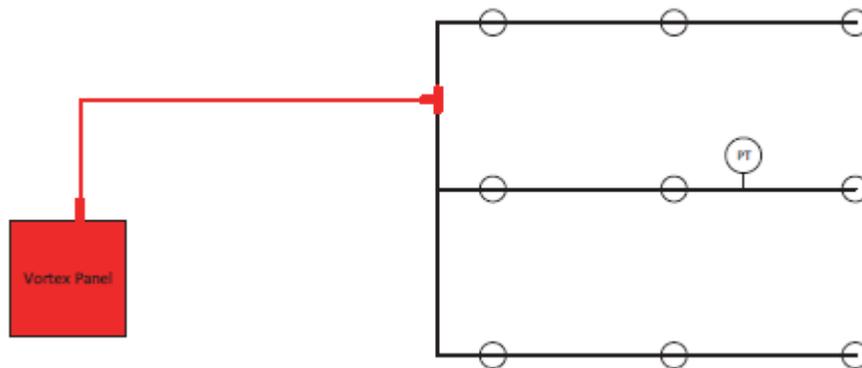


Figura 52 Pérdidas del panel a la red de tuberías.
(Victaulic.com, 2021)

4.5.17 Cálculo de una configuración óptima del transductor de presión

Una vez que se conocen las diferencias máximas en la presión del emisor, se debe calcular un ajuste del transductor de presión que pueda mantener a todos los emisores dentro de su presión nominal.

Si el transductor de presión está cerca y a la misma presión que el emisor más alto o bajo, el transductor de presión se puede ajustar al ajuste de presión más alto o bajo, respectivamente. mejor diseño del sistema es ubicar el transductor hidráulicamente cerca

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

y ubicado centralmente a todos los emisores. Esto tiende a reducir la sensibilidad a pequeños errores en el cálculo de la caída de presión.

En aplicaciones del mundo real, el transductor a menudo está cerca del centro de la red, pero ligeramente desplazado para encajar en el espacio, proteger el cableado y cumplir con otras consideraciones. (Victaulic.com, 2021)

4.5.18 Cálculo de la presión de salida del panel Los paneles combinados o fluidos de Victaulic vortex están diseñados con un interruptor de presión de salida (PSW4) para limitar la salida máxima del panel en caso de que el transductor de presión esté dañado o desconectado. Si se activa el interruptor de presión, el movimiento de la válvula reguladora en el panel se detiene para permitir que disminuyan las presiones del cilindro y de descarga.

En la mayoría de los paneles, PSW4 está configurado de fábrica en 150 psi nominalmente. Se recomienda diseñar el sistema de tuberías para limitar la presión de salida del panel a 100 psi o menos, para permitir el exceso de presión durante el inicio de la descarga, la tolerancia del interruptor y proporcionar un margen de seguridad. (Victaulic.com, 2021)

4.5.19 Cálculos de pérdida de presión en una tubería de nitrógeno Para la realización de los cálculos de pérdidas de presión en la tubería (2.5" Sch 10) de nitrógeno, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros de diseño y cabe anotar que los cálculos se realizaron por tramos de la tubería, utilizando una longitud equivalente para los accesorios, la cual se halló interpolando entre los diámetros de 2 y 3 pulgadas de tubería, para el diámetro deseado de 2.5", obteniendo resultados similares a los de la fila 3 DN65 medida en pies(ft) de la tabla 26, los cálculos fueron hechos en una calculadora hecha en Excel en una tabla para dicho propósito, la cual cuenta con unas casillas de entrada (parámetros básicos de diseño), constantes del gas, propiedades de la tubería y el gas, y unas salidas, que muestran los cálculos realizados tales como : la caída de presión (psig), la presión de salida (psig), factor de fricción, caudal real ACFM, caudal masico (lb/s).

- **Presión:** 27 psi
- **Caudal SCFM:** 70
- **Temperatura de entrada:** 70°F (21°C temperatura ambiente)
- **Diámetro de la tubería:** 2.5" Sch 10
- **Constante de gas universal - R (ft*lb/slug R):** 1775
- **Constante de gas universal- R (ft lbf/lb R):** 55.165
- **Rugosidad relativa:** 0.000683112 (Calculada)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- **Número de Reynolds (Re):** 50762.88957 (Calculado)
- **Viscosidad cinemática (ft²/s):** 0.0001599 (Constante)
- **Factor de fricción (ft):** 0.00015 (Constante)

Calculadora de pérdida de presión de nitrógeno	
Entradas	
Presión de entrada (PSIG)	
Caudal estándar (SCFM)	
Caudal real (ACFM)	0.00
Caudal másico (lb/s)	0.00
Temperatura de entrada (degF)	
Tamaño de la tubería / Schedule	2.5" Sch 10
Diámetro de la tubería (in)	
Longitud (ft)	
Tamaño del paso (ft)	1
Constantes	
Constante de gas universal - R (ft*lb/slugR)	1775
Constante de gas universal- R(ft lbf/lbR)	55.165
Salidas	
Caída de presión (PSIG)	#N/D
Presión de salida (PSIG)	#N/D
Propiedades	
Rugosidad relativa	#i DIV/0!
Número de Reynolds (Re)	#i DIV/0!
Viscosidad cinemática (ft ² /s)	0.0001599
Factor de fricción	#i DIV/0!
Factor de fricción (feet)	0.00015

Figura 53 Calculadora de pérdida de presión de nitrógeno, Fuente propia.

Calculos de interpolación entre los diámetros de tubería de 2 y 3 pulgadas

- **Codo de 90°**

$$\frac{X-3.5}{2.5-2} = \frac{5-3.5}{3-2}$$

$$X = \frac{(5-3.5)(2.5-2)+3.5}{3-2}$$

$$X = 4.25$$

- **Codo de 45°**

$$\frac{X-1.8}{2.5-2} = \frac{2.6-1.8}{3-2}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

$$X = \frac{(2.6-1.8)(2.5-2)+1.8}{3-2}$$

$$X = 2.2$$

- Tee rama

$$\frac{X-8.5}{2.5-2} = \frac{13-8.5}{3-2}$$

$$X = \frac{(13-8.5)(2.5-2)+8.5}{3-2}$$

$$X = 10.75$$

- Tee carrera

$$\frac{X-3.5}{2.5-2} = \frac{5-3.5}{3-2}$$

$$X = \frac{(5-3.5)(2.5-2)+3.5}{3-2}$$

$$X = 4.25$$

Tabla 27 Tabla de longitudes equivalentes para accesorios de 2.5”.

Tamaño	Dimensiones			
	Codos de 90°	Codos de 45°	Tees	
Nominal pulgadas DN	Nº 10 Radio Estándar	No.11 Radio Estándar	Rama	Carrera
	pies	pies	pies	pies
2	3.5	1.8	8.5	3.5

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

2.5	4.25	2.2	10.75	4.25
3	5	2.6	13	5

Fuente propia

4.5.20 Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10 Se decide trabajar con esta tubería debido a sus características, entre las que se encuentra que la presión de prueba es de 1000 psi, más que suficiente para la red de nitrógeno; en el tema de las cotas que se tomaron, se incluye el valor equivalente de los accesorios de la tubería, las cotas están en metros (m), los cuales se convierten en pies (ft) para realizar el cálculo en la hoja de Excel.

