	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A	
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(102)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	DARWIN URIEL BAYONA ALVERNIA
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA MECÁNICA
DIRECTOR	M.SC. EDWIN ESPINEL BLANCO
TÍTULO DE LA TESIS	ACTUALIZACIÓN DE LA INGENIERÍA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE UNA PLANTA DE SEPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE PETRÓLEO. UBICADA EN EL NOROESTE COLOMBIANO

RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

ESTE INFORME MUESTRA LOS RESULTADOS DEL TRABAJO LLEVADO A CABO DURANTE EL PERIODO DE PASANTÍAS, EN EL CUAL SE TRABAJÓ EN LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS TÉCNICOS PARA EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LA EMPRESA KRAFF S.A.S., CENTRÁNDOSE ESPECIALMENTE EN EL ÁREA DE INGENIERÍA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS, ASÍ PUES, DURANTE EL PERIODO DE PASANTÍAS LLEVÓ SE A CABO LA EJECUCIÓN DE UNA INGENIERÍA DETALLADA DE LOS SISTEMAS DE EXTINCIÓN Y DETECCIÓN DE INCENDIOS PARA DOS PLANTAS DE PROCESAMIENTO DE PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS, ADEMÁS DE LAS ZONAS ADMINISTRATIVAS Y DE ALOJAMIENTO QUE TAMBIÉN HACEN PARTE DEL CAMPO.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS:	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 32	CD-ROM: 1
-----------------	------------------	--------------------------	------------------



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

ACTUALIZACIÓN DE LA INGENIERÍA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA
INCENDIOS DE UNA PLANTA DE SEPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE
PETRÓLEO. UBICADA EN EL NOROESTE COLOMBIANO.

AUTOR

DARWIN URIEL BAYONA ALVERNIA

Informe De Pasantías Presentado Como Requisito Para Optar Al Título De Ingeniero Mecánico

DIRECTOR

M.SC. EDWIN ESPINEL BLANCO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECÁNICA

Ocaña, Colombia

Noviembre, 2019

Índice

Capítulo 1. Actualización de la ingeniería del sistema de protección contra incendios de una planta de separación y almacenamiento de petróleo. Ubicada en el noroeste colombiano.	1
1.1 Descripción de la empresa.....	1
1.1.1 Misión.....	2
1.1.2 Visión.	2
1.1.3 Objetivo de Kraff S.A.S.	2
1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.	2
1.1.5 Planteamiento del problema..	6
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 Objetivo general..	6
1.2.2 Objetivos específicos. Describir las normas, simbología, y parámetros de diseño que se aplican a los sistemas de protección contra incendios.	6
1.3 Descripción de las actividades a realizar.....	7
Capítulo 2. Enfoques referenciales.....	8
2.1 Marco historico.....	8
2.1.1 Historia de la ingeniería de protección contra incendios consecuencia, se creó la necesidad de desarrollar tecnologías de protección contra incendios.....	8
2.1.2 Combustibles.....	8
2.1.3 Fuentes de ignición.....	9
2.1.3.1 Energía eléctrica.....	10
2.1.4 Energía mecánica.....	12
2.1.5 Química del fuego.	12
2.1.6 Árbol de decisiones para la seguridad contra incendios.....	13
2.1.7 Prevención de la ignición del incendio.....	15
2.1.8 Control de la magnitud del incendio.	15

2.1.9 Extinción del fuego.....	22
2.1.10 Detección y alarma de fuego..	24
2.2 Enfoque conceptual	27
2.3 Enfoque legal.....	28
Capítulo 3. Informe de cumplimiento de resultados	30
3.1 Presentación de resultados.....	30
3.1.1 Normas internacionales NFPA que rigen los sistemas de protección contra incendios.....	30
3.1.2 Consideraciones de diseño del sistema del sistema de extinción.....	32
3.1.3 Consideraciones de diseño para los sistemas de detección y alarma de incendios	40
3.1.4 Tipos de espuma y sus aplicaciones.	56
3.1.5 Realización de hojas de datos de equipos de detección, alarma y extinción. ...	61
3.1.6 Realización de especificaciones técnicas de equipos mayores y menores.	63
3.1.7 Realización de listado de equipos y materiales., para este proyecto se realizaron dos listados de materiales y equipos de los cuales uno corresponde al sistema de detección y alarma y el otro al sistema de extinción, dichos listados pueden verse en el anexo 4.....	66
3.1.8 Cálculos de baterías y cables.....	71
3.1.9 Plot plant de localización de localización de equipos de detección y alarma y extinción	74
3.1.10 Planimetrías de conduit`s y bandejas porta cables.	76
3.1.11 Arquitectura de control y diagramas de conexionado.....	78
3.1.12 Isométricos de tuberías del sistema de extinción.	82
Capítulo 4. Diagnostico final.....	83
Capítulo 5. Conclusiones.....	84
Capítulo 6. Recomendaciones	85

