



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DEL VOLUMEN ÓPTIMO DE UN
TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA UN
SISTEMA CONTRA INCENDIO**

TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO
PREVIO A OPTAR EL GRADO DE: **INGENIERO CIVIL CON
CONCENTRACIÓN EN OBRAS CIVILES**

Autor: Andrés Manuel Bermeo Illescas

Tutor: Ing. Mario García Cruz

Samborondón, Noviembre del 2017

CERTIFICACIÓN FINAL DE APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del estudiante Andrés Manuel Bermeo Illescas, que cursa estudios en la escuela de Ingeniería Civil, dictado en la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la UEES.

CERTIFICO:

Que he revisado el trabajo de titulación con el título: ANÁLISIS DEL VOLUMEN ÓPTIMO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA UN SISTEMA CONTRA INCENDIO, presentado por el estudiante Andrés Manuel Bermeo Illescas, con cédula de ciudadanía N.º0930110119, como requisito previo para optar por el Grado Académico de Ingeniero Civil, y considero que dicho trabajo investigativo ha incorporado y corregido las sugerencias y observaciones solicitadas por los miembros del tribunal, por lo tanto reúne los requisitos y méritos suficientes y necesarios de carácter académico y científico para presentarse a la DEFENSA FINAL.

Ing. Mario García C.

Tutor

Samborondón, Noviembre del 2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres del cielo Dios y la Virgen María por ser los guías y mediadores de mi vida al darme tanta felicidad y bendiciones pues con ellos todo lo que me proponga es posible.

A mis padres terrenales, Manuel Bermeo Mackliff y Olimpia Illescas Muñoz que son el pilar fundamental para mi educación y mi formación al brindarme todos los valores dignos de un ser humano, a mi hermano Javier Bermeo que me ayudó en el término de mi carrera y a mi esposa Rossana García a quien le agradezco por haberme ayudado y haber confiado en mí, todos ellos son el pilar fundamental para que haya logrado terminar esta hermosa etapa de mi vida. Con el apoyo de ellos pude seguir estudiando en esta linda universidad y superando todas las adversidades que se han presentado a lo largo de mi carrera.

Andrés Bermeo Illescas.

RECONOCIMIENTO

Agradezco de todo corazón a mi tutor, el ingeniero Mario García Cruz, quien me ayudó en la ejecución del presente trabajo invirtiendo gran parte de su tiempo y conocimientos de su vida profesional. Muchas gracias al director de la carrera, el Ing. Urbano Caicedo Salazar, por su paciencia y su colaboración demostrando ser un gran profesional y amigo. Y a todos los docentes que con sus clases enriquecieron mi conocimiento para que sean aplicados en mi vida profesional.

Andrés Bermeo Illescas.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación describe la solución a un problema para el almacenamiento de agua y protección contra incendios por lo que se dará a conocer los pasos y criterios necesarios que un ingeniero civil necesite para el análisis del volumen óptimo de un tanque de almacenamiento para sistemas contra incendio utilizando normas de diseño, de seguridad y calidad como la norma internacional NFPA (National Fire Protection Association), así como las políticas del Cuerpo de Bomberos que controlan a toda construcción que disponga de un correcto sistema contra incendio para salvar vidas humanas y cuidar las pérdidas materiales debido al fuego que en muchas ocasiones es causado por descuidos o accidentes de los trabajadores o la mala operación en los lugares de trabajo.

Se inicia analizando las condiciones y situaciones de la empresa donde se hace el estudio para reconocer los factores de riesgo para luego determinar mediante las normas y cálculos físicos matemáticos, el diseño del tanque de almacenamiento con el más eficaz método de extinción. La selección del sistema de extinción y la demanda de agua dan a conocer los diámetros necesarios para las redes de tuberías y los accesorios.

ÍNDICE GENERAL

Certificación final de aprobación del tutor	I
Dedicatoria	II
Reconocimiento	III
Resumen	IV
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento y Formulación del problema	2
CAPÍTULO II: OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo General.....	4
2.2 Objetivos Específicos	4
2.3 Justificación	4
CAPÍTULO III: MARCO TEORICO REFERENCIAL	5
3.1 Teoría del Fuego.....	6
3.1.1 Concepto del Fuego.....	6
3.1.2 Tipo de Fuego.....	8
3.1.3 Métodos y Agentes de Extinción.....	9
3.2 Teoría del Riesgo.....	16
3.2.1 Clasificación de Riesgos.....	16
3.2.2 Clasificación por Almacenamiento.....	18
3.3 Teoría del Diseño.....	23
3.3.1 Generalidades.....	23
3.3.2 Clasificación del SCI.....	23

3.3.3	Sistema de Agua.....	24
3.3.3.1	Demanda.....	27
3.3.3.2	Tuberías.....	27
3.3.3.3	Rociadores.....	28
3.3.4	Sistema de Bombeo.....	29
3.3.4.1	Tipos de Bombas.....	29
3.3.4.2	Parámetros de Diseño.....	30
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA.....		31
4.1	Metodología de la investigación.....	33
4.2	Metodología del Diseño.....	32
4.3	Metodología del Aspecto Ambiental.....	33
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		35
5.1	Resultados del Diseño.....	35
5.2	Resultados de la Investigación Ambiental.....	59
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		66
6.1	Conclusiones.....	66
6.2	Recomendaciones.....	67
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA.....		69
7.1	Anexos.....	71
	Anexo 1: Implantación arquitectónica bodega de almacenamiento.....	71
	Anexo 2: Tabla de longitudes equivalentes de la tubería de acero cédula 40.....	72

Anexo 3: Planta arquitectónico del diseño de sistemas contra incendio.....	73
Anexo 4: Bodega de almacenamiento Translointeg.....	74
Anexo 5: Bodega de almacenamiento Translointeg.....	74
Anexo 6: Ubicación Satelital de la bodega de almacenamiento.....	75
Anexo 7: Corte bodega de almacenamiento.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Triángulo del fuego	7
Figura 2. Tetraedro del fuego	8
Figura 3. Almacenamiento Clase I.....	18
Figura 4. Almacenamiento Clase III.....	19
Figura 5. Fuente de agua.....	26
Figura 6. Curvas de Diseño del Sistema de Rociadores- Almacenamientos en estanterías de 20 pies (6,1m) de Altura- Mercancía clase III.....	35
Figura 7. Curvas de diseño densidad de los rociadores de techo vs Altura de almacenamiento	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efectividad de los agentes extintores frente a los tipos de fuego.....	12
Tabla 2. Niveles de riesgos de acuerdo al tipo de edificación.....	17
Tabla 3. Área de protección y espaciamientos de rociadores	21
Tabla 4. Datos de la bodega de almacenamiento	22
Tabla 5. Área máxima de cobertura de un rociador	38
Tabla 6. Caudales de manguera para riesgo ordinario	39
Tabla 7. Valores de C de Hazen-Williams.....	44
Tabla 8. Resumen de Matriz Importancia Proyecto SCI	66

ÍNDICE DE MATRICES

Matriz 1. Identificación de los Impactos del proyecto SCI.....	59
Matriz 2. Calificación de los Impactos del proyecto SCI	60
Matriz 3. Matriz de importancia de los Impactos del proyecto SCI.....	64

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

Muchas Bodegas de Almacenamiento en el Ecuador realizan sus estudios y diseños de Sistemas Contra Incendio considerando diferentes normas de aplicación debido que en el Ecuador no existe como tal normas específicas para el diseño de sistemas contra incendio, lo recomendado es utilizar las normas americanas NFPA las que se logran ajustar a las condiciones del entorno del Ecuador y son normas que pueden ser, con buen criterio, aplicables para casos específicos bajo un criterio técnico razonable.

En virtud de esta situación el presente estudio de investigación pretende analizar una metodología para el diseño de un sistema contra incendio de una Bodega de Almacenamiento estableciendo principalmente el volumen óptimo de un tanque de almacenamiento para un sistema contra incendio, lo que conlleva al análisis de la operación de una serie de elementos del sistema, lo que será analizado en capítulos posteriores.

• 1.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, como fue mencionado, tiene como finalidad el diseño de un sistema contra incendio incluido el volumen óptimo del tanque, considerando como caso práctico la empresa Translointeg S.A ubicada en el km 24 vía Perimetral frente al mercado de víveres, haciendo referencia a la norma internacional NFPA (National Fire Protection Association), las medidas apropiadas para determinar el riesgo de incendios pueden variar según las circunstancias en que se presente el riesgo. Los incendios y sus riesgos, son controlados por el Benemérito Cuerpo de Bomberos, bajo reglamentos previamente establecidos. A continuación se hace referencia al artículo 1 del reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios en el Ecuador.

ARTICULO 1 [1]. Las disposiciones legales del Reglamento de Prevención, Mitigación y protección contra incendios, serán aplicadas en todo el territorio nacional, para los proyectos arquitectónicos y de ingeniería, en edificaciones a construirse, así como la modificación, ampliación, remodelación de las ya existentes, sean públicas privadas o mixtas, y que su actividad sea de comercio, prestación de servicios, educativas, hospitalarias, alojamiento, concentración de público, industrias, transportes, almacenamiento y expendio de combustibles explosivos, manejo de productos químicos peligrosos y de toda actividad que represente riesgo de siniestro.

Este proyecto de titulación se propone analizar el volumen óptimo de un tanque de almacenamiento para sistemas contra incendio mediante la norma NFPA, donde abarcará el dimensionamiento, selección y cálculo de los parámetros de diseño del tuberías en general, como son el caudal y la presión necesaria para el correcto funcionamiento del equipo del sistema en general, la selección de válvulas, el correcto dimensionamiento de la red de tuberías para rociadores automáticos, y el volumen aplicado del tanque de almacenamiento, se hablará en forma general de la selección de accesorios para la red de tuberías como son codos, uniones, te, reductores, soportes y la adecuada selección del equipo de bombeo, rociadores, extintores, cajetines de mangueras para lo cual se hará el buen uso de catálogos y fichas de internet y de tiendas dedicadas al suministro de dichos equipos y accesorios.

1.2 Planteamiento y Formulación del problema

En todo el mundo así como también en el Ecuador, la necesidad de sistemas de seguridad contra incendios es indispensable especialmente por los efectos negativos que causan los siniestros en relación con el fuego.

Los incendios en las empresas industriales y en todo tipo de edificación han causado graves daños a lo largo de la historia.

La empresa Translointeg, requiere para sus instalaciones, ubicadas en la Vía Perimetral entrando por Cridesa, un sistema contra incendios por lo cual se analizarán todos los productos que almacenan y los elementos estructurales en los que están almacenados.

La NFPA (National Fire Protection Association) es reconocida internacionalmente y referenciada en la Reglamentación nacional. Este compendio de normas es considerado como una fuente autorizada de datos técnicos y recomendaciones para el campo de prevención, protección y control del fuego (Anchundia, 2011).

El presente trabajo de investigación delimita el proyecto teniendo en cuenta lo siguiente:

La importancia de contar con un tanque de almacenamiento, es porque en caso de un siniestro o connato de incendio, el departamento de bomberos tenga la suficiente cantidad de agua para poder atacar en las primeras etapas del fuego, ya que es cuando se puede controlar, y a su vez extinguir, de lo contrario tienen que buscar agua de partes lejanas, o bien contar únicamente con el agua del camión de bomberos, la cual pudiera ser insuficiente (Baja Design, Engineering, 2014)

En caso de incendio, la red pública, puede ser que no sea suficiente para el abastecimiento de agua o para la extinción del incendio, por lo que el agua tiene que ser almacenada en un lugar seguro como un tanque o una cisterna.

Las instalaciones de protección contra incendios en determinadas edificaciones requieren el almacenamiento y distribución de agua en puntos cercanos a las zonas habitadas para su uso en caso de un posible fuego

accidental. Dichos sistemas por definición, mantienen el agua estancada hasta el momento de uso.

1. ¿Se dispone de un sistema de almacenamiento de agua capaz de suministrar lo necesario para controlar un incendio?
2. ¿Qué es el fuego?
3. ¿El diseño está propuesto en referencia a la norma NFPA?
4. ¿Cómo se comportaría el sistema ante un eventual incendio?

CAPÍTULO II: OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Analizar y evaluar, técnica y ambientalmente, el diseño de un sistema contra incendio de una bodega de almacenamiento.

2.2 Objetivos específicos

1. Analizar las formas establecidas para la determinación de los niveles de riesgo para el diseño de un sistema contra incendio.
2. Diseñar, en un caso práctico, el sistema contra incendio, considerando la normativa NFPA.
3. Evaluar la factibilidad ambiental de implementar un sistema contra incendio.

2.3 Justificación

La necesidad de reducir daños en el interior de la planta Translointeg S.A, evitar daños en las instalaciones y productos, así como reducir el tiempo de respuesta ante una emergencia, y lo más importante cuidar de la salud de las personas que laboran en este lugar, hace muy necesario la instalación de un sistema contra incendio para las instalaciones de la empresa.

Actualmente no se cuenta con un sistema contra incendios para reducir los costos y los daños que podrían producirse dentro de la empresa y sus zonas de influencia. Hay ausencia de redes públicas de AA.PP. cercanas a la empresa, por eso se requiere de la instalación de un sistema contra incendios y del análisis óptimo del volumen de un tanque para este sistema, para que en el caso de un incendio haya la suficiente cantidad de agua para la sofocación del mismo.

Como estudiante de la escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Arquitectura de la UEES, al contar con los conocimientos para el análisis de volúmenes de agua, mecánica de fluidos y manejo de normativas, hace necesario el desarrollo del presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En el marco teórico referencial se definirá el problema de investigación y los objetivos propuestos en el contexto en que se desarrollan. Por lo que los referentes a ser considerados son: teoría del fuego, clases de fuego, riesgo de incendios, extintores, gabinetes, rociadores, aspectos básicos del diseño contra incendios, equipos de bombeo, redes, y funcionamiento en general.

El presente marco teórico pretende ofrecer al lector una serie de conceptos básicos vinculados con los objetivos de esta investigación de manera que los capítulos de resultados y conclusiones sean comprendidos de manera integral; motivo por el cual, este capítulo ha sido dividido en 4 subcapítulos.