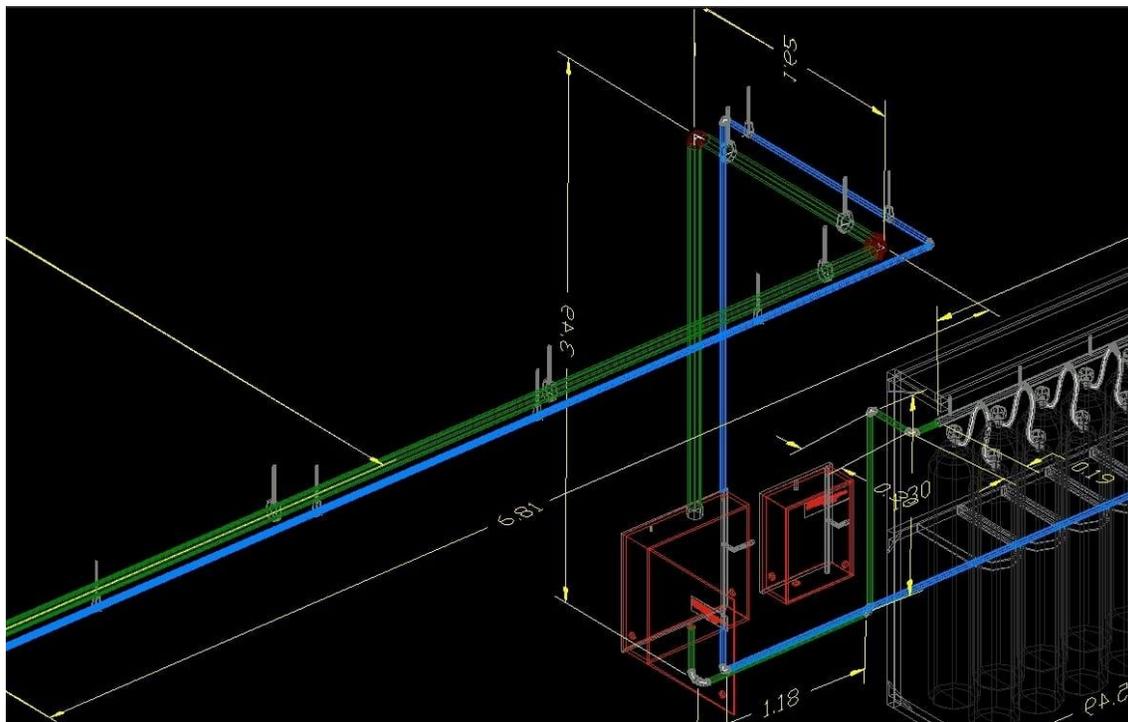


Figura 54 Tramo 1,

Fuente propia.

$$\begin{aligned} \text{Longitud del tramo 1} &= (0.19 + 0.30 + 1.30 + 1.18 + 3.49 + 1.65 + 6.81)\text{m} \\ &= 14.92 \text{ m} \end{aligned}$$

m → ft

$$ft = m * 3.28084$$

$$ft = 14.92 * 3.28084$$

$$ft = 48.9513 = 49$$

Tabla 28 Cálculos tramo 1 Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10.

Tramo 1 Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10	
Entradas	
Presión de entrada (PSIG)	27
Caudal estándar (SCFM)	70
Temperatura de entrada (°F)	70
Tamaño de la tubería / Schedule	2.5" Sch 10
Longitud de tramo(ft)	49
Salidas	
Caudal real (ACFM)	25.13
Caudal másico (lb/s)	0.09
Diámetro de la tubería (in)	2.635
Caída de presión (PSIG)	0.02
Presión de salida (PSIG)	26.98
Número de Reynolds (Re)	14213.60908
Factor de fricción	0.0295

Fuente propia

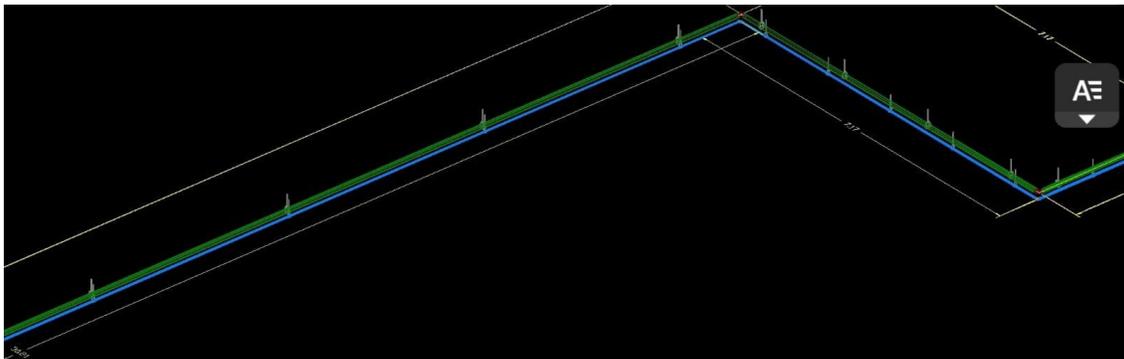


Figura 55 Tramo 2,

Fuente propia.

$$\text{Longitud del tramo 2} = (7.17 + 30.25)\text{m} = 37.42 \text{ m}$$

$$ft = 37.42 * 3.28084$$

$$ft = 122.769 = 123$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

A esta longitud se le debe sumar la longitud del primer tramo y así consecutivamente, ya que de no hacerlo se estaría calculando solo longitudes de tubería diferentes.

$$ft = 123 + 49 = 172$$

Tabla 29 Cálculos tramo 2 Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10.

Tramo 2 Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10	
Entradas	
Presión de entrada (PSIG)	27
Caudal estándar (SCFM)	70
Temperatura de entrada (°F)	70
Tamaño de la tubería / Schedule	2.5" Sch 10
Longitud de tramo(ft)	172
Salidas	
Caudal real (ACFM)	25.13
Caudal másico (lb/s)	0.09
Diámetro de la tubería (in)	2.635
Caída de presión (PSIG)	0.06
Presión de salida (PSIG)	26.94
Número de Reynolds (Re)	14213.60908
Factor de fricción	0.0295

Fuente propia

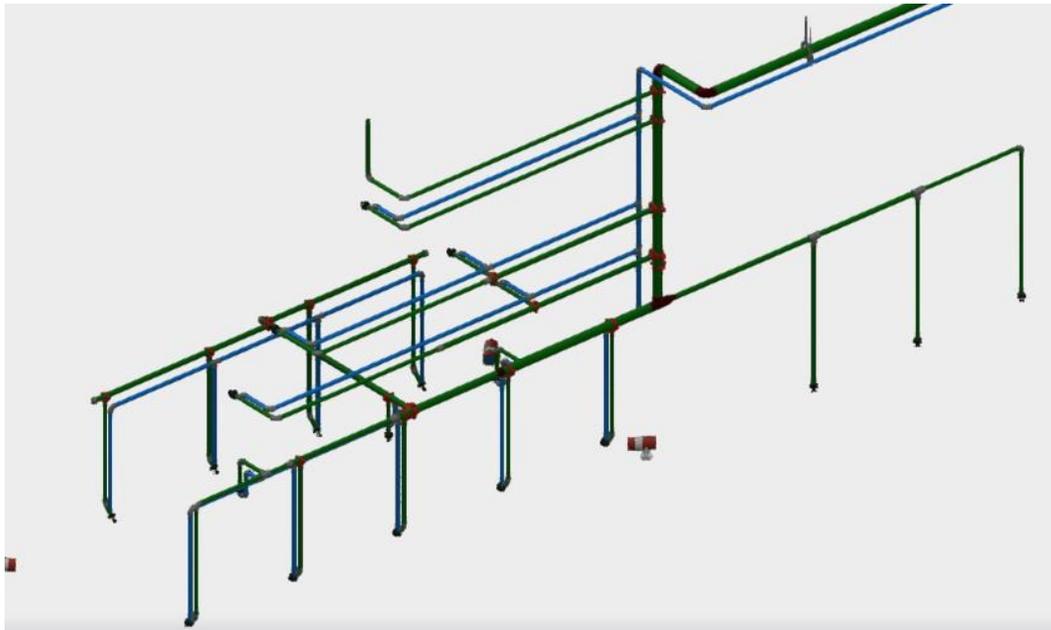


Figura 56 Tramo final,

Fuente propia.