Referencias 86

Lista de figuras

Figura 1. Organigrama de la empresa Kraff SAS. (Kraff SAS,2019)	3
Figura 2. Análisis FODA del departamento de ingenierías de la empresa Kraff SAS. (Pasante, 2019).	5
Figura 3. Árbol de decisiones para la seguridad contra incendios, (NFPA550, 2007).	16
Figura 4. Continuación del árbol de decisiones del apartado de prevención de la ignición de incendio, (NFPA550, 2007).	17
Figura 5. Continuación parte 1-2, del árbol de decisiones del apartado de control de incendios, (NFPA550, 2007).	18
Figura 6. Continuación parte 2-2,del árbol de decisiones del apartado de control de incendios, (NFPA550, 2007).	19
Figura 7. Continuación del árbol de decisiones del apartado de control de elementos expuestos, (NFPA550, 2007).	20
Figura 8. Reducción del espaciamiento entre detector según la altura del techo (NFPA72,2016)25	
Figura 9. Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visible montados sobre pared ...	26
Figura 10. Espaciamiento en salas para aparatos visibles montados sobre cielorrasos	27
Figura 11. Área de separación del fluido extraído de pozos (Pasante, 2019)	34
Figura 12. Área de almacenamiento de crudo (Google, s.f)	34
Figura 13. Área administrativa de alojamiento y recreación (Google, s.f)	34
Figura 14. Diagrama de flujo de los pasos llevados a cabo para la realización de diseños de SCI (Pasante, 2019).	37
Figura 15. Esquema de afectación del incendio para uno de los tanques de almacenamiento (Kraff, 2019)	39

Figura 16. Radios de afectación del escenario mostrado en la figura anterior (Kraff, 2019).	39
Figura 17. Diagrama de flujo de los pasos llevados a cabo para el diseño del sistema de detección y alarma de incendios.....	40
Figura 18. Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visible montados sobre pared, (NFPA72, 2016).....	43
Figura 19. Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visibles montados sobre cielorrasos, (NFPA72, 2016).	43
Figura 20. Espaciamiento en salas para aparatos visuales montados sobre pared, (NFPA72, 2016).	44
Figura 21. Símbolos para suministro y distribución de agua, 2 de 6 (NFPA170, 2018)	45
Figura 22. Símbolos para suministro y distribución de agua, 3 de 6 (NFPA170, 2018)	45
Figura 23. Símbolos para suministro y distribución de agua, 4 de 6 (NFPA170, 2018)	46
Figura 24. Símbolos para suministro y distribución de agua, 5 de 6 (NFPA170, 2018)	46
Figura 25. Símbolos para suministro y distribución de agua, 6 de 6 (NFPA170, 2018)	47
Figura 26. Símbolos para equipamientos contra incendios, (NFPA170, 2018).....	47
Figura 27. Símbolos para unidades de control, 1 de 4 (NFPA170, 2018).	48
Figura 28. Símbolos para unidades de control, 2 de 4 (NFPA170, 2018).	48
Figura 29. Símbolos para unidades de control, 3 de 4 (NFPA170, 2018).	49
Figura 30. Símbolos para unidades de control, 4 de 4 (NFPA170, 2018).	49
Figura 31. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 1 de 9 (NFPA170, 2018).....	50
Figura 32. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 2 de 9 (NFPA170, 2018).....	50