1. Teoría del Fuego
2. Métodos de Extinción
3. Teoría del Riesgo – (Riesgo, Almacenamiento, QP)
4. Métodos de Diseño

3.1 Teoría del fuego

3.1.1. Concepto Del Fuego

“El fuego es una reacción térmica, también conocida con el nombre de combustión”. (Vacacela Tufiño, 2014).

El fuego ha sido fundamental en el avance del hombre, nos sirve para calentar, cocinar, en procesos industriales, pero cuando perdemos el control de este fuego se produce un incendio, por lo tanto un incendio es un fuego incontrolado. El fuego lo podemos definir como la combustión que se manifiesta con desprendimiento de luz, de calor intenso y de llama.

Para que haya fuego necesitamos de 3 condiciones: combustible, comburente y la energía de activación.

1. Combustible: es la sustancia que se puede quemar, se lo encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso.
2. Comburente: es el oxígeno del aire que respiramos, el medio por el que se propaga el fuego.
3. Energía de activación: es el primer calor que aportamos al fuego, como por ejemplo un fósforo encendido o el rayo de una tormenta y el origen de esta energía de activación puede ser térmico, eléctrico, mecánico y químico.

Estos tres elementos representan el triángulo del fuego.



Figura 1. Triángulo del fuego
Fuente: (Fernández de Castro, A y Ruiz, C. (2003). Seguridad contra incendios (p.20). Madrid: Editorial Tecnos.

Cuando tenemos estos tres elementos en las proporciones adecuadas se da la combustión, si llega a faltar uno de estos componentes no se produce el fuego.

Para hacer que un fuego se mantenga es necesario que el combustible se vaya combinando con el oxígeno esta combinación genera calor, parte de este calor es el que hace la energía de activación para continuar con el fuego, a esto se le llama reacción en cadena, que es necesaria para que el proceso del fuego continúe, al incluir este cuarto elemento se la denomina el tetraedro del fuego.

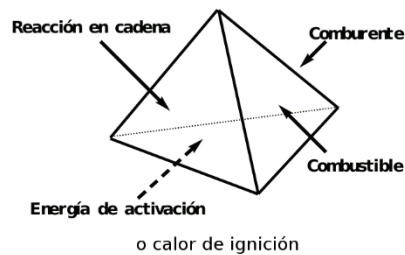


Figura 2. Tetraedro del fuego
 Fuente: (Fernández de Castro, A y Ruiz, C. (2003). Seguridad contra incendios (p.20). Madrid: Editorial Tecnos.

3.1.2. Tipos de Fuego

- Clase A.- Producidos por materiales combustibles ordinarios como madera, papel y plástico. El agente extintor más común de este tipo de fuego es el agua, además pueden utilizarse químicos secos de las clases B y C. (TYCO, Fire Protection Products, 2010)
- Clase B.- Producidos por líquidos y gases inflamables. Para apagarlos se utilizan químicos secos tales como: espuma, agentes limpios, dióxido de carbono y agua sublimada. (TYCO, Fire Protection Products, 2010)
- Clase C.- Fuego producido en equipos eléctricos; para apagarlo es imperativo utilizar agentes no conductores como químicos secos, dióxido de carbono y agentes limpios. La utilización de agentes conductores puede causar descargas eléctricas en quien esté operando el extinguidor y causar severos daños en equipos eléctricos. (TYCO, Fire Protection Products, 2010)

- Clase D.- El fuego se produce en metales combustible como: magnesio, titanio, circonio y sodio. Técnicas, agentes y equipos especiales han sido desarrollados para apagar estos fuegos, los agentes de extinción comunes pueden reaccionar con los metales e incrementar la intensidad del fuego.(TYCO, Fire Protection Products, 2010)
- Clase K.- Fuegos que se producen en aparatos de cocción que implican un nivel de combustible medio (aceites vegetales o animales y grasas). Se requiere que el fuego en la freidora este completamente apagado o extinguido prohibiendo el encendido del mismo por un tiempo mínimo de 20 minutos o hasta que la temperatura decaiga a menos hasta 60°F (16°C). (TYCO, Fire Protection Products, 2010)

3.1.3 Métodos y Agentes de Extinción

El fuego se extingue si algunos de los componentes que generan (calor, oxígeno y combustible) es retirado, en esto consiste el principio de extinción del fuego.

Existen tres métodos de extinción, estos son:

- Extinción por remoción de calor.

Esto se consigue gracias a la acción de un agente refrigerante siendo el más común de ellos el agua; el agua se puede aplicar en un chorro sólido a manera de un fino spray o mezclada con espuma. (TYCO, Fire Protection Products, 2010).

- **Extinción por remoción de oxígeno.**

El oxígeno puede ser retirado del fuego al cubrir este con películas químicas o mecánicas o por la contaminación del ambiente con gases tales como el dióxido de carbono. (TYCO, Fire Protection Products, 2010, pág. 2).

- **Extinción por remoción de combustible.**

Estos métodos son muy riesgosos pero existen casos en los que son efectivos. Un ejemplo es la extinción de fuego retirando materiales combustibles e inflamables. (TYCO, Fire Protection Products, 2010, pág. 2).

Los agentes extintores más ocupados y estudiados son los siguientes:

- **Agua.**

El agua es el agente extintor más conocido, tiene gran capacidad de absorber el calor. (Rojas Salazar, Teresa, 2009, págs. 12-18).

- **CO₂.**

El dióxido de carbono es un agente extinguidor gaseoso, más denso que el aire. (Rojas Salazar, Teresa, 2009, págs. 12-18).

- **Derivados Halogenados.**

Son hidrocarburos que en su estructura molecular contienen átomos de halógenos, son muy buenos extintores pero al mismo tiempo son tóxicos por tanto que su utilización se encuentra restringida. (Duque Granja, 2015).

- **Polvo Químico Seco.**

Se lo conoce como una mezcla de compuestos en forma de polvo químico fino entre los cuales se encuentran los siguientes: bicarbonato sódico, bicarbonato potásico, bicarbonato urea-potásico y fosfato mono-amónico. (Duque Granja, 2015).

Como ventajas en la utilización de polvos secos en la extinción de incendios se puede mencionar la nula toxicidad y alta constante dieléctrica, presenta las siguientes desventajas como: ligero efecto corrosivo y dificultad de limpieza después de la aplicación. (Duque Granja, 2015).

- **Espuma - Agua.**

La acción de la espuma se radica en la sofocación del fuego formando un tapiz que logra la separación combustible-oxígeno. Las principales ventajas de este producto es que no es tóxica y puede cubrir grandes áreas, las principales desventajas es que no se puede utilizar en fuegos de origen eléctricos. (Duque Granja, 2015).

Tabla 1. Efectividad de los agentes extintores frente a los tipos de fuego

AGENTE EXTINTOR	FUEGOS A	FUEGOS B	FUEGOS C	FUEGOS D
Agua a chorro	Bueno	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable
Agua pulverizada	Excelente	Aceptable	Inaceptable	Inaceptable
Espuma	Bueno	Bueno	Inaceptable	Inaceptable
Polvo polivalente	Bueno	Bueno	Bueno	Inaceptable
Polvo seco	Inaceptable	Excelente	Bueno	Inaceptable
CO ₂	Aceptable	Aceptable	Inaceptable	Inaceptable
Halogenados	Aceptable	Aceptable	Inaceptable	Inaceptable
Productos específicos	No aplica	No aplica	No aplica	Aceptable

Tabla 1. Efectividad de los agentes extintores frente a los tipos de fuego
Fuente: (Universidad Politécnica de Valencia, 2013).

Aspectos básicos del diseño de sistema contra incendio

Los aspectos básicos del sistema contra incendio son sus sistemas de protección que corresponden a una serie de dispositivos que, trabajando de manera conjunta o individualmente, ayudan a prevenir, controlar o extinguir un incendio. En cualquier tipo de construcción (edificaciones o plantas de proceso) los sistemas contra incendio constituyen un punto de gran importancia que se debe tratar detalladamente, ya que la seguridad completa tanto de las personas que ahí trabajan como de los equipos que ahí se encuentren depende del funcionamiento adecuado de este sistema.

Los aspectos básicos del diseño de sistema contra incendio se conforman por un conjunto de sistemas de alarmas, detección, extinción que son compuestos de equipos de bombeo, tanque de almacenamiento de agua o espuma, sensores, sistemas de tuberías y accesorios, detectores y paneles controladores, los cuales deben ser diseñados bajo recomendaciones de seguridad y de protección mencionados en las diferentes normas de incendios.

Códigos y Normas

Cuando se requiere diseñar un sistema contra incendio para una edificación en particular, es de suma importancia revisar las normas actualizadas en donde se establecen todos los criterios necesarios para facilitar el diseño del sistema y tratar de que funcionen de la manera más rápida y eficiente.

Existe un compendio de normas que se refieren exclusivamente a los sistemas contra incendio, como la norma NFPA (National Fire Protection Association). El contenido de esta norma va desde lo más general hasta lo más específico a la hora de diseñar un sistema contra incendio, es fundamental documentarse a través de ella porque señalan las especificaciones correctas a la hora de poner en marcha un proyecto de diseño contra incendio.

Las normas NFPA en general son las más completas para todo tipo de construcciones (edificaciones, plantas de proceso, etc.).

A continuación se nombrarán los códigos que en este trabajo de investigación se utilizarán:

- **NFPA 13-13:** Norma para el diseño de rociadores.
- **NFPA 14-13:** Norma para la el diseño de tuberías y mangueras.
- **NFPA 20-13:** Norma para el diseño de bombas.

El reglamento también logra intervenir en el proceso de diseño, siendo así parte de las normas internacionales. La autoridad la cual es el Benemérito Cuerpos de Bomberos sugiere que el sistema de protección este bajo reglamento como:

- Regla de prevención de incendios- 2007 del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil (BCBG).

Sistemas pasivos

Se denominan así a las rutas señalizadas para la evacuación o puntos de encuentro, puertas de emergencia, pasillos, anchos de escaleras. Los tipos de acciones a tener en cuenta son las siguientes:

- Barreras cortafuegos tipo horizontal
- Barreras cortafuegos tipo vertical

Sistemas activos

Está dividido en los siguientes tipos: sistemas de alarmas y detección, los cuales detectan el inicio del fuego, evitan que se propague si ya ha comenzado, avisa mediante el sonido a las personas que se encuentran laborando en la edificación y los direcciona hacia las rutas de evacuación.

Sistemas de aspersión

Está compuesto por rociadores de agua, tienen la función de controlar el fuego, este sistema permite que se controle un poco el fuego hasta que lleguen los bomberos.

Extintores

Los extintores son equipos y dispositivos de control de incendios más utilizados a nivel no profesional, por su conveniencia costo y disponibilidad.

Los extintores tienen como base la acción del agente extintor, que ataca uno de los cuatro elementos del tetraedro del fuego. Es decir realiza la extinción por reducción de temperatura, eliminación de oxígeno, combustible e inhibición de la reacción en cadena que para combatir incendios pequeños o incipientes, se clasifican de acuerdo al agente extintor que contenga.

1. Extintores tipo A. Son aquellos que contienen agua presurizada, espuma o polvo químico seco. Combaten fuegos que contienen materiales orgánicos sólidos y forman brasas como: madera, papel, plásticos, telas de algodón, etc.

2. Extintores tipo B. Son aquellos que contienen espuma, dióxido de carbono, los de uso múltiple de químico seco, se utilizan en incendios provocados por líquidos y sólidos fácilmente inflamables: aceite, alcohol, grasa, cera, gasolina, etc. Impiden la reacción química en cadena.

3. Extintores tipo C. Son aquellos que contienen gas carbónico o dióxido de carbono, el químico seco común, son los recomendados para incendios provocados por equipos eléctricos: electrodoméstico, interruptores, caja de fusibles, y herramientas eléctricas. Los de dióxido de carbono deben usarse con poca presión, porque con mucha potencia pueden esparcir el fuego.

Impiden la conducción de la corriente eléctrica.

4. Extintores tipo D. Son aquellos que contienen polvo seco especial para ser utilizados en incendios en los cuales intervienen metales que arden a gran temperatura y necesitan mucho oxígeno para su combustión ya que con el agua o químicos reaccionan violentamente. Enfrían el material por debajo de su temperatura de combustión.

5. Extintores tipo K. Estos extintores contienen una solución a base de acetato de potasio para ser utilizados en la extinción de fuegos de aceites vegetales no saturados para los que se requiere un agente extintor que produzca un agente refrigerante y que reaccione con el aceite produciendo un efecto de saponificación que sella la superficie aislándola del oxígeno.

3.2 Teoría del Riesgo

Riesgo de incendio

El riesgo es la probabilidad de que un peligro se materialice en determinadas condiciones y genere daños a las personas, equipos, entorno, etc. Para esta investigación se dictarán los riesgos de incendio bajo la norma NFPA.

3.2.1. Clasificación de Riesgos:

Los riesgos se clasifican en:

Riesgo leve (ligero). Es aquel presente en edificaciones donde se encuentran materiales de baja combustibilidad y no existen facilidades para la propagación del fuego.

Riesgo moderado (ordinario). Es aquel presente en edificaciones donde se encuentren materiales que puedan arder con relativa rapidez o que produzcan gran cantidad de humo.

Riesgo alto (elevado). Es aquel presente en edificaciones donde se encuentran materiales que puedan arder con rapidez o donde se produzcan vapores tóxicos y exista la posibilidad de explosión.