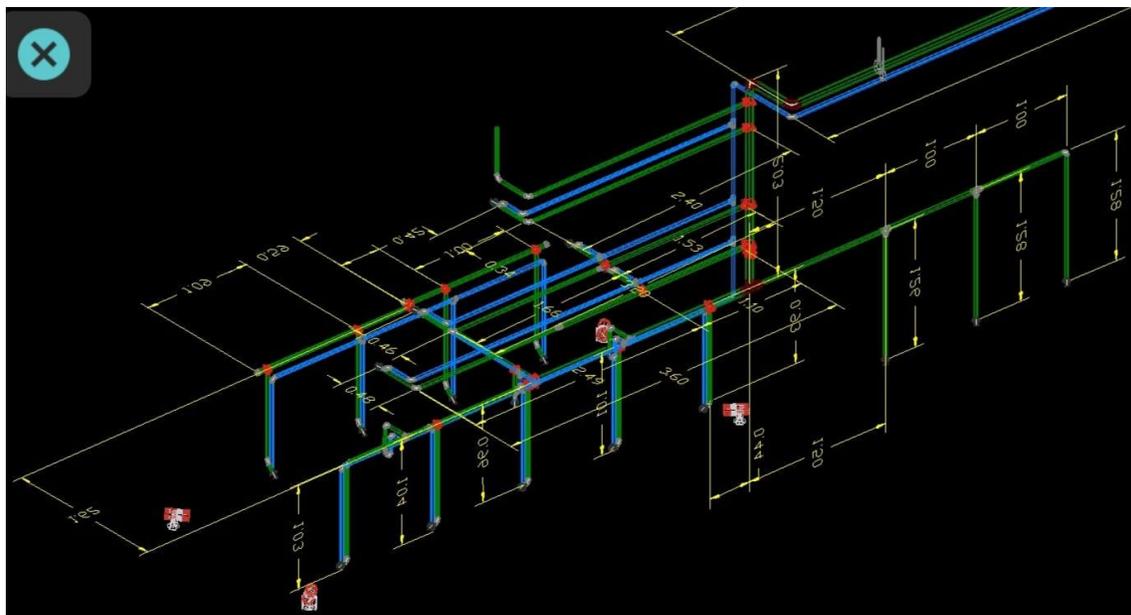


Figura 57 Tramo 3,

Fuente propia.

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Longitud del tramo 3

$$= (0.55 + 2.5 + 0.5 + 2.4 + 3.2 + 3.6 + 2.03 + 3.2 + 4.5 + 1.62 + 3.1)m$$

$$= 27.2 \text{ m}$$

$$ft = 27.2 * 3.28084$$

$$ft = 89.23885 = 89$$

$$ft = 89 + 172 = 261$$

Al realizar la conversión a metros

ft → m

$$m = \frac{ft}{3.28084}$$

$$m = \frac{261}{3.28084}$$

$$m = 79.5528$$

Si se suma los tramos de tubería (Tramo 1, Tramo 2, Tramo 3) en metros, nos corrobora este valor:

$$\sum \text{Tramos} = (27.2 + 37.42 + 14.92)m = 79.54 \text{ m}$$

Tabla 30 Cálculos tramo 3 Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10.

Tramo 3 Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10	
Entradas	
Presión de entrada (PSIG)	27
Caudal estándar (SCFM)	70
Temperatura de entrada (°F)	70
Tamaño de la tubería / Schedule	2.5" Sch 10
Longitud de tramo(ft)	261
Salidas	
Caudal real (ACFM)	25.13
Caudal másico (lb/s)	0.09
Diámetro de la tubería (in)	2.635

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Caída de presión (PSIG)	0.10
Presión de salida (PSIG)	26.90
Número de Reynolds (Re)	14213.60908
Factor de fricción	0.0295

Fuente propia

4.5.21 Tubería ASTM A53 de 1" Sch 10 Se decide trabajar con esta tubería debido a sus características, entre las que se encuentra que la presión de prueba es de 700 psi, más que suficiente para la red de nitrógeno; al igual que para la tubería de 2.5" en el tema de las cotas que se tomaron, se incluye el valor equivalente de los accesorios de la tubería, las cotas están en metros (m), los cuales se convierten en pies (ft) para realizar el cálculo en la hoja de Excel.

Se debe dar claridad que la tubería ASTM A53 de 1" Sch 10, solo se utilizara en los tramos antes del rociador, por lo que los cálculos se deben hacer por cada tramo de la tubería de 1", y sumarse con las pérdidas del tramo 3 de la tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10, ya que no se cuenta con el software apropiado para dicho fin, esto le resta precisión al resultado final. También se realizará el cálculo hasta el rociador más cercano y el rociador más lejano, para saber las pérdidas de presión entre ambos. Se utiliza la figura 57 Tramo 3 para acceder a las cotas para la longitud del tramo 1 de la tubería de 1".

Al sumar los tramos de tubería de 1" se obtiene:

Longitud del tramo 1

$$= ((1.58)(3) + (1.04)(9) + 0.48 + 0.46 + 0.54 + (0.2)(4) + (0.5)(2))m$$

$$= 16.38 \text{ m}$$

$$ft = 16.38 * 3.28084$$

$$ft = 53.74016 = 54$$

Pero este valor solo representa la suma de longitudes de cada tramo, lo que se debe realizar es un cálculo por cada tramo de tubería de 1". La calculadora (Hoja de Excel) no acepta valores decimales, por lo que se va a aproximar los valores, causando más imprecisión en los cálculos y resultados, ya que los valores por debajo de 1 ft causarían una caída de presión demasiado alta; cabe mencionar que a menor diámetro de tubería mayores son las caídas de presión para los gases compresibles como el nitrógeno.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

De esta manera podremos saber la caída de presión en cada rociador si así lo deseáramos, como anteriormente se dijo se calculará la caída de presión en el rociador más cercano y en el más lejano. A continuación, se muestra la conversión de cada tramo de tubería de 1", de metros (m) a pies (ft).