Figura 33. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 3 de 9 (NFPA170, 2018.).....	51
Figura 34. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 4 de 9 (NFPA170, 2018.).....	51
Figura 35. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 5 de 9 (NFPA170, 2018.).....	52
Figura 36. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 6 de 9 (NFPA170, 2018.).....	52
Figura 37. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 7 de 9 (NFPA170, 2018.).....	53
Figura 38. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 8 de 9 (NFPA170, 2018.).....	53
Figura 39. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 9 de 9 (NFPA170, 2018.).....	54
Figura 40. Símbolos para aplicaciones de notificación, 1 de 3 (NFPA170, 2018.).....	54
Figura 41. Símbolos para aplicaciones de notificación, 2 de 3 (NFPA170, 2018.).....	55
Figura 42. Símbolos para aplicaciones de notificación, 3 de 3 (NFPA170, 2018.).....	55
Figura 43. Tasas y tiempos mínimos de aplicación de solución espumosa de baja expansión, para extinción mediante mangueras o monitores de tanques de techo fijo (cónico) cuyo contenido son hidrocarburos, (NFPA11, 2016).	57
Figura 44. Parámetros de flujo, tiempo y espaciamiento que deben cumplirse al implementar una protección mediante salidas fijas de agua espuma por encima del sello para tanques de techo flotante, (NFPA11, 2016).	58

Figura 45. Parámetros de flujo, tiempo y espaciamiento que deben cumplirse al implementar una protección mediante salidas fijas de agua espuma por debajo del sello para tanques de techo flotante, (NFPA11, 2016).	59
Figura 46. Régimen de descarga y tiempos de aplicación para incendios en áreas represadas, (NFPA11, 2016).....	60
Figura 47. Regímenes mínimos de aplicación y tiempos de descarga para incendios de derrames no represados, (NFPA11, 2016).....	60
Figura 48. Ítems que contiene el listado de materiales y equipos de los SCI, (Pasante, 2019). ...	66
Figura 49. Formato suministrado por el cliente para el diligenciamiento de los listados de equipos y materiales, (Kraff, 2019)	67
Figura 50. Procedimiento que se debe llevar a cabo para la supresión o control de incendios en los equipos pertenecientes a la plata de separación de crudo, agua y gas, (Pasante, 2019).....	68
Figura 51. Procedimiento que se debe llevar a cabo para la supresión o control de incendios en los equipos pertenecientes a la plata de almacenamiento de crudo, (Pasante, 2019).	69
Figura 52. Esquema organizacional de la matriz causa y efecto, (pasante, 2019).....	70
Figura 53. Tabla utilizada para el dimensionamiento de baterías.....	71
Figura 54. Tabla de selección de cable SLC, de acuerdo con las distancias entre equipos y el SLC, (Notifire,2004).....	72
Figura 55. Diagrama de flujo para el dimensionamiento de cables de potencia, (Pasante, 2019).	73
Figura 56. Modelo del circuito eléctrico de una de las zonas del proyecto realizado durante la pasantía, (Pasante, 2019).....	74
Figura 57. Plot Plan de localización de equipos de extinción en la plata de almacenamiento de crudo, (Pasante, 2019).....	75

Figura 58. Plano de conduits y bandejas porta cables en la planta de separación de crudo, agua y gas, (Pasante, 2019)	78
Figura 59. Diagrama de conexionado del sistema de detección y alarma de la planta de separación de crudo, agua y gas, (Pasante, 2019).....	80
Figura 60. Parte del diagrama de conexionado del área administrativa , (Pasante, 2019).....	81
Figura 61. Isométrico de la red de agua contra incendios, (Pasante, 2019).....	82

Lista de tablas

Tabla 1	Actividades a realizar durante la pasantía	7
Tabla 2.	Convenciones a tener en cuenta en el árbol de decisiones del estándar NFPA 550	14
Tabla 3.	Los códigos de la NFPA más utilizados y sus respectivos alcances	30
Tabla 4	Equipos tenidos en cuenta en la actualización del sistema de protección contra incendios de las plantas mostradas en la figuras 11 y 12	35
Tabla 5	Áreas de la zona administrativa del campo de producción de petróleo	36
Tabla 6	Listado de las hojas de datos realizadas para el sistema de extinción y de detección y alarma de la ingeniería de protección contra incendios desarrollada durante el periodo de pasantías	61
Tabla 7	Información que debe incluirse en la especificación técnica de equipos mayores y menores de acuerdo a cada elemento del SCI,	63
Tabla 8	Listado de Plot plan de localización de equipos desarrollados para esta ingeniería,.....	75
Tabla 9	Listado de planos de conduits y bandejas porta cables desarrollados para esta ingeniería	77