Tabla 2. Niveles de riesgos de incendio de acuerdo al tipo de edificación

Clasificación	Almacenamiento de material	Combustibilidad del material	Tasa de aumento de calor	Uso de líquidos inflamables	Edificaciones	Referencia
Riesgo ligero	Bajo	Bajo	Moderado	Ninguno	Iglesias, centros educativos, hospitales, instituciones públicas, pequeñas bibliotecas, construcciones residencias, museos, oficinas,	NFPA 13-13 Apéndice 5.2
Riesgo ordinario I	Moderado	Moderado	Moderado	Muy limitado	Parqueaderos y salas de exhibición de autos, plantas de procesamiento de alimentos, panaderías, plantas de procesamiento de vidrio, lavanderías, restaurant	NFPA 13-13 Apéndice 5.3.1
Riesgo ordinario II	Moderado Alto	Moderado Alto	Moderado Alto	Muy limitado	Molinos de alimentos, plantas productoras de tabaco, destilerías, bibliotecas de apilamiento alto, plantas productoras de llantas, de papel, industrias de textiles.	NFPA 13-13 Apéndice 5.3.2
Riesgo elevado I	Muy alto	Elevada	Alta	Moderado	Hangares aeronáuticos, sistemas donde se use líquidos combustibles, plantas de fundición, plantas procesadoras de caucho, de plywood, plantas de tapizado con espumas plásticas,	NFPA 13-13 Apéndice 5.4.1
Riesgo elevado II	Muy alto	Elevada	Alta	Abundante	Plantas asfálticas, plantas productoras de líquidos inflamables tipo spray, plantas procesadoras de plástico, productoras de líquidos limpiadores, productoras de barnices y pinturas	NFPA 13-13 Apéndice 5.4.2

Tabla 2. Niveles de riesgos de acuerdo al tipo de edificación
Fuente: (National Fire Protection Association 13, 2013, p.99)

3.2.2. Clasificación por almacenamiento

Los factores a considerar en este análisis son los siguientes:

- Tipo y empaque del producto.
- Tipo y altura de almacenamiento
- Ubicación de materiales peligrosos en el área.



Figura 3. Almacenamiento Clase I
Fuente: (Ebena Soporte Empresarial, 2014)

Lo anterior mencionado admite clasificar la mercadería en una bodega en los siguientes grupos:

Clase I. Dentro de esta clase se comprenden productos no combustibles que generalmente se encuentran dentro de papel corrugado o cartones de.



Figura 4. Almacenamiento Clase III
Fuente: (SEL S.A. Servicios Logísticos Integrales, 2010)

En el Figura 3, se muestra los tipos de productos no combustibles dentro de cartones o papel corrugado.

Clase II. Dentro de esta clase se comprenden productos no combustibles almacenadas en cajas de madera, jabs plásticas, cartones de múltiples capas o cualquier material que estén apilados o no en pallets (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 120).

Clase III. Se comprenden productos fabricados a base de madera, fibras naturales o sintéticas, papel, estos pueden estar almacenadas dentro o no de cartones, cajas apiladas o no en pallets.

Clase IV. Comprenden productos tanto parcial o completamente por plásticos que conforman el Grupo B. Si el contenido o empaque tiene un rango de 5 al 15% del peso o al 25% del volumen de plástico considerado como Grupo A que estén apilados o no en pallets. (National Fire Protection Association 13, 2013)

Plásticos. Se los encuentra en el Grupo de plásticos como Grupo A, B o C.

Clasificación de la ocupación

La bodega tiene una ocupación de almacenar productos de la línea de rollos de papel higiénico y pañales por lo que es catalogada como una ocupación con riesgo ordinario nivel dos, al analizar la clase de mercadería, su altura y forma de apilamiento podemos mencionar los siguientes puntos:

- Los materiales que se ocupan en la envoltura de los pañales son de plástico o cinta de embalaje.
- Todos los productos son almacenados en cajas de cartón y embalados con plástico de embalaje para evitar lastimaduras en el movimiento del producto.
- Todos estos productos se encuentran apilados sobre pallets de madera y en racks metálicos de almacenamiento.
- La altura de apilamiento es de 18 pies (5,56m)

Dado los puntos anteriormente expuestos la clasificación de la ocupación se la considera dentro del riesgo ordinario grupo II, donde se encuentran las plantas productoras de papel tal como se menciona en el manual de la NFPA. (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 305)

Clasificación del producto

El producto contenido en cajas de cartones y embaladas en plástico son pañales y papeles higiénicos con características no combustibles y no inflamable, cada caja de cartón tiene capacidad para 9 paquetes de pañales y para los papeles higiénicos tienen capacidad para 8 paquetes, por lo que de acuerdo a las clases de mercancía, se lo puede clasificar como Clase III (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 309).

Cobertura y espaciamentos máximos

Para determinar estos parámetros se sabe que la bodega tiene apilamiento elevado en parte del área y apilamiento sólido por lo que al calcular el área y espaciamiento de los rociadores se utilizará la tabla 3.

Tabla 8.6.2.2.1(b) Áreas de Protección y Espaciamiento Máximo (Rociado Estándar Montante/Rociado Estándar Colgante) para Riesgo Ordinario

Tipo de Construcción	Tipo de Sistema	Área de Protección		Espaciamiento (máximo)	
		pies ²	m ²	pies	m
Todos	Todos	130	12,1	15	4,6

Tabla 3. Área de protección y espaciamientos de rociadores
Fuente: (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 89)

Descripción del área a proteger

La bodega de almacenamiento a proteger forma parte de una empresa comercializadora de productos de consumo masivo como pañales y papeles higiénicos almacenados en racks paletizados ubicada en la provincia del Guayas la cual necesita instalar un sistema de extinción que cumpla con la normativa local e internacional. El área de ocupación de la bodega está dividida según la siguiente clasificación de riesgos de la tabla 4.

Los principales datos y especificaciones se los detalla en la siguiente tabla:

Longitud (pie)	36 m (118,11)
Ancho (pie)	26m (85,30)
Área (pie ²)	936m ² (10075)
Altura máxima (pie)	12m (39,37)
Tipo de cubierta	Cubierta de steel panel
Ángulo de cubierta	< a 12°
Temperatura de cubierta	> a 38°
Uso	Almacenamiento de productos de aseo personal
Altura de almacenamiento	5,56 m en estanterías tipo racks, sobre pallets

Tabla 4. Datos de la bodega de almacenamiento
Elaborado por: Andrés Bermeo

3.2. Teoría del Diseño

3.3.1. Generalidades

Algunas de las razones que determinan la necesidad de estos elementos son la posible iniciación de incendios en horas o lugares donde no exista presencia constante de personal. Los elementos de protección contra incendios son aquellos objetos que se disponen para edificios, hospitales, fábricas, y cualquier tipo de entidad para ser protegida contra la acción del fuego. Las características son las siguientes:

1. Salvaguardar las vidas.
2. Reducir las pérdidas materiales.
3. Conducir a las personas hacia las rutas de evacuación.

3.3.2. Clasificación de los sistemas contra incendio

La clasificación son las siguientes:

1. Sistema de detección de incendios convencional. Estos sistemas requieren de un mínimo mantenimiento tienen facilidad de manejo, por lo que son instalados en locales comerciales pequeños y es obligatorio la instalación en las edificaciones.
2. Sistemas de detección y alarma. Estos sistemas descubren de manera inmediata el incendio e inician la extinción y evacuación.
3. Sistema de rociadores automáticos. Estos sistemas desempeñan dos funciones de manera eficaz las cuales son: detección y extinción de incendios. La temperatura del entorno incide en los años de la vida útil de los rociadores.
4. Sistemas con hidrantes. Son sistemas que suministran gran cantidad de agua en poco tiempo, al conectarse y al operar sirven para la lucha contra incendios.

5. El agua puede obtenerla de la red urbana de abastecimiento o de un depósito mediante una bomba.
6. Sistemas con extintores. Son los que más se utilizan a nivel no profesional, por su conveniencia, costo y disponibilidad. Este sistema ataca uno de los cuatro elementos del tetraedro del fuego realizando la extinción del fuego por reducción de temperatura, eliminación de oxígeno, combustible y la inhibición de la reacción en cadena.

3.3.3. Sistema de agua

Se usan para enfriar los equipos que hayan sido afectados por el fuego y evitan explosiones y propagaciones del incendio.

Cuando se piensa diseñar un sistema de agua contra incendio es importante tener en cuenta todos sus componentes, y cumplir con las normas que aseguran un sistema eficiente y adecuado a las necesidades de la edificación.

Red de agua

Los sistemas de suministro de agua deben consistir de una o múltiples fuentes de agua que se encuentren conectadas a la red de distribución de agua, deben estar dimensionadas y arregladas de tal forma que suministren el caudal y presión que se requiere en los puntos establecidos. La red de agua contra incendio debe ser una malla formada por lazos cerrados, ya que en el caso de haber fallas en el sistema la presión y caudal requeridos sean garantizados a lo largo de la red.

Requerimiento de agua

Los requerimientos de agua es la cantidad de agua que se necesita en una zona o equipo determinado para poder enfriar o extinguir el incendio.

Gabinetes

Dentro de los diferentes tipos de gabinetes se tiene:

- Sistemas Clase I

Los sistemas clase I tienen las conexiones para manguera de 2 ½" (64mm) en determinados lugares de un edificio con el fin de facilitar una total intervención contra incendios. Estos sistemas están proyectados para ser utilizados por los bomberos.

- Sistemas Clase II

Los sistemas clase II tienen conexiones de 1½" (38mm) en determinados lugares de un edificio, para proporcionar una primera ayuda en caso de incendio.

- Sistemas Clase III

Los sistemas clase III reúnen las características de los clase I y clase II. Están proyectados tanto como primera ayuda en caso de incendio como para luchar contra el fuego. Este sistema se limita generalmente a 100 pies de longitud (30.2m).

La demanda para un sistema combinado de clase III es de 500 gpm mínimo para interiores y exteriores, (Norma NFPA 14); debido a que el cálculo se realiza con el gabinete más lejano y actuando otro gabinete en el extremo opuesto a éste, ya que el caudal mínimo para cada gabinete es de 250 gpm a 100 psi.

Fuente de agua.

La fuente de agua puede ser de origen natural (lagos, ríos, pozos, etc.) o artificial (torres de agua, reservorios, líneas de distribución de agua potable, etc.). El agua previa a ser almacenada y utilizada dentro del sistema de tuberías de protección contra incendios, debe ser analizada para evitar una corrosión interna que pudiera afectar a tuberías y accesorios en corto o largo plazo. (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 1044).

El uso de aditivos químicos para intentar parar fugas, no es permitido en el sistema de tuberías. Los agentes químicos para mitigar o prevenir la corrosión interna del sistema de tuberías están permitidos en medida que no afecten las propiedades del agua y su uso para combatir incendios. (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 96).

Para utilizar el agua esta puede ser almacenada de distintas formas (tanques elevados de hormigón armado, tanques metálicos y cisternas.) Esto siguiendo parámetros de diseño y de construcción determinados en NFPA 22.

Se muestra en el Figura 5. Un tanque para almacenamiento de agua con capacidad aproximada de 200 m³.

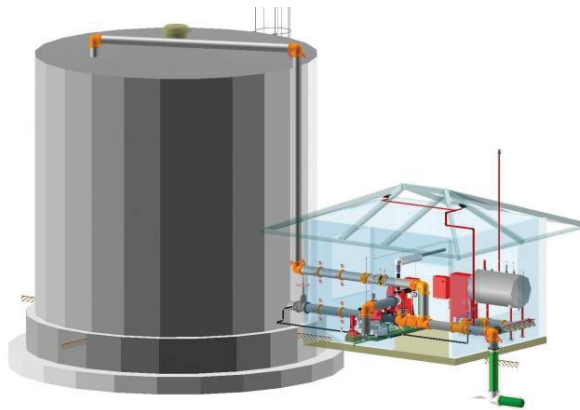


Figura 5. Fuente de agua
Fuente: (Ingeniería Mecánica Metro S.A de C.V, 2014)

3.3.3.1. Demanda de agua

La demanda de agua se obtiene al realizar una serie de cálculos dependiendo del área que desea cubrir del equipo así como también de la tasa de aplicación que necesite el mismo. Aquella zona que se desea proteger se debe separar en escenarios específicos, determinados por un Análisis Cuantitativo de Riesgos (ACR), este documento consiste en la evaluación sistemática de las instalaciones, con el fin de identificar todo evento potencialmente peligroso y estimar los daños a personas (trabajadores y terceros) como consecuencia de fugas de sustancias inflamables y combustibles, de manera de poder cuantificar el nivel de riesgo implícito mediante la estimación de la frecuencia de ocurrencia y de la magnitud de sus consecuencias.

También es importante destacar que la tasa de aplicación de agua para cada equipo varía dependiendo de la norma y se establece la cantidad adecuada para equipo, así como también el área del mismo que se requiere cubrir para tener el control total sobre el incendio que pueda ocurrir.

3.3.3.2. Tuberías

Para dimensionar la red principal de tuberías se debe conocer cuál es el área con mayor demanda de agua de la instalación, y en base a eso sacar un balance hidráulico tomando en cuenta como caudal de diseño el requerido en el área con mayor demanda. Luego se debe revisar las normas antes mencionadas para conocer las especificaciones que debe llevar el sistema de tubería en cuanto a válvulas, velocidad en las tuberías, diámetros mayores y menores permitidos, materiales usados, pérdidas por fricción como por accesorios así como también las distintas pruebas que se le deben hacer al sistema para revisar que su desempeño sea adecuado.

3.3.3.3. Rociadores

Los rociadores son sistemas que consisten en una red de tubería que son instaladas por debajo del techo y son activadas por la temperatura que circula en el sitio. Al romperse la vulva del rociador se produce la descarga abundante de agua en forma de ducha sobre el fuego que se está produciendo. (Uribe González, 2013).

Tipos de Rociadores

Los principales tipos de sistemas son:

- Sistemas de Tubería Húmeda: Estos sistemas están formados por rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene agua y que a su vez se conecta a un suministro de agua para que se descarguen rápidamente. (Uribe González, 2013)
- Sistemas de Tubería Seca Normales: Los sistemas de tubería seca normales tienen los rociadores acoplados a una tubería que contiene agua o nitrógeno a presión. Esto permite que la presión de agua abra la válvula y fluya por todo el sistema de rociadores abiertos (Uribe González, 2013)
- Sistemas de Acción Previa: Son rociadores conectados a tuberías que contienen aire y pueden estar sometidas o no bajo presión y cuentan con un sistema de detección suplementario. (Uribe González, 2013)
- Sistema de Inundación Total: Estos sistemas son de rociadores abiertos, conectado a su sistema de tuberías y a un suministro de agua a través de una válvula que se abre por el sistema de detección. (Uribe González, 2013)

3.3.4. Sistema de Bombeo

Los sistemas de bombeo contra incendio constituyen la fuente normal de abastecimiento de los sistemas de extinción por agua en la mayoría de las industrias; por ser primordial para el funcionamiento de los mismos se requiere un cuidadoso diseño y selección de componentes. Debido al riesgo potencial de perder las instalaciones de generación de vapor y electricidad por una explosión, se prefieren usar bombas accionadas por motores a diésel, se considera menos confiable las bombas accionadas por turbinas de vapor y motores eléctricos, a menos que se realice un análisis detallado en el sistema de distribución eléctrico o de vapor y se pueda concluir que las bombas seguirán en funcionamiento aun después de que ocurra un incidente mayor. En el caso de que se tengan bombas accionadas por motores eléctricos, el suministro de energía eléctrica debe diseñarse de manera tal que un único evento (explosiones, incendios, en subestaciones eléctricas, cortocircuitos, entre otros) no tendrá como consecuencia la pérdida total de la energía a la estación de bombeo.