$m \rightarrow ft$

$$ft = m * 3.28084$$

$$ft = 1.58 * 3.28084$$

$$ft = 5.183727 = 5$$

$$ft = 1.04 * 3.28084$$

$$ft = 3.412073 = 3$$

$$ft = 0.48 * 3.28084$$

$$ft = 1.574803 = 1$$

$$ft = 0.46 * 3.28084$$

$$ft = 1.509186 = 1$$

$$ft = 0.54 * 3.28084$$

$$ft = 1.771654 = 2$$

$$ft = 0.2 * 3.28084$$

$$ft = 0.656168 = 1$$

$$ft = 0.5 * 3.28084$$

$$ft = 1.64042 = 2$$

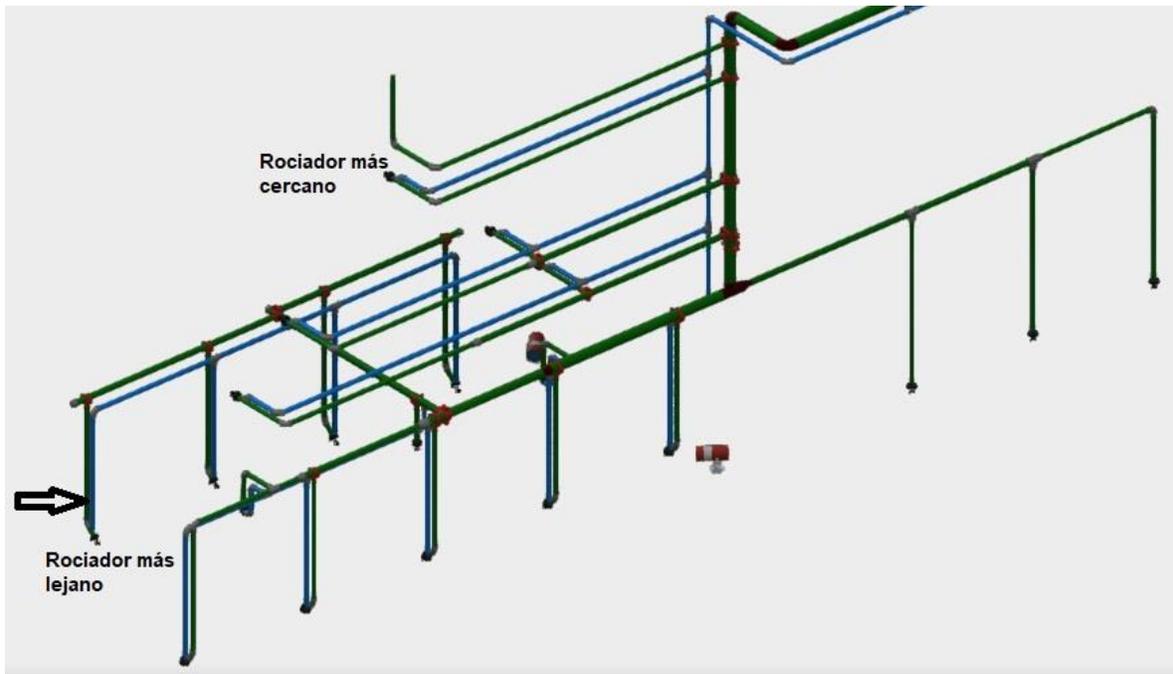


Figura 58 Rociador más lejano y rociador más cercano,
Fuente propia.

Longitud al rociador más cercano = $(0.55 + 0.4 + 2.4)\text{m} = 3.35 \text{ m}$

$$ft = 3.35 * 3.28084$$

$$ft = 10.99081 = 11$$

A esta longitud hallada se le suma la longitud del tramo 2 de tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10 y se calcula la caída de presión de esa longitud, luego se suma la caída de presión del tramo de tubería ASTM A53 de 1" Sch 10 del rociador (0.54 m= 2 ft).

$$ft = 11 + 172 = 183$$

Tabla 31 Cálculos Rociador más cercano Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10.

Rociador más cercano Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10	
Entradas	
Presión de entrada (PSIG)	27
Caudal estándar (SCFM)	70
Temperatura de entrada (°F)	70

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tamaño de la tubería / Schedule	2.5" Sch 10
Longitud de tramo(ft)	183
Salidas	
Caudal real (ACFM)	25.13
Caudal másico (lb/s)	0.09
Diámetro de la tubería (in)	2.635
Caída de presión (PSIG)	0.07
Presión de salida (PSIG)	26.93
Número de Reynolds (Re)	14213.60908
Factor de fricción	0.0295

Fuente propia

Tabla 32 Cálculos Rociador más cercano Tubería ASTM A53 de 1" Sch 10.

Rociador más cercano Tubería ASTM A53 de 1" Sch 10	
Entradas	
Presión de entrada (PSIG)	27
Caudal estándar (SCFM)	70
Temperatura de entrada (°F)	70
Tamaño de la tubería / Schedule	1" Sch 10
Longitud de tramo(ft)	2
Salidas	
Caudal real (ACFM)	25.13
Caudal másico (lb/s)	0.09
Diámetro de la tubería (in)	1.097
Caída de presión (PSIG)	0.05
Presión de salida (PSIG)	26.95
Número de Reynolds (Re)	82007.26927
Factor de fricción	0.0247

Fuente propia

$$\sum \text{Caída de presión en el rociador más cercano} = (0.07 + 0.05) \text{psig} \\ = 0.12 \text{psig}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Presión de salida en el rociador más cercano = $(27 - 0.12) \text{psig} = 26.88 \text{psig}$

Longitud al rociador más lejano = $(0.55 + 2.03 + 2.4 + 1.65 + 1.5) \text{m} = 8.13 \text{m}$

$$ft = 8.13 * 3.28084$$

$$ft = 26.67323 = 27$$

A esta longitud hallada se le suma la longitud del tramo 2 de tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10 y se calcula la caída de presión de esa longitud, luego se suma la caída de presión del tramo de tubería ASTM A53 de 1" Sch 10 del rociador (1.04 m= 3 ft).

$$ft = 27 + 172 = 199$$

Tabla 33 Cálculos Rociador más lejano Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10.

Rociador más lejano Tubería ASTM A53 de 2.5" Sch 10	
Entradas	
Presión de entrada (PSIG)	27
Caudal estándar (SCFM)	70
Temperatura de entrada (°F)	70
Tamaño de la tubería / Schedule	2.5" Sch 10
Longitud de tramo(ft)	199
Salidas	
Caudal real (ACFM)	25.13
Caudal másico (lb/s)	0.09
Diámetro de la tubería (in)	2.635
Caída de presión (PSIG)	0.07
Presión de salida (PSIG)	26.93
Número de Reynolds (Re)	14213.60908
Factor de fricción	0.0295

Fuente propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 34 Cálculos Rociador más lejano Tubería ASTM A53 de 1" Sch 10.

Rociador más lejano Tubería ASTM A53 de 1" Sch 10	
Entradas	
Presión de entrada (PSIG)	27
Caudal estándar (SCFM)	70
Temperatura de entrada (°F)	70
Tamaño de la tubería / Schedule	1" Sch 10
Longitud de tramo(ft)	3
Salidas	
Caudal real (ACFM)	25.13
Caudal másico (lb/s)	0.09
Diámetro de la tubería (in)	1.097
Caída de presión (PSIG)	0.07
Presión de salida (PSIG)	26.93
Número de Reynolds (Re)	82007.26927
Factor de fricción	0.0247

Fuente propia

$$\sum \text{Caída de presión en el rociador más lejano} = (0.07 + 0.07) \text{psig} \\ = 0.14 \text{psig}$$

$$\text{Presión de salida en el rociador más lejano} = (27 - 0.14) \text{psig} = 26.86 \text{psig}$$

Al comparar los resultados obtenidos entre los cálculos realizados sobre el rociador más cercano y el más lejano, se obtuvo una diferencia de presión de salida de solo 0.02 PSIG, mostrando que la selección de variables con las que se trabajó fueron las correctas, la variación de estas influye de manera notable en los resultados finales y como consecuencia un margen de error aun mayor en los cálculos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 35 Listado de Equipos y elementos a instalar.

ITEM	Unidad	Cantidad Total	Vr. Unitario	Valor Total
Emisores de 1/2"				
Emisor de 1/2", lámina de cúpula 953, estándar, SS, FPT de 3/4", FPT de 1/4"	Unidad	19	\$ 3,492,509	\$ 66,357,671
Kits de flujo de agua (colador, cartucho de flujo)				
Kit de cartucho de flujo de agua, 1.06 GPM, inoxidable, 3/4 " NPT	Unidad	19	\$ 3,089,124	\$ 58,693,356
Opciones del sistema zonificado Paneles de fluidos 1 1/2"				
Panel de fluido 1.5" 951 V1500, contacto seco	Unidad	1	\$ 91,475,355	\$ 91,475,355
Paneles de zona 2"				
Panel de zona 2" 951 V1500, contacto seco, válvula de bola	Unidad	1	\$ 68,521,767	\$ 68,521,767
Válvulas de alivio				
Válvula de alivio de tuberías de fluido a zona 1.39 Orificio 2"	Unidad	1	\$ 13,365,614	\$ 13,365,614
Fuente de alimentación y batería de respaldo				
Fuente de alimentación de respaldo de batería de contacto seco - 115VAC	Unidad	2	\$ 11,438,034	\$ 22,876,067
Batería de 12V 26AH para batería de respaldo	Unidad	4	\$ 1,152,345	\$ 4,609,379