Las capacidades de las bombas se van a determinar basándose en las premisas de las normas NFPA, las cuales establece los criterios que se deben seguir para las bombas eléctricas, diésel y las jockey, así como también los sistemas de arranque y parada de las mismas.

3.3.4.1. Tipos de Bombas

Normalmente se instalan dos tipos de bombas: Las bombas centrífugas que utilizan agua en carga y la bomba auxiliar o jockey que cumple la función de sostenimiento de presión cuando hay fugas y evitar el arranque de la bomba cuando no es necesario.

Las bombas contra incendio se diseñan para el suministro de un caudal de agua, medido en galones por minuto, a una presión y velocidad de bombeo concretas, medidos en PSI (lb/pulg²).

3.3.4.2. Parámetros de Diseño

La normativa NFPA 20 expresa que las bombas a utilizar en sistemas de extinción deben tener una curva caudal-presión suave y deben proveer no menos del 150% de la capacidad nominal al 65% de la presión nominal, la presión de cierre no debe exceder el 140% de la presión nominal; de igual forma la presión de cierre no debe ser menos a la presión nominal. Esta comprobación se la realiza previo a entregar el sistema, verificando que los parámetros de caudal y presión con la que fue diseñada se cumpla en la bomba principal (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 55). La curva de la bomba se la ilustra en la siguiente figura.

Bombas según NFPA 20-13

Una bomba contra incendio es una máquina que aumenta la presión del agua y está provista de una tubería de succión y otra de descarga con capacidad de suministrar el volumen de agua a presión para combatir un incendio.

Esta bomba es activada mediante una caída de presión por apertura de un mecanismo de extinción de incendios. Los motores que impulsan la bomba pueden ser de tipo eléctrico o diésel, con un suministro de caudal que oscilan entre 25gpm a 5000gpm.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Metodología de la Investigación

Este proyecto de investigación tiene un enfoque en el diseño de un sistema contra incendios para una planta de almacenamiento de papeles higiénicos y pañales en la empresa Translointeg ubicada en el Km 24 Vía Perimetral. Esto se realiza para dar solución a lo que se considera una necesidad de protección para los bienes materiales y personales dentro de la bodega.

La investigación que se va a proponer es de tipo analítica y cualitativa ya que se trabajará con cálculos hidráulicos para determinar el sistema contra incendios, y se usará una matriz ambiental para determinar los impactos producidos por la ejecución del sistema contra incendios.

La metodología utilizada en el proyecto de investigación comienza con la verificación de la normativa aplicable, en este caso la NFPA es la organización encargada de crear los requisitos mínimos para la prevención contra incendios.

4.2. Metodología del Diseño

Para determinar el sistema de extinción de incendios, se necesita describir las características de la instalación industrial y el entorno. Estudiando esto se plasma una idea del diseño arquitectónico necesario para actuar en una emergencia.

El segundo paso es realizar un análisis o evaluación de riesgo; es decir identificar los peligros de incendio estableciendo los controles respectivos y luego de esto se comprueba en base a la normativa NFPA, con tablas y gráficas establecidas usando cálculos hidráulicos, para ir diseñando el

sistema de tuberías, accesorios y equipos que constituyen partes fundamentales de la red.

La empresa Translointeg que es donde se realiza el estudio almacena productos en pallet derivados del papel como papel higiénico y pañales, luego de haber hecho los pasos anteriores se realiza el análisis de riesgo basado en estos productos almacenados, para esto hay que ir a la tabla establecida por la NFPA llamada niveles de riesgo de acuerdo al tipo de edificación, observamos las características de la edificación en especial lo que se almacena y la cantidad que se almacena, llegando a la respuesta de Riesgo Ordinario II.

Para lo siguiente se realizaron consultas a ingenieros especializados en el tema de incendios, artículos de internet como papers, revistas, investigaciones siempre contando con la fuente original de la norma NFPA.

Se aplicó la modalidad de investigación de campo que consiste en investigar y elaborar mediante una visita y análisis de todos los detalles de la bodega donde se almacenan estos productos. La consulta a la web y a los ingenieros especializados en sistemas contra incendios son los instrumentos necesarios e importantes para desarrollar el proyecto.

4.3. Metodología del Aspecto Ambiental

Para la evaluación ambiental del proyecto, se empleó el método de valoración cualitativa, conocida como Matriz de Importancia, metodología recomendada por Conesa en el documento “Estudios de Impacto Ambiental – España, 1998”. La Matriz de importancia permite obtener una valoración cualitativa, y se realiza a partir de la Matriz de identificación de impactos. Cada casilla de cruce en la Matriz o elemento tipo, dará una idea del efecto de cada acción impactante sobre cada factor ambiental impactado. Los elementos tipo, o casilla de cruce, están ocupados por la valoración

correspondiente a siete símbolos, a los que se les añade uno o más que sintetiza en una cifra la Importancia del Impacto, en función de los seis primeros símbolos anteriores. (Gallardo, 2014)

A continuación se describe el significado de los mencionados símbolos que conforman el elemento tipo de una matriz de valoración cualitativa o de una matriz de importancia.

Signo (Naturaleza + / -).- Hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados. (Gallardo, 2014)

Intensidad (IN).- Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico que actúa. La valoración está comprendida entre 1 y 16, en el que 16 expresa una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y el 1 una afección mínima. (Gallardo, 2014)

Extensión (E).- Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será total (8), considerando las situaciones internas, según gradación, como impacto parcial (2) y Extenso (4). (Gallardo, 2014)

Momento (M).- El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (to) y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Así pues, cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato, asignándole un valor (4). Si es período de tiempo que va de 1 a 3 años, mediano Plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de tres años, largo plazo con valor (1). (Gallardo, 2014)

Persistencia (P).- Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto a partir de su aparición. Si dura menos de un mes, consideramos que la acción produce un efecto fugaz, asignándole un valor (1). Si dura entre 2 y 6 meses, Temporal (2); entre 7 y 24 meses Pertinaz (4) y si el efecto tiene una duración superior a los 2 años, consideramos el efecto como permanente, asignándole un valor (8). (Gallardo, 2014)

Reversibilidad (R).- Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, como consecuencia de la acción acometida, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción por medio natural. Si es a corto plazo, se le asignará el valor (1), si es mediano plazo (2), si es largo plazo (4) y si es irreversible se asigna (8). Cuando el impacto es irrecuperable se asigna un valor de (20). (Gallardo, 2014)

Medidas Correctoras (MC).- La posibilidad y el momento de introducir acciones o medidas correctoras para paliar o remediar los impactos, se testimonia de manera temporal. No existe posibilidad, se simboliza con la letra (N), en la fase de proyecto (P), en la fase de obra (O) y en la fase de funcionamiento (F). (Gallardo, 2014)

Importancia.- Viene representada por un número que se deduce mediante el modelo propuesto, en función del valor asignado a los símbolos considerados. Importancia (Gallardo, 2014)

La importancia del impacto toma valores entre 8 y 96 y tiene la siguiente clasificación:

La asignación del valor numérico de cada uno de los elementos antes descritos se ha basado en el juicio del grupo multidisciplinario de profesionales quienes aportaron para el desarrollo de la presente evaluación,

entre los que figuran, principalmente, un Ingeniero Civil Ambiental, un Biólogo y un Sociólogo.

Es necesario señalar que la matriz se ha dividido en fases, identificando los impactos de las principales acciones del proyecto, considerando la fase de construcción y operación del proyecto.

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados del Diseño

Nivel de riesgo

Para conocer el nivel de riesgo se lo determina mediante la tabla 2 establecida por la NFPA de los “Niveles de riesgos de incendios de acuerdo al tipo de edificación”, donde indica que las plantas productoras de papel se encuentran dentro del grupo nivel de Riesgo Ordinario II.

Densidad y Área de diseño

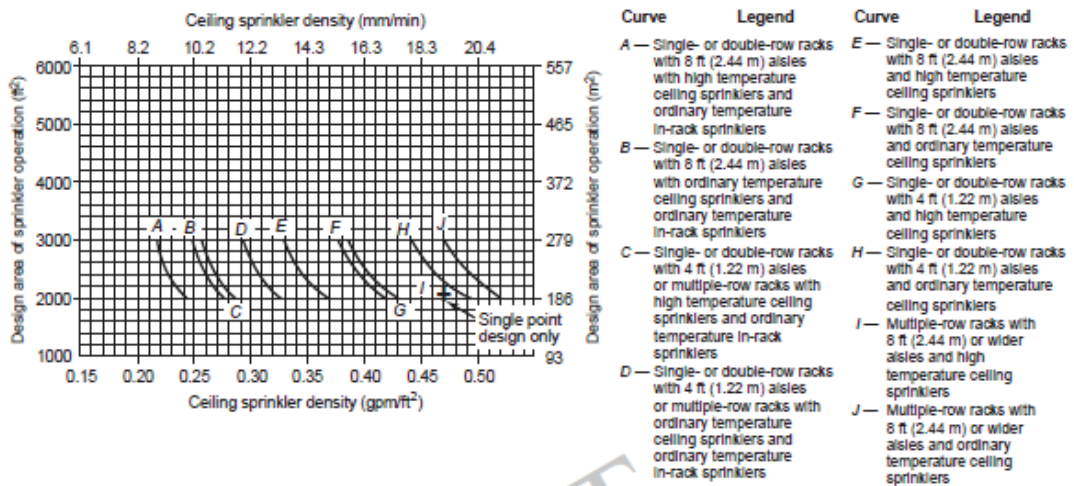


Figura 6. Curvas de Diseño del Sistema de Rociadores- Almacenamientos en estanterías de 20 pies (6,1m) de Altura-Mercancía clase III
Fuente: (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 179)

La densidad representa el caudal descargado de los rociadores de techo por unidad de área. Este valor está en el rango de 0,2 gpm/ft² y 0.60 gpm/ft². Al tener este rango, se consulta el Figura 6, donde los resultados están en función de la mercancía almacenada clase III, y las curvas de diseño con sus respectivas letras, para este proyecto se utiliza la letra G que explica que se usa para estanterías de una o doble fila con pasillos de 1,22m y rociadores de techo con temperatura ordinaria. Al realizar el diseño siempre se lo hace con el área mínima de incendio; es decir la menor área de incendio, la tabla da la opción de un rango entre 2000 y 3000 pies². Se elige para este proyecto un área de incendio de 2000 pies². Al intersectar la curva de diseño se determina la densidad que en este caso es 0,42 gpm/pies².

La norma NFPA indica que hay que ajustar la densidad de los rociadores de techo: "Para alturas de almacenamiento por encima de los 12 pies (3.7 m) incluyendo hasta 25 pies (7.6 m). Protegidas solo con rociadores de techo y para alturas de almacenamiento por encima de los 12 pies (3.7m) incluyendo hasta 20 pies (6.1 m), protegidas con rociadores de techo y con la cantidad mínima requerida de rociadores d estantería. (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 181)

Según el tipo de riesgo y la clase de mercancía almacenada en racks metálicos escogemos el valor de la tabla y el valor que se obtenga se multiplicará por el área y se obtendrá el valor del caudal.

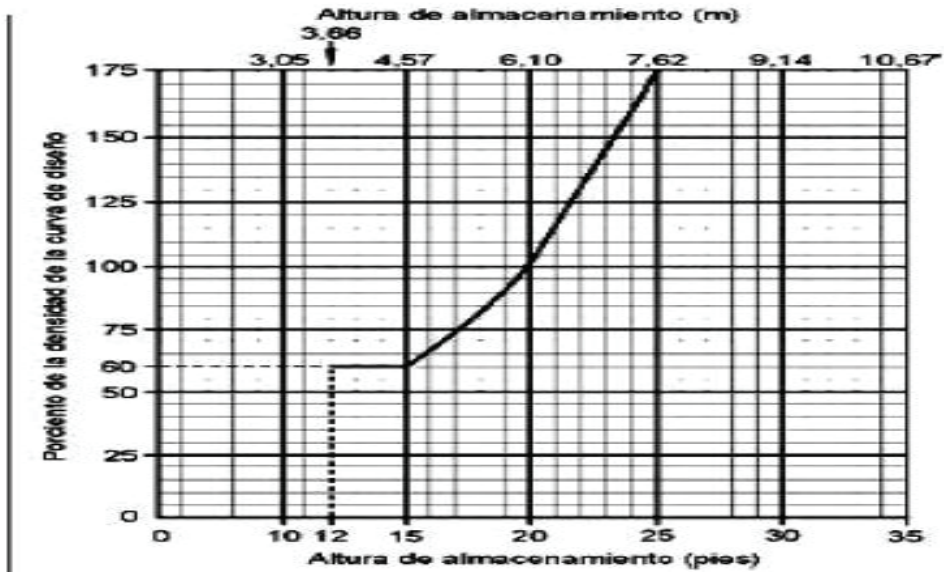


Figura 7. Curvas de diseño densidad de rociadores de techo vs Altura de almacenamiento.
 Fuente: (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 181)

Luego ajustamos la densidad con el factor de reducción indicado en el Figura 7 (Densidad de los rociadores de techo vs altura de almacenamiento); como la altura de almacenamiento es de 5,56m (18 pies); el porcentaje de reducción será de 83%, multiplicando estos 2 valores nos da una densidad ajustada de 0,348 gpm/pies² que es con la que se continuará realizando el diseño.

Caudal por unidad de rociador

Para calcular el caudal por unidad de rociador; es decir la cantidad de agua que saldrá en gpm (galones por minuto) de cada rociador, se utiliza el área de cobertura del rociador que para riesgo ordinario es de 130 pies² valor escogido de la tabla 8,6,2,2,1(b), y se la multiplica por la densidad ajustada.

$$Q = 130\text{pies}^2 * 0,348 \text{ gpm/pies}^2$$

$$Q = 45 \text{ gpm}$$

Tabla 8.6.2.2.1(b) Áreas de Protección y Espaciamiento Máximo (Rociado Estándar Montante/Rociado Estándar Colgante) para Riesgo Ordinario

Tipo de Construcción	Tipo de Sistema	Área de Protección		Espaciamiento (máximo)	
		pies ²	m ²	pies	m
Todos	Todos	130	12,1	15	4,6

Tabla 5. Área máxima de cobertura de un rociador.
Fuente: (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 181)

Caudal total de rociadores

Para calcular el caudal de rociadores se utiliza la densidad ajustada y se la multiplica por el área de diseño de operación de rociadores, que en este caso es 2000 pies².

La fórmula para calcular el caudal es la siguiente

$$Q = A_{\text{diseño de rociadores}} * \text{Densidad Ajustada}$$

$$Q = 2000\text{pies}^2 * 0,348 \frac{\text{gpm}}{\text{pies}^2} Q = 696 \text{ gpm}$$

Como resultado tendremos que el caudal total de rociadores es de 696 gpm.

Caudal de mangueras

Al determinar el nivel de riesgo ordinario II, el caudal de manguera es de 250gpm según la tabla 6

Tabla 11.2.3.1.2 Requisitos para la Asignación de Chorros de Mangueras y de Duración del Abastecimiento de Agua para Sistemas Calculados Hidráulicamente

Ocupación	Mangueras Interiores		Total combinado de las Mangueras Interiores y Exteriores		Duración (minutos)
	gpm	L/m	gpm	L/m	
Riesgo Ligero	0, 50, ó 100	0, 189, 379	100	379	30
Riesgo ordinario	0, 50, ó 100	0, 189, 379	250	946	60 – 90
Riesgo extra	0, 50, ó 100	0, 189, 379	500	1893	90 - 120

Tabla 6. Caudales de manguera para riesgo ordinario.
Fuente: (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 181)

Mínima capacidad de la bomba

Para calcular la mínima capacidad de la bomba se determina sumando el caudal total de rociadores más el caudal de mangueras, es decir:

$$Q_{bomba} = Q_{t \text{ rociadores}} + Q_{manguera}$$

$$Q_{bomba} = 696 \text{ gpm} + 250 \text{ gpm}$$

$$Q_{bomba} = 946 \text{ gpm}$$

Números de rociadores a activarse

Para saber cuántos rociadores se van a activar durante el conato de incendio en nuestro sistema se considera el área de diseño que es 2000 pies² dividida para el área de cobertura del rociador que es 130 pies², el número de rociadores a activarse en todo el sistema será de 15.

$$\frac{2000}{130} = 15,38 \cong 15 \text{ rociadores}$$

Números de rociadores por ramal

Se consideran ramales a todos los tramos de tubería que abastecen los rociadores, en este caso usaremos la fórmula:

$$1,2 \frac{\sqrt{A \text{ diseño}}}{S}$$

$$S = \text{espaciamiento máximo por rociador}$$

Donde el área de diseño es de 2000 pies² y el espaciamiento máximo por rociador es de 15 pies de acuerdo a la tabla 5.

$$\text{Reemplazando los datos en la fórmula } 1,2 \frac{\sqrt{2000 \text{ pies}^2}}{15} = 3,57 \approx 4.$$

Se activarán 4 rociadores por ramal.

Diámetro de la tubería del ramal

Para determinar el diámetro de la tubería del ramal lo hacemos mediante cálculos matemáticos e hidráulicos usamos la fórmula de caudal $Q_{caudal} = A * V$ donde "A" es el área y "V" la velocidad. Como analizaremos el diámetro de la tubería por ramal tenemos que usar el caudal por rociador que es de

45,00 gpm, y lo multiplicamos por la cantidad de rociadores que se activarán por ramal; es decir por 4. Esto nos da un resultado de 180 gpm, hacemos la conversión de unidades de gpm a m³/s dando como resultado 0,0113562 m³, con respecto al valor de la velocidad está establecido un rango de 3m/s a 8 m/s, elegimos 6m/s por criterio de diseño.

$$A = \pi * \frac{\phi^2}{4}$$

$$\phi = \frac{\sqrt{4Q}}{\sqrt{4V}}$$

$$\phi = \frac{\sqrt{4(180 \text{ gpm})}}{\sqrt{3,1416 * 6m/s}}$$

$$\phi = \frac{\sqrt{4(0,0113562m^3/seg)}}{\sqrt{3,1416 * 6m/s}}$$

$$\phi = 0,049m \approx 4,90cm \approx 2 "$$

El diámetro de tubería todos los ramales será de 2 pulgadas por tener el mismo riesgo en todo el sistema.

Diámetro del Riser

Los Riser son elementos que abastecen a los rociadores, por lógica deben de tener mayor diámetro porque transportan un mayor caudal.

El procedimiento para el cálculo será mediante la siguiente fórmula:

$Q_{riser} = \text{Número de rociadores a activarse} \times \text{Caudal de rociadores}$

$$Q_{riser} = 15 \times 45 \text{ gpm}$$

$$Q_{riser} = 675 \text{ gpm}$$

Se realiza una conversión de unidades a m³/seg para volver a utilizar la fórmula anterior $\phi = \frac{\sqrt{4Q}}{\sqrt{4V}}$

$$675 \text{ gpm} \times \frac{1 \text{ m}^3}{264,12 \text{ gal}} = 2,55 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 0,042 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$\phi = \frac{\sqrt{4(0,042 \text{ m}^3/\text{seg})}}{\sqrt{3,1416(6 \text{ m/s})}}$$

$$\phi = 0,095 \text{ m} \approx 9,50 \text{ cm} \approx 4 \text{ ''}$$

Presión del rociador más lejano

Para realizar el diseño contra incendios siempre se analiza desde el rociador más lejano para esto se calcula la presión del rociador mediante la siguiente fórmula del factor K nominal.

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

Donde:

$Kn = K$ equivalente en un nodo

$Q =$ flujo en el nodo

$P =$ presión en el nodo

El factor K nominal es 11,2 por estar dentro de la aplicación de almacenamiento de papel en rollos y algodón según la NFPA. (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 148).

Despejamos P para saber la presión del rociador

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

Donde:

$$Q = 45 \text{ gpm}$$

$$Kn = 11,2$$

$$P = \left(\frac{45 \text{ gpm}}{11,2} \right)^2$$

$$P = 16,14 \text{ PSI}$$

Luego de obtener la presión del rociador más lejano continuamos calculando las presiones de cada tramo y de cada ramal comprendido por el área donde se activarán los 15 rociadores del sistema hasta llegar al tubo de red principal y se analizan los siguientes ramales con sus tramos:

Ramal 1: Tramo 1-2; Tramo 2-3; Tramo 3-4; Tramo 4-9;

Ramal 2: Tramo 9-10;

Ramal 3: Tramo 10-11

Ramal 4: Tramo 11-12; Tramo 12-21; Tramo 21-22

A continuación se realiza una lista de los datos que se requieren para el cálculo de las presiones en todos los ramales:

1.- Caudal (Q)

2.- Diámetro de la tubería del ramal (\emptyset)

3.- Valores de C Hazen-Williams (C)

Tabla 22.4.4.7 Valores C de Hazen-Williams

Tubería o Tubo	Valor C*
Fundición de hierro o fundición dúctil sin recubrimiento	100
Acero negro (sistemas de tubería seca, incluyendo de Preacción)	100
Acero negro (sistemas de tubería húmeda, incluyendo diluvio)	120
Galvanizada (toda)	120
Plástico (listada), toda	150
Fundición de hierro o fundición dúctil, revestida de cemento	140
Tubo de cobre o acero inoxidable	150
Asbesto cemento	140
Concreto	140

* Debe permitirse que la autoridad competente considere otros valores de C.

Tabla 7. Valores de C de Hazen-Williams
Fuente: (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 236)

Por ser el sistema de tubería de acero negro incluyendo diluvio, se utiliza la tabla 7 donde indica que el valor de C es de 120.

4.- Longitud del tramo (L)

De acuerdo al criterio de diseño cada tramo tiene una distancia entre rociadores de 3 m.

5.- Longitud equivalente (L_{eq})

La longitud equivalente va a ser igual a la longitud de tubería más la tubería de los accesorios del sistema.

6.- Pérdida por fricción por longitud de tubería (ρ_f)

Antes de calcular la pérdida por fricción se debe calcular la resistencia por fricción mediante la fórmula de Hazen-Williams.

7.- Resistencia por fricción (R_f)

La pérdida por fricción por longitud de tubería es igual a la resistencia de

fricción por la longitud equivalente

8.- Presión de Velocidad (ρ_v)

La presión de velocidad deberá determinarse en base a la fórmula establecida por la NFPA.

9.- Presión por Elevación (ρ_e)

La presión más alta en el punto de unión, y los flujos totales ajustados, deberán transferirse a los cálculos.

10.- Sumatoria de Pérdida de Presiones ($\sum \rho$)

Se considera la suma de todas las presiones en todos los tramos y ramales, dando como resultado las pérdidas de presiones totales.

Ramal 1: Tramo 1-2 (Rociador #1)

Para determinar la presión del rociador más lejano se anotan los datos que se mencionaron anteriormente:

Q= 45 gpm

$\varnothing = 2''$

C= 120

L=3m

Leq= 10 pies +0 = 10 pies

Resistencia por fricción =

$$\beta = \frac{4,52Q^{1,85}}{C^{1,85}d^{4,87}} \quad \beta = \frac{4,52*45^{1,85}}{120^{1,85}2^{4,87}} \quad \beta = 0,025 \text{ psi/pie de tubería}$$

Pérdida por fricción por longitud de tubería = $\beta * L_{eq}$

$\beta = 0,025 \text{ psi/pie de tubería} * 10 \text{ pies}$

$$\rho_f = 0,25 \text{ PSI}$$

Presión de velocidad =

$$\rho_v = \frac{0,0011230Q^2}{D^4} \quad \rho_v = \frac{0,0011230 \cdot 45^2}{2^4} \quad \rho_v = 0,14 \text{ PSI}$$

Presión por elevación =

Al encontrarse el sistema en la cota máxima la presión por elevación es de cero.

Sumatoria de Pérdida de Presiones =

$$P_{\text{rociador}} + \rho_f + \rho_v = 16,14 + 0,25 + 0,14 = 16,53 \text{ PSI}$$

Ramal 1: Tramo 2-3 (Rociador #2)

Para determinar la presión del rociador # 2 se deberá sumar el caudal del tramo 1-2 más el caudal del tramo 2-3 mediante la fórmula:

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

Despejamos

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

$$Q = 11,2\sqrt{16,53}$$

$$Q = 45,53 \text{ gpm}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{tramo 1-2}} + Q_{\text{tramo 2-3}}$$

$$Q_{total} = 45 \text{ gpm} + 45,53 \text{ gpm}$$

$$Q_{total} = 90,53 \text{ gpm}$$

$$\varnothing = 2''$$

$$C = 120$$

$$L = 3 \text{ m}$$

$$L_{eq} = 10 \text{ pies} + 0 = 10 \text{ pies}$$

Resistencia por fricción =

$$\beta = \frac{4,52 Q^{1,85}}{C^{1,85} d^{4,87}} \quad \beta = \frac{4,52 * 90,53^{1,85}}{120^{1,85} 2^{4,87}} \quad \beta = 0,0917 \text{ psi/pie de tubería}$$

Pérdida por fricción por longitud de tubería = $\beta * L_{eq}$

$$\beta = 0,0917 \text{ psi/pie de tubería} * 10 \text{ pies}$$

$$\beta = 0,917 \text{ PSI}$$

Presión de velocidad =

$$\beta_8 = \frac{0,0011230 Q^2}{D^4} \quad \beta_8 = \frac{0,0011230 * 90,53^2}{2^4} \quad \beta_8 = 0,57 \text{ PSI}$$

Presión por elevación =

Al encontrarse el sistema en la cota máxima la presión por elevación es de cero.

Sumatoria de Pérdida de Presiones =

$$\rho_f + \rho_{fv} + \rho_{fv \text{ tramo } 1-2} = 0,917 + 0,57 + 16,53 = 18 \text{ PSI}$$

Ramal 1: Tramo 3-4 (Rociador #3)

Para determinar la presión del rociador # 3 se deberá sumar el caudal del tramo 1-2 más el caudal del tramo 2-3 más el caudal del tramo 3-4 mediante la fórmula:

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

Despejamos $Q = K\sqrt{P}$

$$Q = 11.2\sqrt{18}$$

$$Q = 47,51 \text{ gpm}$$

$$Q_{total} = Q_{tramo\ 1-2} + Q_{tramo\ 2-3} + Q_{tramo\ 3-4}$$

$$Q_{total} = 45 \text{ gpm} + 45,53 \text{ gpm} + 47,51 \text{ gpm}$$

$$Q_{total} = 138 \text{ gpm}$$

$$\varnothing = 2''$$

$$C = 120$$

$$L = 3\text{m}$$

$$L_{eq} = 10 \text{ pies} + 0 = 10 \text{ pies}$$

Resistencia por fricción =

$$\beta = \frac{4,52Q^{1,85}}{C^{1,85}d^{4,87}} \quad \beta = \frac{4,52 * 138^{1,85}}{120^{1,85}2^{4,87}} \quad \beta = 0,20 \text{ psi/pie de tubería}$$

$$\text{Pérdida por fricción por longitud de tubería} = \beta * L_{eq}$$

$$\beta = 0,20 \text{ psi/pie de tubería} * 10 \text{ pies}$$

$$\beta = 2,00 \text{ PSI}$$

Presión de velocidad =

$$f_8 = \frac{0,0011230Q^2}{D^4} \quad f_8 = \frac{0,0011230 \cdot 138^2}{2^4} \quad f_8 = 1,33 \text{ PSI}$$

Presión por elevación =

Al encontrarse el sistema en la cota máxima la presión por elevación es de cero.