Opciones de cilindros				
Cilindro de nitrógeno Victaulic Vortex con válvula de liberación, lleno 80L	Unidad	20	\$ 18,086,677	\$ 361,733,550
Kits de mangueras de descarga y accesorios				
Kit piloto primario de cilindro de 80L	Unidad	1	\$ 13,458,906	\$ 13,458,906
Kit secundario de cilindros de 80L, con calibre	Unidad	19	\$ 3,183,729	\$ 60,490,848
Manguera de conector de doble fila de 1/4 ", 700MM	Unidad	3	\$ 314,037	\$ 942,112
Manguera piloto de 1/4 ", 500 MM (necesaria si se apilan dos bastidores)	Unidad	16	\$ 264,107	\$ 4,225,711
Adaptador de recarga de cilindro de vórtice, individual	Unidad	4	\$ 1,592,521	\$ 6,370,084
Opciones de Manifold				
Colector de ocho paquetes (4x2), incluido un tapón de alta presión	Unidad	1	\$ 5,985,094	\$ 5,985,094
Colector de doce paquetes (6x2), incluido un tapón de alta presión	Unidad	1	\$ 6,864,134	\$ 6,864,134
Kits de válvulas de bola de aislamiento				
Kit de ensamblaje de válvula de bola de aislamiento de colector de 1.5 "	Unidad	1	\$ 8,815,367	\$ 8,815,367
Bastidores de colectores de liberación activa - Ensamblaje requerido solamente Unistrut - V1500				
Rack de almacenamiento de cilindros, 80L, Unistrut, Galvanizado (8-pack 4x2)	Unidad	1	\$ 12,314,445	\$ 12,314,445
Rack de almacenamiento de cilindros, 80L, Unistrut, Galvanizado (paquete de 12 6x2)	Unidad	1	\$ 13,148,811	\$ 13,148,811
Opciones de suministro de agua				
Kit de carga regulada del tanque de agua	Unidad	1	\$ 4,403,085	\$ 4,403,085
Válvula de bola de agua Victaulic 728 de 1 ", roscada	Unidad	1	\$ 1,256,147	\$ 1,256,147
Suministro de agua de 120 galones, negro, con adornos, para sistemas FM	Unidad	1	\$ 54,566,183	\$ 54,566,183

Recambios				
Transductor de presión, estándar, 0-100 psi	Unidad	1	\$ 3,872,245	\$ 3,872,245
Tuberías y Accesorios				
Tubería AC SCh 10 de 2.1/2"	mt	80	\$ 113,476	\$ 9,078,080
Tubería AC SCh 10 de 1"	mt	18	\$ 49,570	\$ 892,260
Tubería AC SCh 10 de 1.1/4"	mt	3	\$ 44,639	\$ 133,917
Tubería AC SCh 40 de 4"	mt	72	\$ 42,315	\$ 3,046,680
Tubería AC SCh 40 de 2.1/2"	mt	5	\$ 40,300	\$ 201,500
Codo Ranurado de 4" a 90°, DN 100 mm, de acero	mt	9	\$ 78,419	\$ 705,771
Codo Ranurado de 2.1/2"	mt	20	\$ 40,039	\$ 800,780
Codo Ranurado de 1" a 45°	mt	9	\$ 10,554	\$ 94,986
Tee Ranurada de 4" DN 100 mm, de acero	mt	17	\$ 119,158	\$ 2,025,686
Tee Ranurada de 2.5"	mt	4	\$ 176,452	\$ 705,809
Tee Ranurada de 1.1/4"	mt	1	\$ 171,486	\$ 171,486
Tee Mecánica Ranurada de 2".1/2" x 1"	mt	2	\$ 132,968	\$ 265,936
Strap de 4"x1"	mt	4	\$ 132,968	\$ 531,871
Strap de 2.1/2"x1"	mt	4	\$ 47,225	\$ 188,900
Strap de 1"x1"	mt	8	\$ 47,225	\$ 377,801
Reducción Copa de 2.1/2" x 1"	mt	16	\$ 8,979	\$ 143,669
Tapón Ranurado de 2.1/2"	mt	2	\$ 40,177	\$ 80,354
Unión Rígida Ranurada de 4" DN 100 mm, de acero	mt	2	\$ 80,065	\$ 160,130
Unión Rígida Ranurada de 2.1/2"	mt	5	\$ 47,797	\$ 238,985
			TOTAL	\$ 903,951,547

Elaboración Propia

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1 Conclusiones

Antes de proceder al diseño de cualquier sistema de protección contra incendios, es prudente consultar los diferentes estándares normativos la NFPA (National Fire Protection Association), NRS10 norma de sismo resistencia colombiana capítulo J y K que puedan ser aplicables. Cada instalador o suministrador de equipos, tiene diseñados esquemas normativos para validar los mismos y dispositivos de descarga o sistema de protección temprana a utilizar en los espacios específicos que son requeridos para cada tipo.

La mayoría de los instaladores disponen de información técnica y normativa, o servicio de asesoramiento para sus diseños. En la cual se debe siempre preservar la vida y en segundo lugar el inmueble. Cada vez hay más programas de diseño, aplicaciones y oportunidades para sistemas contra incendio y sistemas de protección temprana, utilizando los recursos disponibles, resultará fácil perder el miedo a entrar en el campo de riesgos especiales.

Se propusieron tres posibles alternativas o soluciones para una red contra incendios para el área de hornos de la empresa, centradas específicamente en las características del diseño; mantenimiento, costo, espacio ocupado, eficiencia y contaminante. Por tal motivo, se pudo observar que la solución ideal es la opción 3, para el diseño del sistema contra incendios, por su bajo costo, alta eficiencia y poco espacio requerido, no contamina y poco mantenimiento, un sistema de extinción de incendios híbrido.

Al efectuar la caracterización de la empresa Noel, clasificada por la norma colombiana NSR-10, como una compañía de riesgo bajo en cuanto a la generación y propagación de incendio, se presentó la necesidad de diseñar un sistema combinado o híbrido contra incendios. Lo anterior, siguiendo la norma colombiana y según NFPA, reitera lo imperativo que es ceñirse a las recomendaciones normativas de diseño, ajustándolas a los recursos específicos con los que cuenta la empresa Noel.

Los sistemas de extinción de incendios híbridos solucionan la necesidad de un sistema de extinción que sea práctico, eficaz, confiable, que no utilice componentes o productos tóxicos y posean requisitos mínimos de limpieza.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Los sistemas de extinción de incendios híbridos se han implementado con éxito como parte del diseño general de protección contra incendios para una gran variedad de funciones, como por ejemplo sistema de protección contra incendios principal por su mínima humectación y protección de la integridad de los componentes (data center en edificios, bibliotecas, museos, salas de control) o sirviendo como complemento como en nuestro caso (cabe aclarar que la empresa Noel dispone de una red contra incendios bien constituida para todas sus instalaciones).

Este sistema (sistema de extinción de incendios híbrido) proporciona una solución para proteger los activos de alto valor, cuando su protección es un reto difícil de asumir.

5.2 Recomendaciones

Por el tipo de actividad que desempeña y la antigüedad del sistema actual (red contra incendios) es necesario evaluar el manejo del sistema de emergencia (en el área de hornos), haciendo énfasis en la prevención y protección contra incendios, para identificar falencias y oportunidades de mejora u optimización del sistema actual.

Cualquier modificación en el área (arquitectónica, utilización de zonas), pueden modificar el desempeño del sistema de extinción de incendios híbrido, consecuentemente, en caso de llegar a ser implementado estos diseños, el contratista de la instalación debe revisar toda la información previa antes de iniciar la instalación, por ende, cualquier cambio que afecte el diseño inicial, debe ser revisado por personal calificado y con amplia experiencia en diseño e implementación de redes contra incendio.