Sumatoria de Pérdida de Presiones =

$$\rho_f + \rho_{fv} + \rho_{fv \text{ tramo } 3-4} = 2,00 + 1,33 + 18 = 21,33 \text{ PSI}$$

Ramal 1: Tramo 4-9

Para determinar la presión del siguiente tramo se deberá sumar el caudal de los tramos 1-2, 2-3, 3-4, 4-9 mediante la fórmula:

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

Despejamos $Q = K\sqrt{P}$

$$Q = 11,2\sqrt{21,33}$$

$$Q = 51,72 \text{ gpm}$$

$$Q_{total} = Q_{tramo \ 1-2} + Q_{tramo \ 2-3} + Q_{tramo \ 3-4} + Q_{tramo \ 4-9}$$

$$Q_{total} = 45 \text{ gpm} + 45,53 \text{ gpm} + 47,51 \text{ gpm} + 51,72 \text{ gpm}$$

$$Q_{total} = 189,76 \text{ gpm}$$

$$\varnothing = 2''$$

$$C = 120$$

$$L = 14,06 \text{ m} \approx 46,11 \text{ pies}$$

Leq= 46,11 pies +0 = 46,11 pies

Resistencia por fricción =

$$\beta = \frac{4,52Q^{1,85}}{C^{1,85}d^{4,87}} \quad \beta = \frac{4,52*189,76^{1,85}}{120^{1,85}2^{4,87}} \quad \beta = 0,36 \text{ psi/pie de tubería}$$

Pérdida por fricción por longitud de tubería = $\beta * L_{eq}$

$\beta = 0,36 \text{ psi/pie de tubería} * 46,11 \text{ pies}$

$\beta = 16,63 \text{ PSI}$

Presión de velocidad =

$$\beta_8 = \frac{0,0011230Q^2}{D^4} \quad \beta_8 = \frac{0,0011230*189,76^2}{2^4} \quad \beta_8 = 2,52 \text{ PSI}$$

Presión por elevación =

Al encontrarse el tramo del 4-9 en la cota máxima la presión por elevación es cero pero al encontrarse la red de distribución principal a 0.80 m más alto a esta red se debe calcular la presión de fricción por elevación.

“La presión de agua en libras por pulga cuadrada por una altura dada en pies es igual a la altura multiplicada por 0,433”. (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 114)

Perdida por elevación = 0,433 x DH

0.433 * 2,624 pies = 1,13 PSI

Sumatoria de Pérdida de Presiones =

$$\rho_f + \rho_{fv} + \rho_{fv \text{ tramo } 4-9} = 16,63 + 2,52 + 21,33 + 1,13 = 41,61 \text{ PSI}$$

Ramal 2: Tramo 9-10

Para determinar la presión en este tramo se deberá tomar en consideración el caudal total. Luego se calcula el caudal correspondiente a este ramal, por lo cual es preciso encontrar un nuevo "K" para todos los ramales.

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

$$Kn = \frac{189,76 \text{ gpm}}{\sqrt{41,61 \text{ psi}}}$$

$$K = 29,41 \text{ gpm/psi}$$

Al encontrarse este ramal en la red de distribución principal se usa el diámetro del Riser, porque estos elementos abastecen a los rociadores. Se escriben a continuación los datos para el cálculo de las pérdidas de presión:

$$\varnothing = 4''$$

$$C = 120$$

$$L = 3,25 \text{ m}$$

$$L_{eq} = L_{tub} + L_{accesorios}$$

$$L_{eq} = 10,66 \text{ pies} + (1 \text{ codo} \times 2 \text{ pies}) + (1 \text{ tee} \times 20 \text{ pies})$$

$$L_{eq} = 32,66 \text{ pies}$$

Resistencia por fricción =

$$\beta = \frac{4,52 Q^{1,85}}{C^{1,85} d^{4,87}} \quad \beta = \frac{4,52 * 189,76^{1,85}}{120^{1,85} 4^{4,87}} \quad \beta = 0,012 \text{ psi/pie de tubería}$$

$$\text{Pérdida por fricción por longitud de tubería} = \beta * L_{eq}$$

$$\beta = 0,012 \text{ psi/pie de tubería} * 32,66 \text{ pies}$$

$$\beta = 0,40 \text{ PSI}$$

Presión de velocidad =

$$\rho_8 = \frac{0,0011230Q^2}{D^4} \quad \rho_8 = \frac{0,0011230 \cdot 189,76^2}{4^4} \quad \rho_8 = 0,1579 \text{ PSI}$$

Sumatoria de Pérdida de Presiones =

$$\rho_f + \rho_{fv} + \rho_{fv \text{ tramo } 4-9} = 0,40 + 0,1579 + 41,61 = 42 \text{ PSI}$$

Se calcula el caudal para este ramal 2 tramo 9-10

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

Despejamos $Q = K\sqrt{P}$

$$Q = 29,41\sqrt{42}$$

$$Q = 191 \text{ gpm}$$

Ramal 3: Tramo 10-11

Para determinar la presión en este tramo se deberá sumar los caudales de todos los tramos del ramal 1 y el caudal del ramal 2; es decir:

$$Q_{total} = Q_{total \text{ ramal } 1} + Q_{total \text{ ramal } 2}$$

$$Q_{total} = 189,76 \text{ gpm} + 191 \text{ gpm}$$

$$Q_{total} = 380.76 \text{ gpm}$$

Se escriben a continuación los datos para el cálculo de las pérdidas de presión:

$$\varnothing = 4''$$

$$C = 120$$

$$L = 10,66 \text{ pies}$$

$$L_{eq} = L_{tub} + L_{accesorios}$$

$$L_{eq} = 10,66 \text{ pies} + (1 \text{ codo} \times 2 \text{ pies}) + (1 \text{ tee} \times 20 \text{ pies})$$

$$L_{eq} = 32,66 \text{ pies}$$

Resistencia por fricción =

$$\beta = \frac{4,52 Q^{1,85}}{C^{1,85} d^{4,87}} \quad \beta = \frac{4,52 * 380,76^{1,85}}{120^{1,85} 4^{4,87}} \quad \beta = 0,044 \text{ psi/pie de tubería}$$

$$\text{Pérdida por fricción por longitud de tubería} = \beta * L_{eq}$$

$$\beta = 0,044 \text{ psi/pie de tubería} * 32,66 \text{ pies}$$

$$\beta = 1,46 \text{ PSI}$$

Presión de velocidad =

$$\beta_8 = \frac{0,0011230 Q^2}{D^4} \quad \beta_8 = \frac{0,0011230 * 380,76^2}{4^4} \quad \beta_8 = 0,63 \text{ PSI}$$

Sumatoria de Pérdida de Presiones =

$$\rho_f + \rho_{fv} + \rho_{fv \text{ tramo } 4-9} = 1,46 + 0,63 + 42 = 44,09 \text{ PSI}$$

Se calcula el caudal para este ramal 3 tramo 10-11

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

Despejamos

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

$$Q = 29,41\sqrt{44,09}$$

$$Q = 195,28 \text{ gpm}$$

Ramal 4: Tramo 11-12

Para determinar la presión en este tramo se deberá sumar los caudales de todos los tramos del ramal 3 y el caudal del ramal 4; es decir:

$$Q_{total} = Q_{total\ ramal\ 3} + Q_{total\ ramal\ 4}$$

$$Q_{total} = 380,76\text{gpm} + 195,28\text{gpm}$$

$$Q_{total} = 576,04\text{ gpm}$$

Se escriben a continuación los datos para el cálculo de las pérdidas de presión:

$$\varnothing = 4''$$

$$C = 120$$

$$L = 10,66\text{ pies}$$

$$L_{eq} = L_{tub} + L_{accesorios}$$

$$L_{eq} = 10,66\text{pies} + (1\text{codo} \times 2\text{ pies}) + (1\text{tee} \times 20\text{pies})$$

$$L_{eq} = 32,66\text{ pies}$$

Resistencia por fricción =

$$\beta = \frac{4,52Q^{1,85}}{C^{1,85}d^{4,87}} \quad \beta = \frac{4,52 * 576,04^{1,85}}{120^{1,85}4^{4,87}} \quad \beta = 0,096263\text{ psi/pie de tubería}$$

Pérdida por fricción por longitud de tubería = $\beta * L_{eq}$

$$\beta = 0,096263\text{ psi/pie de tubería} * 32,66\text{ pies}$$

$$\beta = 3,14\text{ PSI}$$

Presión de velocidad =

$$\rho_8 = \frac{0,0011230Q^2}{D^4} \quad \rho_8 = \frac{0,0011230 \cdot 576,04^2}{4^4} \quad \rho_8 = 1,4556 \text{ PSI}$$

Sumatoria de Pérdida de Presiones =

$$\rho_f + \rho_{fv} + \rho_{fv \text{ tramo } 4-9} = 3,14 + 1,4556 + 44,09 = 49,49 \text{ PSI}$$

Se calcula el caudal para este ramal 4 tramo 11-12

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

Despejamos

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

$$Q = 29,41\sqrt{49,49}$$

$$Q = 207 \text{ gpm}$$

Tramo 12-21

Para determinar la presión en este tramo se deberá sumar los caudales de todos los tramos calculados; es decir:

$$Q_{total} = Q_{total \text{ ramal } 4} + Q_{total \text{ ramal } 5}$$

$$Q_{total} = 576,04 + 207 \text{ gpm}$$

$$Q_{total} = 783 \text{ gpm}$$

Se escriben a continuación los datos para el cálculo de las pérdidas de presión:

$$\varnothing = 4''$$

$$C= 120$$

L=Longitud de tubería + Longitud de la tubería por pared

$$L= 23,94m+10m$$

$$L=33,94m \approx 111,32 \text{ pies}$$

Leq= Ltub+ Laccesorios

Leq= 111,32 pies + (3codos x 10 pies) + (1codo x14pies)+ (1valvula mariposa x 12 pies) + (1 válvula de retención x 22 pies).

$$Leq= 189,32 \text{ pies}$$

Resistencia por fricción =

$$\beta = \frac{4,52Q^{1,85}}{C^{1,85}d^{4,87}} \quad \beta = \frac{4,52*783^{1,85}}{120^{1,85}4^{4,87}} \quad \beta = 0,17 \text{ psi/pie de tubería}$$

Pérdida por fricción por longitud de tubería = $\beta * L_{eq}$

$$\beta = 0,17 \text{ psi/pie de tubería} * 189,32 \text{ pies}$$

$$\beta = 32,15 \text{ PSI}$$

Presión de velocidad =

$$\beta_8 = \frac{0,0011230Q^2}{D^4} \quad \beta_8 = \frac{0,0011230*783^2}{4^4} \quad \beta_8 = 2,69 \text{ PSI}$$

Perdida por elevación = 0,433 x DH

$$0,433 * 32,80 \text{ pies} = 14,20 \text{ PSI}$$

Sumatoria de Pérdida de Presiones =

$$\rho_f + \rho_{fv} + \rho_{fv \text{ tramo } 11-12} + P_e = 32,15 + 2,69 + 49,49 + 14,2 = 98,56 \text{ PSI}$$

Tramo 21-22

$$Q_{total} = 783 \text{ gpm}$$

Se escriben a continuación los datos para el cálculo de las pérdidas de presión:

$$\varnothing = 6''$$

$$C = 120$$

L = Longitud de tubería + Longitud de la tubería por pared

$$L = 39,21\text{m} \approx 128,60 \text{ pies}$$

$$L_{eq} = L_{tub} + L_{accesorios}$$

$L_{eq} = 128,60 \text{ pies} + (2\text{codos} \times 14 \text{ pies}) + (1\text{codo} \times 32\text{pies}) + (1\text{valvula mariposa} \times 10 \text{ pies})$.

$$L_{eq} = 198,60 \text{ pies}$$

Resistencia por fricción =

$$\beta = \frac{4,52Q^{1,85}}{C^{1,85}d^{4,87}} \quad \beta = \frac{4,52*783^{1,85}}{120^{1,85}6^{4,87}} \quad \beta = 0,023578 \text{ psi/pie de tubería}$$

Pérdida por fricción por longitud de tubería = $\beta * L_{eq}$

$$\beta = 0,023578 \text{ psi/pie de tubería} * 198,60 \text{ pies}$$

$$\beta = 4,68 \text{ PSI}$$

Presión de velocidad =

$$\beta_8 = \frac{0,0011230Q^2}{D^4} \quad \beta_8 = \frac{0,0011230*783^2}{6^4} \quad \beta_8 = 0,53 \text{ PSI}$$

Sumatoria de Pérdida de Presiones =

$$\rho_f + \rho_{fv} + \rho_{fv \text{ tramo } 11-12} = 4,68 + 0,53 + 98,56 = 103,77 \text{ PSI}$$

Volumen de Almacenamiento

Para calcular el volumen de almacenamiento que se requiere para el sistema contra incendios se lo calcula mediante la fórmula siguiente.

$$V = Q_{total} * T$$

Donde:

V= Volumen

Q= Caudal

T= tiempo

Para calcular el tiempo la norma NFPA indica en la tabla 11.2.3.1.2 que la duración para un nivel de riesgo ordinario debe ser de 60 minutos.

Por lo tanto:

$$V = 783 \text{ gpm} * 60 \text{ min}$$

$$V = 46980 \text{ gal}$$

Se realiza la conversión de unidades de galones a m³.

$$V = 46980 \text{ gal} \times \frac{1 \text{ m}^3}{264,12 \text{ gal}}$$

$$V = 178 \text{ m}^3$$

5.2. Resultados de la Investigación Ambiental

En virtud de las macro actividades y los impactos considerados, tal como lo explica la metodología, se elaboró la Matriz No. 1 de Identificación, en la cual se vincula la actividad con el recurso o impacto que esta genera, Matriz que se muestra a continuación.

Matriz No. 1.- Identificación de los Impactos del proyecto SCI.

Medio	Recurso	Impacto	CONSTRUCCIÓN						OPERACIÓN	
			MT	OH	EM	OS	OE	A	TA	TP
FÍSICO	Aire	Contaminación por gases	1	1	1					1
		Contaminación por polvo	1	1				1		1
		Contaminación por ruido	1	1	1	1	1	1	1	1
	Agua	Contaminación de las aguas				1		1	1	1
		Cambio del uso de agua								1
	Suelo	Contaminación del suelo		1	1	1	1	1	1	1
		Cambio del uso de suelo	1			1	1			
	Geomorf.	Alteración del paisaje	1	1	1	1	1			
	BIÓTICO	Fauna	Alteración de Fauna Terrestre							
Alteración Aves			1	1	1	1	1	1		1
Alteración de Flora Terrestre										
SOCIO ECONÓMICO	Socio Económico	Expectativas de la comunidad								
		Aumento de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1
		Beneficio de economía local	1	1	1	1	1	1		1
		Salud & Seguridad	1	1	1	1	1	1	1	1
		Plusvalía	1	1	1	1	1	1		1
		Capacitación informal	1	1	1	1	1	1	1	1

Matriz 1. Identificación de los Impactos del proyecto SCI
Elaborado por: Andrés Bermeo

Los casilleros con numeración 1, tienen la interpretación de que la actividad genera afectación sobre el recurso; por ejemplo, para el primer caso la actividad de construcción MT (Movimiento de Tierras) genera afectación al

recurso aire pero no al recurso agua, y así sucesivamente.

Con esta información, y siguiendo la metodología planteada se realizó la calificación de cada uno de los impactos por cada una de las macro actividades; los resultados se muestran en la Matriz No. 2 denominada Calificación de los Impactos.

Matriz No. 2.- Calificación de los Impactos del proyecto SCI.

Medio	Recurso	Impacto	MT MOVIMIENTO DE TIERRAS						IMPORT	CLASIF.
			S	IN	EX	M	P	R		
FÍSICO	Aire	Contaminación por gases	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Contaminación por polvo	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Contaminación por ruido	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
	Agua	Contaminación de las aguas	0							
		Cambio del uso de agua	0							
	Suelo	Contaminación del suelo	0							
		Cambio del uso del suelo	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
Geomorf.	Alteración del paisaje	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE	
BIÓTICO	Fauna	Alteración de Fauna Terrestre	0							
		Alteración Aves	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Alteración de Flora Terrestre	0							
SOCIO ECONÓMICO	Socio Económico	Expectativas de la comunidad	0							
		Aumento de empleo	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE
		Beneficio de economía local	1	1	1	2	2	8	17	IRRELEVANTE
		Salud & Seguridad	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Plusvalía	1	1	1	1	1	1	8	IRRELEVANTE
		Capacitación Informal	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE

Matriz 2. Calificación de los Impactos del proyecto SCI
Elaborado por: Andrés Bermeo

Medio	Recurso	Impacto	OH.- OBRAS HORMIGÓN						IMPORT	CLASIF.
			S	IN	EX	M	P	R		
FÍSICO	Aire	Contaminación por gases	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Contaminación por polvo	-1	2	1	4	1	1	-14	IRRELEVANTE
		Contaminación por ruido	-1	2	1	4	1	1	-14	IRRELEVANTE
	Agua	Contaminación de las aguas	0							
		Cambio del uso de agua	0							
	Suelo	Contaminación del suelo	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Cambio del uso del suelo	0							
Geomorf.	Alteración del paisaje	-1	2	1	4	1	1	-14	IRRELEVANTE	
BIÓTICO	Fauna	Alteración de Fauna Terrestre	0							
		Alteración Aves	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Alteración de Flora Terrestre	0							
SOCIO ECONÓMICO	Socio Económico	Expectativas de la comunidad	0							
		Aumento de empleo	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE
		Beneficio de economía local	1	1	1	2	2	8	17	IRRELEVANTE
		Salud & Seguridad	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Plusvalía	1	1	1	1	2	1	9	IRRELEVANTE
		Capacitación Informal	1	1	1	4	4	2	15	IRRELEVANTE

Medio	Recurso	Impacto	EM.- ESTRUCTURAS METÁLICAS						IMPORT	CLASIF.
			S	IN	EX	M	P	R		
FÍSICO	Aire	Contaminación por gases	-1	2	1	4	1	1	-14	IRRELEVANTE
		Contaminación por polvo	0							
		Contaminación por ruido	-1	3	1	4	1	1	-17	IRRELEVANTE
	Agua	Contaminación de las aguas	0						0	
		Cambio del uso de agua	0						0	
	Suelo	Contaminación del suelo	-1	1	1	4	2	2	-13	
		Cambio del uso del suelo	0							
Geomorf.	Alteración del paisaje	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE	
BIÓTICO	Fauna	Alteración de Fauna Terrestre	0						0	
		Alteración Aves	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Alteración de Flora Terrestre	0							
SOCIO ECONÓMICO	Socio Económico	Expectativas de la comunidad	0							
		Aumento de empleo	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE
		Beneficio de economía local	1	1	1	2	2	8	17	IRRELEVANTE
		Salud & Seguridad	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Plusvalía	1	1	1	1	1	1	8	IRRELEVANTE
		Capacitación Informal	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE

Medio	Recurso	Impacto	HS.- HIDROSANITARIAS						IMPORT	CLASIF.
			S	IN	EX	M	P	R		
FÍSICO	Aire	Contaminación por gases	0							
		Contaminación por polvo	0							
		Contaminación por ruido	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
	Agua	Contaminación de las aguas	-1	2	1	4	2	2	-16	
		Cambio del uso de agua	0						0	
	Suelo	Contaminación del suelo	-1	1	1	4	2	2	-13	
		Cambio del uso del suelo	-1	1	1	4	2	2	-13	IRRELEVANTE
Geomorf.	Alteración del paisaje	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE	
BIÓTICO	Fauna	Alteración de Fauna Terrestre	0						0	
		Alteración Aves	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Alteración de Flora Terrestre	0							
SOCIO ECONÓMICO	Socio Económico	Expectativas de la comunidad	0							
		Aumento de empleo	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE
		Beneficio de economía local	1	1	1	2	2	8	17	IRRELEVANTE
		Salud & Seguridad	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Plusvalía	1	1	1	2	2	8	17	IRRELEVANTE
		Capacitación Informal	1	1	1	4	4	2	15	IRRELEVANTE

Medio	Recurso	Impacto	EE.- ELECTRICA ELECTRONICA						IMPORT	CLASIF.
			S	IN	EX	M	P	R		
FÍSICO	Aire	Contaminación por gases	0							
		Contaminación por polvo	0							
		Contaminación por ruido	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
	Agua	Contaminación de las aguas	0							
		Cambio del uso de agua	0							
	Suelo	Contaminación del suelo	0							
		Cambio del uso del suelo	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
Geomorf.	Alteración del paisaje	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE	
BIÓTICO	Fauna	Alteración de Fauna Terrestre	0							
		Alteración Aves	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Alteración de Flora Terrestre	0							
SOCIO ECONÓMICO	Socio Económico	Expectativas de la comunidad	0							
		Aumento de empleo	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE
		Beneficio de economía local	1	1	1	2	2	8	17	IRRELEVANTE
		Salud & Seguridad	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Plusvalía	1	1	1	1	1	1	8	IRRELEVANTE
		Capacitación Informal	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE

Medio	Recurso	Impacto	A.- ACABADOS EN GENERAL						IMPORT	CLASIF.
			S	IN	EX	M	P	R		
FÍSICO	Aire	Contaminación por gases	0							
		Contaminación por polvo	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Contaminación por ruido	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
	Agua	Contaminación de las aguas	0							
		Cambio del uso de agua	0							
	Suelo	Contaminación del suelo	0							
		Cambio del uso del suelo	0	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
Geomorf.	Alteración del paisaje	0	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE	
BIÓTICO	Fauna	Alteración de Fauna Terrestre	0						0	
		Alteración Aves	0	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Alteración de Flora Terrestre	0							
SOCIO ECONÓMICO	Socio Económico	Expectativas de la comunidad	0							
		Aumento de empleo	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE
		Beneficio de economía local	1	1	1	2	2	8	17	IRRELEVANTE
		Salud & Seguridad	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Plusvalía	1	1	1	1	1	1	8	IRRELEVANTE
		Capacitación Informal	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE

Medio	Recurso	Impacto	TA.- TAREAS ADMINISTRATIVAS						IMPORT	CLASIF.
			S	IN	EX	M	P	R		
FÍSICO	Aire	Contaminación por gases	0							
		Contaminación por polvo	0							
		Contaminación por ruido	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
	Agua	Contaminación de las aguas	0							
		Cambio del uso de agua	0							
	Suelo	Contaminación del suelo	0							
		Cambio del uso del suelo	0							
Geomorf.	Alteración del paisaje	0								
BIÓTICO	Fauna	Alteración de Fauna Terrestre	0							
		Alteración Aves	0							
		Alteración de Flora Terrestre	0							
SOCIO ECONÓMICO	Socio Económico	Expectativas de la comunidad	0							
		Aumento de empleo	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE
		Beneficio de economía local	1	1	1	2	2	8	17	IRRELEVANTE
		Salud & Seguridad	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Plusvalía	0							
Capacitación Informal	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE		

Medio	Recurso	Impacto	TP.- TAREAS PRODUCTIVAS						IMPORT	CLASIF.
			S	IN	EX	M	P	R		
FÍSICO	Aire	Contaminación por gases	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Contaminación por polvo	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
		Contaminación por ruido	-1	1	1	4	1	1	-11	IRRELEVANTE
	Agua	Contaminación de las aguas	0							
		Cambio del uso de agua	0							
	Suelo	Contaminación del suelo	0							
		Cambio del uso del suelo	0							
Geomorf.	Alteración del paisaje	0								
BIÓTICO	Fauna	Alteración de Fauna Terrestre	0							
		Alteración Aves	0							
		Alteración de Flora Terrestre	0							
SOCIO ECONÓMICO	Socio Económico	Expectativas de la comunidad	0							
		Aumento de empleo	1	4	1	4	1	2	21	IRRELEVANTE
		Beneficio de economía local	1	2	1	2	2	8	20	IRRELEVANTE
		Salud & Seguridad	-1	4	1	4	1	1	-20	IRRELEVANTE
		Plusvalía	1	2	1	1	1	1	11	IRRELEVANTE
		Capacitación Informal	1	1	1	4	1	2	12	IRRELEVANTE

Considerando los resultados de la Matriz de Calificación se elabora la Matriz de Importancia, la cual resume la calificación de la interacción entre las macro actividades del proyecto y los recursos, la cual se muestra a continuación.

Matriz No. 3.- Matriz de Importancia de los Impactos Proyecto SCI

Medio	Recurso	Impacto	CONSTRUCCIÓN						OPERACIÓN		Subtotal de Impacto
			MT	OH	EM	OS	OE	A	TA	TP	
FÍSICO	Aire	Contaminación por gases	-11	-11	-11					-22	-55
		Contaminación por polvo	-11	-14					-11	-11	-47
		Contaminación por ruido	-11	-14	-17	-11	-14	-11	-11	-11	-100
	Agua	Contaminación de las aguas		-16							-16
		Cambio del uso de agua									
	Suelo	Contaminación del suelo		-11	-13	-13					-37
		Cambio del uso del suelo	-11			-13	-11	-11			-46
Geomorf.	Alteración del paisaje	-11	-14	-11	-11	-11	-11			-69	
BIÓTICO	Fauna	Alteración de Fauna Terrestre									
		Alteración Aves	-11	-11	-14	-11	-11	-11			-69
		Alteración de Flora Terrestre									
SOCIO ECONÓMICO	Socio Económico	Expectativas de la comunidad									
		Aumento de empleo	12	12	12	12	12	12	12	21	105
		Beneficio de economía local	17	17	17	17	17	17	17	20	139
		Salud & Seguridad	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-20	-97
		Plusvalía	8	9	8	17	8	8		11	69
		Capacitación Informal	12	15	12	12	12	12	12	12	99
GRAN TOTAL			-28	-49	-28	-12	-9	-17	19	0	-124

Matriz 3. Matriz de importancia de los Impactos del proyecto SCI.
Elaborado por: Andrés Bermeo

Considerando los resultados mostrados en la anterior matriz, se afirma lo siguientes:

- De las actividades de construcción, la que genera el mayor impacto son las obras hidro-sanitarias, seguida de las obras de hormigón con una calificación de -21 y -22.
- De las actividades de la etapa constructiva, las tareas de producción generan un mayor impacto, con una calificación de -67; notablemente superior en comparación con la actividad de mayor impacto de la etapa de construcción.
- El recurso que será más afectado es el aire producto del ruido, lo que originó una calificación de -112, seguida de la contaminación del suelo con -98.
- Los aspectos de Salud & Seguridad, motivan una calificación de impacto representativa de -103.
- El proyecto genera impactos positivos, tal es el caso de capacitación informal que representa una calificación de 141, beneficio en economía local de 131 y aumento de empleo con 117.

Conclusiones de la Evaluación de Impacto Ambiental.

Todas las actividades del proyecto, tanto en la etapa de construcción como en la etapa de operación representan un impacto de calificación irrelevante, es decir menor de 25; lo cual se justifica en la medida de la envergadura del proyecto; por su parte, el proyecto representa 75 impactos, tal como se muestra en la Tabla siguiente.

Tabla No. 8.- Resumen de Matriz Importancia Proyecto SCI

Descripción	Físico	Biótico	Socio-Econ	TOTAL
Impactos Irrelevantes	30	6	39	75
Impactos Moderados	0	0	0	0
Impactos Severos	0	0	0	0
Impactos Críticos	0	0	0	0
Total Impactos	30	6	39	75
Calificación de Importancia	-370	-69	315	-124
Promedio de Impacto	(12,33)	(11,50)	8,08	(1,65)

Tabla 8. Resumen de Matriz Importancia Proyecto SCI.
Elaborado por: Andrés Bermeo

Como se observa, el 40% de los impactos corresponde al medio físico, el 8% al medio biótico y el 52% al socio económico; en resumen, el medio físico es el más impactado con una calificación promedio de -12.33, seguido del biológico con -11.50.