Continuar con la capacitación de los brigadistas contra incendios, ya que esto familiariza y mejora significativamente la capacidad de respuesta ante un siniestro. La mala operación de un sistema contra incendio genera graves errores que pueden costar vidas, paros en la operación prolongados lo que se traduce en pérdidas monetarias.

Se recomienda la realización de mantenimientos periódicos de la red contra incendio conforme a las normas vigentes para dicho fin, para garantizar la operabilidad del sistema y verificar que todos los elementos que la componen se encuentran totalmente en funcionamiento.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

5.3 Trabajo Futuro

Implementar el sistema de extinción de incendios híbrido en cada uno de los hornos de la empresa Noel. Realizar capacitación a los brigadistas y personal operativo de los hornos, una vez sea implementado el sistema, en el manejo y operación de este, reformular los planes existentes prevención y protección.

Implementar el sistema de extinción de incendios híbrido en otras áreas y cedes de la empresa Noel. Profundizar en nuevas tecnologías amigables al medio ambiente en temas relacionados a los sistemas contra incendios, mejorando el diseño propuesto.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

6. REFERENCIAS

- Baker. (2017). Obtenido de <http://www.bakerperkins-flip-page.com/ESPovens/files/oven%20orange%206pp.pdf>
- Baker. (2017). Obtenido de <http://www.bakerperkins-flip-page.com/ESPovens/files/oven%20orange%206pp.pdf>
- Bjorge, J., Gunnarshaug, A., Registro, T., & Metallinou. (18 de Agosto de 2018). *Safety*. Obtenido de Estudio de Aislamiento Térmico de Grado Industrial como Protección Pasiva contra Incendios hasta 1200 °C: <https://www.mdpi.com/2313-576X/4/3/41/htm>
- BUHLER. (2020). Obtenido de <https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/es/locations/Austria-Leobendorf.html>
- Caro, A. F. (2017). Obtenido de http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/4647/1/Sistema_Electronico_Alarma_Jimenez_2017.pdf
- Carvajal M, A. (2019). *Ashes Fire Colombia*. Obtenido de SISTEMA HIBRIDO VORTEX: https://issuu.com/anraci/docs/3._presentaci_n_anraci_-_vortex_v07/1
- Cifuentes Medina, D., & Garzon Delgadillo, P. (2020). *DISEÑO DE UNA RED CONTRA INCENDIOS PARA LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA TEXTIL RITCHI S.A.S. BOGOTÁ D.C.: FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA FACULTAD DE INGENIERÍAS PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA*.
- Connega. (23 de marzo de 2013). Obtenido de <https://connega.wordpress.com/2012/03/23/recordemos-el-origen-de-los-hornos/#:~:text=Los%20primeros%20hornos%20se%20los,hace%20m%C3%A1s%20de%205.000%20a%C3%B1os.&text=As%C3%AD%20que%20era%20el%20techo,los%20alimentos%2C%20especialmente%20del%20pan>.
- Cuevas, Á. C. (2011). Obtenido de <https://www.upct.es/~orientap/Protec%20CC2.pdf>
- Expertosenmarca. (2017). Obtenido de <https://expertosenmarca.com/historia-de-marca-noel-99-anos-creando-un-mundo-de-galletas/>
- galletaspolen. (2014). Obtenido de <https://www.galletaspolen.com/nosotros/historia-de-la-galleta/>
- Gomez Mesa, S. (2020). *Integración con sistemas de detección de incendio*. MPO Negocio Galletas.
- Hornodeviznar. (10 de octubre de 2014). Obtenido de <http://www.hornodeviznar.com/una-breve-historia-del-horno-de-lena/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (ENERO de 2010). *ANDI Asociación Nacional de Empresarios de Colombia*. Obtenido de COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES (Creada por la Ley 400 de

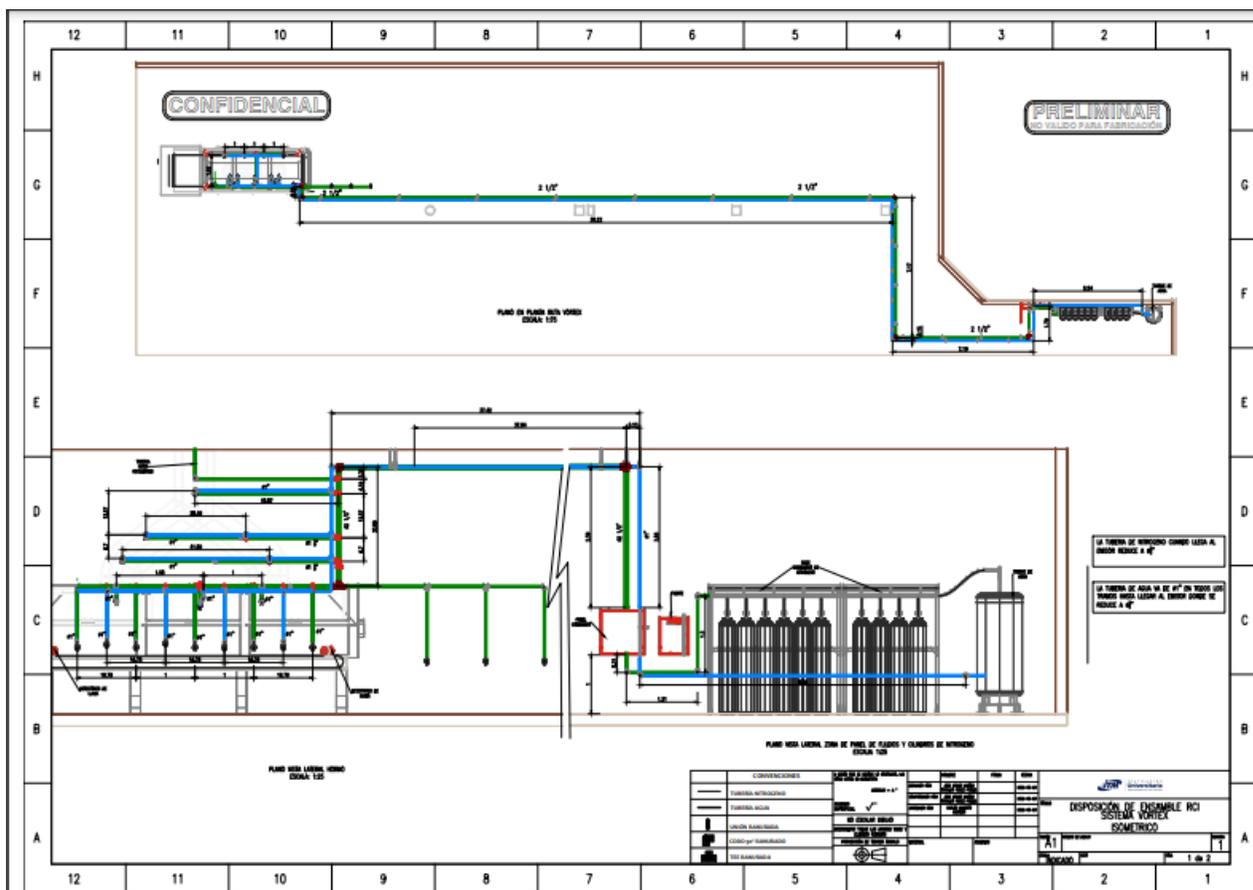
 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- 1997): <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>
- NFPA 13. (2022). *NFPA FREE ACCESS*. Obtenido de Installation Of Sprinkler Systems: <https://link.nfpa.org/free-access/publications/13/2022>
- Noel. (2021). Obtenido de <https://ciadegalletasnoel.com.co/quienes-somos/>
- Noel, S. (2020). Obtenido de <https://ciadegalletasnoel.com.co/proceso-productivo/>
- Ovance. (2021). Obtenido de <https://ovacen.com/alarma-detector-incendios/>
- Prefire. (2012). Obtenido de <https://www.prefire.es/hub/2012/01/que-deberia-saber-acerca-de-la-instalacion-de-exutorios-scteh-en-fachadas-segun-une-23584-y-une-23585/>
- Prevencionar. (19 de agosto de 2018). Obtenido de <https://prevencionar.com.co/2018/08/19/normatividad-colombiana-en-sistemas-contraincendio/>
- Profuegos. (2020). Obtenido de <https://profuego.es/tipos-de-fuegos-y-clases/>
- Quesada, G. (2018). Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10266/T07917.pdf;jsessionid=31852920E5984F26E01D4CE55D1280B4?sequence=5>
- rnds. (2014). Obtenido de http://www.rnds.com.ar/articulos/014/RNDS_056W.pdf
- Serna Rojas, L. (2020). *TOMI.digital*. Obtenido de La economía colombiana y sus sectores productivos: https://tomi.digital/es/53525/la-economia-colombiana-y-sus-sectores-productivos?utm_source=google&utm_medium=seo
- Torné, P. A. (2016). Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70727/fichero/Memoria+PFM.pdf>
- Torres, Á. (julio de 2012). Obtenido de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16011/PFC_ANGELATORRES.pdf%3Bjsessionid=897922B373118D880143286DD2C8C62C?sequence=1
- Victaulic Company. (Julio de 2022). *Victaulic.com*. Obtenido de Victaulic Vortex™ 1500 Hybrid Fire Extinguishing System Series 953 and Series 954 Hybrid Emitters: <https://assets.victaulic.com/assets/uploads/literature/70.12.pdf>
- Victaulic.com. (Noviembre de 2021). *Victaulic Vortex™ Piping Design*. Obtenido de Analyzing the Nitrogen Pipe Network with a Spreadsheet: <https://www.victaulic.com/>