Por otra parte, el resumen total del proyecto muestra una calificación de -1.65, que resulta de la división de $-124/75$, es decir que finalmente el proyecto tiene una calificación de "IMPACTO NEGATIVO IRRELEVANTE".

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. Con respecto a la mejor forma para pelear contra un incendio es indudable que hay que evitar que se produzca, esto se logra mediante una temprana detección, una correcta capacitación a los trabajadores, una correcta señalización y simulacros en técnicas de evacuación.

2. Es importante saber que para las alturas de almacenamiento, mayores a 3.7m hasta 7.6m se debe trabajar con la densidad ajustada que en este proyecto de estudio dio un resultado de 0,348 gpm/pies².
3. Las normas NFPA son la mejor fuente en el momento de hacer un diseño contra incendios porque nos presentan muchas variedades de escenarios en los que se puede realizar un estudio con mayor exactitud para la selección del mejor método de extinción.
4. Siguiendo la normativa NFPA en el diseño, el caudal por unidad de rociador; es decir la cantidad de agua que sale de un rociador es de 45 galones por minuto o (gpm).
5. De acuerdo al volumen calculado la norma NFPA establece que la duración de tiempo para un nivel de riesgo ordinario es de 60 minutos y multiplicado por el caudal total del sistema, da como resultado un tanque de almacenamiento de 178m³ de capacidad.

6.2 Recomendaciones

1. Se recomienda hacer capacitación para los trabajadores a fin de que se formen brigadas contra incendio, para disminuir a lo posible pérdidas materiales y evitar accidentes que lleguen a tomar una vida humana.
2. Siempre será recomendable hacer un esfuerzo en invertir en un sistema contra incendios que sea eficaz en la extinción apenas haya iniciado el incendio, con esto se pueden salvar muchas pérdidas económicas y accidentes producidos por el fuego.

3. Se recomienda periódicamente un mantenimiento a los sistemas de rociadores para que garanticen su correcto funcionamiento, como también verificar el sistema de bombeo que esté operativo, para dar mayor seguridad a los bienes de la edificación.

4. Cuando se hace el diseño mediante la norma NFPA siguiendo sus recomendaciones y al tener resultados muy conservadores, nos da la confianza de contar con un sistema con un excelente margen de seguridad.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

- Anchundia, F. (2011). Diseño de un sistema de protección contra incendio en una planta envasadora de gas licuado de petróleo.
- Baja Design, E. (s.f.). Global Mechanical. Obtenido de www.globalmechanical.com.mx
- Ebena Soporte Empresarial. (15 de Mayo de 2014). ebena.mx. Obtenido de ebena.mx: <http://ebena.mx/10-fundamentos-para-el-almacenamiento-de-alimentos/>
- INSHT. (1983). Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Obtenido de Ministerio de Empleo y Seguridad Social: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_036.pdf
- INSHT. (2009). Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Obtenido de Ministerio de Empleo y Seguridad Social: <http://calculadores.insht.es:86/SeguridadcontraIncendios/Introducci%C3%B3n.aspx>
- National Fire Protection Association 13. (2013). NFPA. Obtenido de NFPA: www.nfpa.org
- SEL S.A. Servicios Logísticos Integrales. (2010). sellogistica. Obtenido de sellogistica: <http://www.sellogistica.com.ar/logistica.html>
- Turmo Sierra, E. (2007). Carga de fuego ponderada: parámetros de cálculo. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 1-6.
- TYCO, Fire Protection Products. (15 de Enero de 2010). Ansul. Obtenido de Ansul: <http://www.ansul.com/en/us/DocMedia/F-7377.pdf>
- Vacacela Tufiño, E. J. (2014). Análisis de riesgo de incendio aplicando los métodos de evaluación NFPA y Gretener en la empresa Loren Publicidad y comparación de resultados. Quito, Pichincha, Ecuador.

National Fire Protection Association. (2012). NFPA. Obtenido de NFPA:
www.nfpa.org

Rojas, M. S. T. S., Portuguez, B. G. C., & Delgado, R. S. (2009). Manual de Seguridad. La seguridad, 12-18

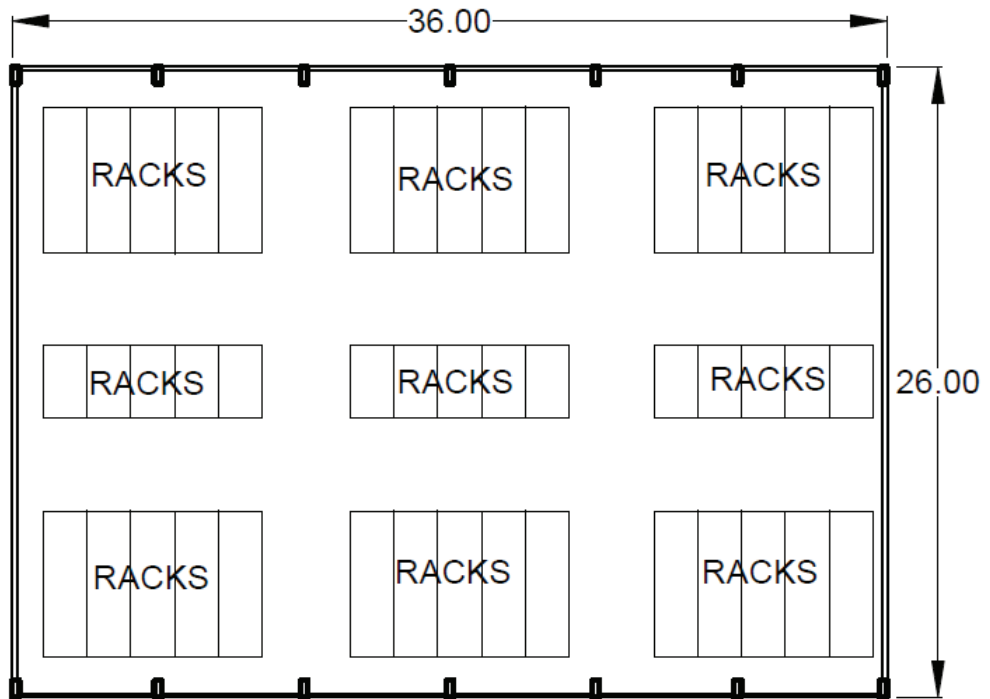
Carlos Gallardo, Arq. (2014). Estudio de impacto ambiental de la construcción y operación de la fábrica de fibra óptica de Telconet

Uribe González, R. (2013). Sistema de bombeo para la protección contra incendio a base de rociadores automáticos. (para un restaurante).

Duque Granja, P. F. (2015). Diseño hidráulico del sistema de extinción contra incendios para una bodega de almacenamiento de producto terminado de bebidas no alcohólicas (Bachelor's thesis).

7.1 Anexos

Anexo 1: Implantación arquitectónica bodega de almacenamiento



Fuente: Planta arquitectónica bodega de almacenamiento
Translointeg
Elaborado por: Andrés Bermeo

Anexo 2: Tabla de Longitudes Equivalentes de la Tubería de Acero

Tabla 22.4.3.1.1 Tabla de Longitudes Equivalentes de la Tubería de Acero Calibre 40

Tabla 22.4.3.1.1 Tabla de Longitudes Equivalentes de la Tubería de Acero Calibre 40

Accesorios y Válvulas	Accesorios y Válvulas expresados en Pies Equivalentes de Tubería														
	½ pulg (15 mm)	¾ pulg (20 mm)	1 pulg (25 mm)	1¼ pulg (32 mm)	1½ pulg (40 mm)	2 pulg (50 mm)	2½ pulg (65 mm)	3 pulg (80 mm)	3½ pulg (90 mm)	4 pulg (100 mm)	5 pulg (125 mm)	6 pulg (150 mm)	8 pulg (200 mm)	10 pulg (250 mm)	12 pulg (300 mm)
Codo a 45°	—	1 (0,3)	1 (0,3)	1 (0,3)	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	7 (2,1)	9 (2,7)	11 (3,4)	13 (4)
Codo estándar a 90°	1 (0,3)	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	6 (1,8)	7 (2,1)	8 (2,4)	10 (3)	12 (3,7)	14 (4,3)	18 (5,5)	22 (6,7)	27 (8,2)
Codo de giro largo a 90°	0,5 (0,2)	1 (0,3)	2 (0,6)	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	5 (1,5)	6 (1,8)	8 (2,4)	9 (2,7)	13 (4)	16 (4,9)	18 (5,5)
Té o cruz (giro de flujo de 90°)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	6 (1,8)	8 (2,4)	10 (3)	12 (3,7)	15 (4,6)	17 (5,2)	20 (6,1)	25 (7,6)	30 (9,1)	35 (10,7)	50 (15,2)	60 (18,3)
Válvula mariposa	—	—	—	—	—	6 (1,8)	7 (2,1)	10 (3)	—	12 (3,7)	9 (2,7)	10 (3)	12 (3,7)	19 (5,8)	21 (6,4)
Válvula de compuerta	—	—	—	—	—	1 (0,3)	1 (0,3)	1 (0,3)	1 (0,3)	2 (0,6)	2 (0,6)	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	6 (1,8)
Retención tipo charnela*	—	—	5 (1,5)	7 (2,1)	9 (2,7)	11 (3,4)	14 (4,3)	16 (4,9)	19 (5,8)	22 (6,7)	27 (8,2)	32 (9,3)	45 (13,7)	55 (16,8)	65 (20)

Para unidades SI: 1 pulg = 25,4 mm; 1 pie = 0,3048 m

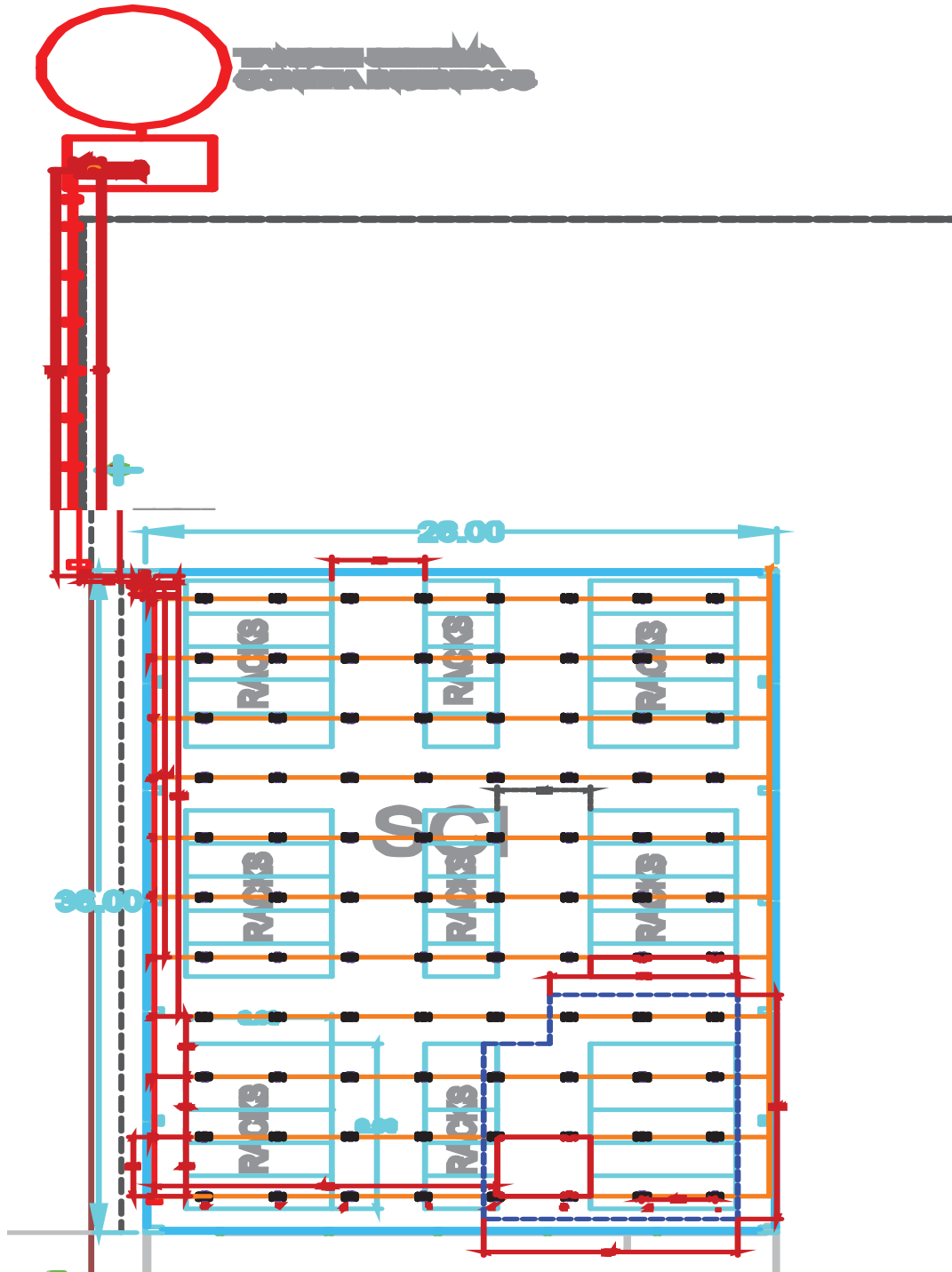
Nota: La información sobre tubería de ½ pulg se incluye en la tabla sólo porque se permite bajo 8.22.19.3 y 8.22.19.4.

*Debido a las variaciones en el diseño de las válvulas de retención, los equivalentes de los tubos indicados en esta tabla, se consideran un promedio.

Cédula 40

Fuente: (National Fire Protection Association 13, 2013, pág. 271)

Anexo 3: Planta Arquitectónica del Diseño de Sistema Contra Incendios



Elaborado por: Andrés Bermeo

Anexo 4: Bodega de Almacenamiento Translointeg S.A.



Elaborado por: Andrés Bermeo

Anexo 5: Bodega de Almacenamiento Translointeg S.A.



Elaborado por: Andrés Bermeo

Anexo 6: Ubicación Satelital de la Bodega de Almacenamiento



Fuente: (Google, Maps, 2017)