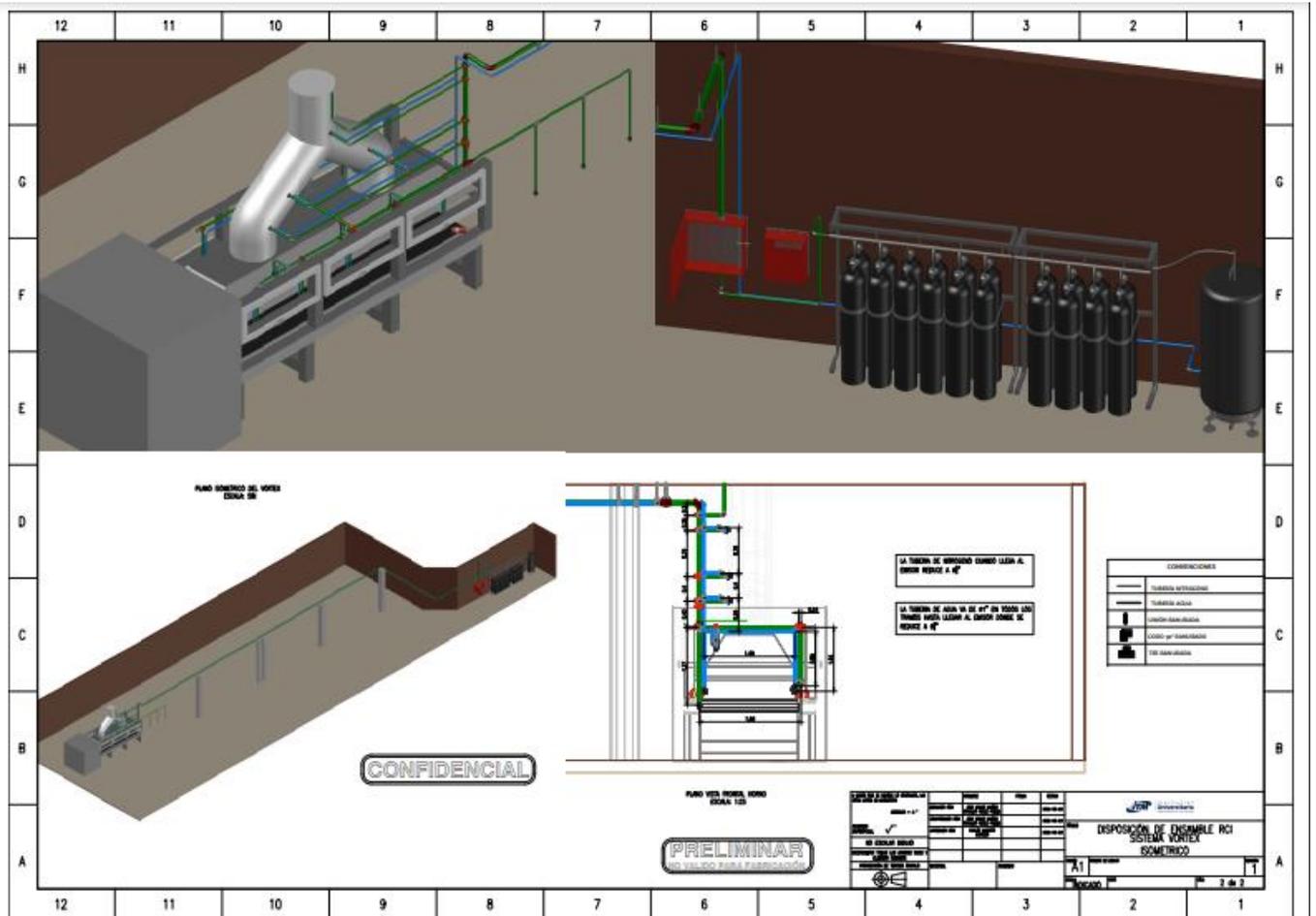
ANEXOS

1. Planos

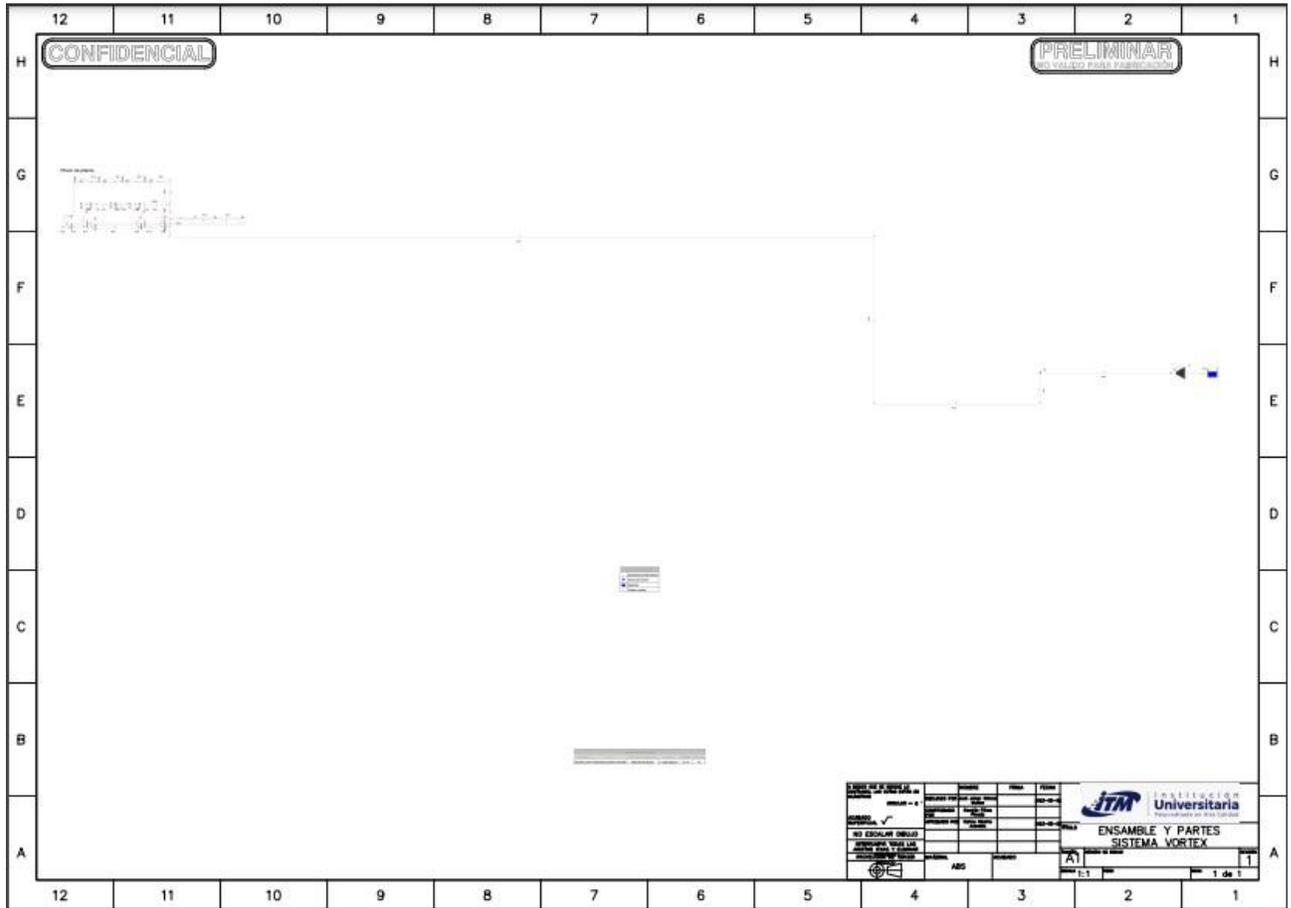
1.1 VISTA VORTEX



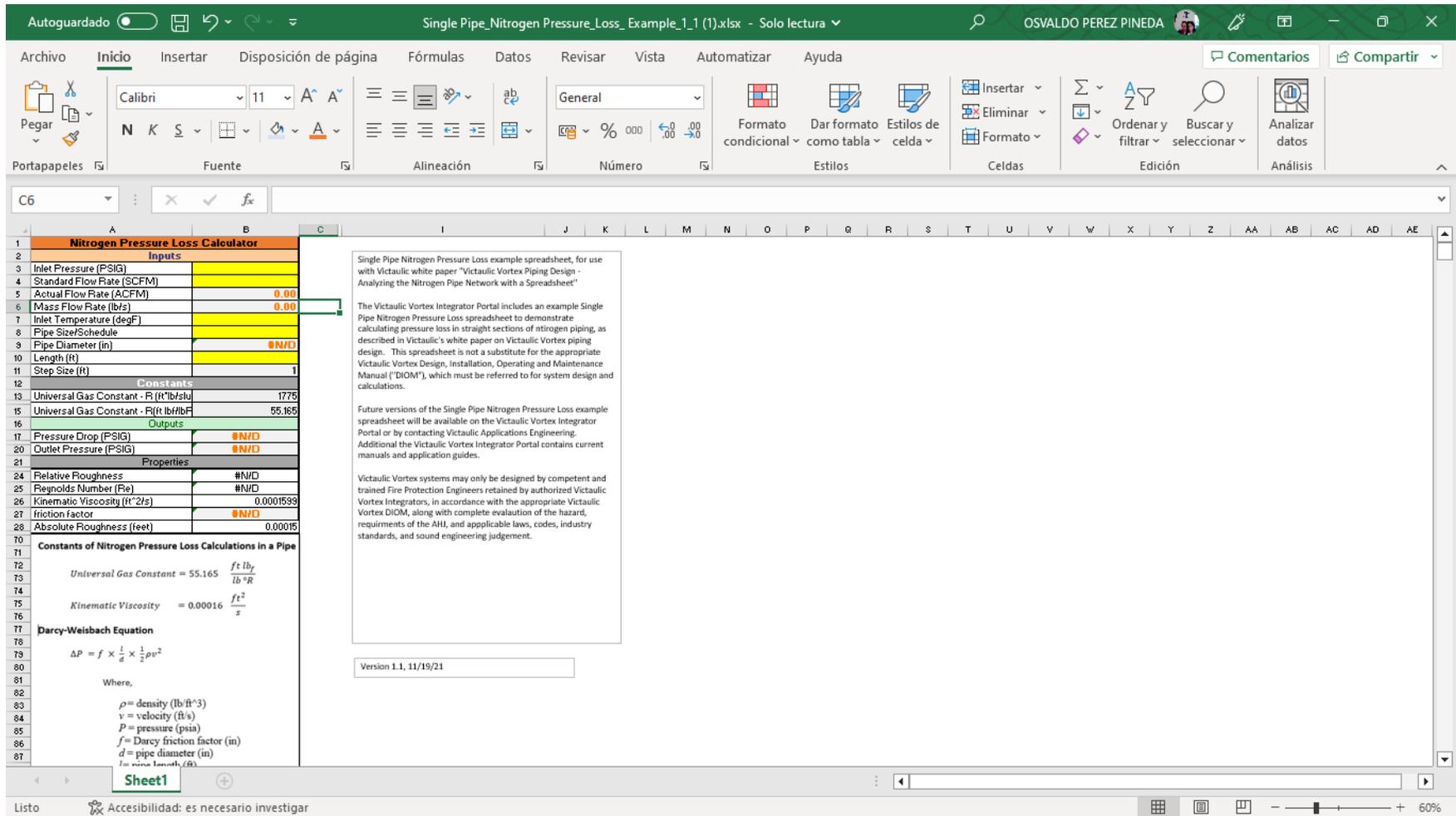
1.2 ISOMETRICO



1.3 DISEÑO RCI-CLASE HI



2. Calculadora de pérdida de presión de nitrógeno (Hoja de Excel)



Nitrogen Pressure Loss Calculator

Inputs	
Inlet Pressure (PSIG)	
Standard Flow Rate (SCFM)	
Actual Flow Rate (ACFM)	0.00
Mass Flow Rate (lb/s)	0.00
Inlet Temperature (degF)	
Pipe Size/Schedule	
Pipe Diameter (in)	#N/D
Length (ft)	
Step Size (ft)	1

Constants	
Universal Gas Constant - R (ft ³ lb/ft ² lbf)	1775
Universal Gas Constant - R (ft ³ lb/ft ² lbf)	55.165

Outputs	
Pressure Drop (PSIG)	#N/D
Outlet Pressure (PSIG)	#N/D

Properties	
Relative Roughness	#N/D
Reynolds Number (Re)	#N/D
Kinematic Viscosity (ft ² /s)	0.0001539
Friction Factor	#N/D
Absolute Roughness (feet)	0.00015

Constants of Nitrogen Pressure Loss Calculations in a Pipe

Universal Gas Constant = 55.165 $\frac{ft \cdot lb_f}{lb \cdot R}$

Kinematic Viscosity = 0.00016 $\frac{ft^2}{s}$

Darcy-Weisbach Equation

$$\Delta P = f \times \frac{1}{d} \times \frac{1}{2} \rho v^2$$

Where,

- ρ = density (lb/ft³)
- v = velocity (ft/s)
- P = pressure (psia)
- f = Darcy friction factor (in)
- d = pipe diameter (in)
- L = pipe length (ft)

Version 1.1, 11/19/21

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

FIRMA ESTUDIANTES



FIRMA ASESOR

FECHA ENTREGA: mayo 29 de 2023