Introducción

Este informe muestra los resultados del trabajo llevado a cabo durante el periodo de pasantías, en el cual se trabajó en la elaboración de documentos técnicos para el departamento de ingeniería de la empresa Kraff S.A.S., centrándose especialmente en el área de ingeniería de protección contra incendios, así pues, durante el periodo de pasantías llevó se a cabo la ejecución de una ingeniería detallada de los sistemas de extinción y detección de incendios para dos plantas de procesamiento de petróleo y sus derivados, además de las zonas administrativas y de alojamiento que también hacen parte del campo. Dentro de este informe se encontrarán los documentos relacionados con, planos, cálculos, listados de suministros y especificaciones desarrollados para esta ingeniería; el diseño de los sistemas anteriormente mencionados fue de tipo prescriptivo basado en el estándar internacional NFPA (National Fire Protection Association).

Capítulo 1. Actualización de la ingeniería del sistema de protección contra incendios de una planta de separación y almacenamiento de petróleo. Ubicada en el noroeste colombiano.

1.1 Descripción de la empresa

Kraff S.A.S es una empresa fundada en la ciudad de Bogotá en el año 2015, ubicada en la Cra 47 #137-24 oficina 503, Bogotá DC. “Es una organización dedicada al desarrollo de ingenierías, consultorías y servicios especializados, enfocada en facilitar documentos técnicos de calidad. Cuenta con excelentes profesionales comprometidos que permite realizar con éxito cada proyecto de acuerdo a la necesidad de sus clientes dentro de los diferentes sectores de trabajo. Participa activamente en el área de ingeniería mecánica e ingeniería de protección contra incendios, también, ofrece los servicios de otras áreas de la ingeniería como ingeniería civil, eléctrica, electrónica y ambiental, además, presta servicios de seguridad industrial, prevención y respuesta a emergencias” (Kraff S.A.S, 2015). Así pues, específicamente la compañía brinda entre otros servicios relacionados con el área de ingeniería, el diseño de líneas de tubería, selección de bombas y equipos, diseño de tanques de almacenamiento, diseño de sistemas de enfriamiento y extinción e implementación de sistemas de detección y alarma. Por otro lado, referente al área de ingeniería de facilidades industriales, la empresa brinda entre otros servicios, el diseño de, tanques de almacenamiento bajo norma API, recipientes de alta presión bajo la norma ASME, evaporadores, silos, elevadores de cangilones, transportadores de bandas, equipos de minería y agricultura.

1.1.1 Misión. “Suministrar soluciones técnicas a los diferentes sectores de la industria en el área de ingeniería, consultoría y servicios, que permita satisfacer las necesidades de nuestros clientes desarrollando los proyectos con altos estándares de calidad” (Kraff S.A.S, 2015).

1.1.2 Visión. “En el 2025 Kraff S.A.S será una empresa de ingeniería, consultoría y servicios; con reconocimiento a nivel nacional e internacional, con participación internacional en américa latina y que demuestra un amplio desempeño en los diferentes sectores industriales” (Kraff S.A.S, 2015).

1.1.3 Objetivo de Kraff S.A.S. Desarrollar ingenierías, consultorías y prestación de servicios, tales como; mantenimiento, diseño, capacitaciones, asesorías, pruebas de equipos, comisionamiento, entre otros, en las áreas de, ingeniería mecánica, ingeniería de protección contra incendios, Ingeniería ambiental, ingeniería eléctrica e ingeniería civil. De igual modo, lleva a cabo análisis de riesgos, así como, planes de gestión de riesgos, planes de contingencia y emergencia, con profesionales capacitados, comprometidos y con experiencia, dispuestos a satisfacer las necesidades de nuestros clientes.

1.1.4 Descripción de la estructura organizacional. La empresa Kraff S.A.S está organizada tal y como se ve en la figura 1, dentro de la estructura organizacional durante la pasantía estuve en el departamento de ingeniería.

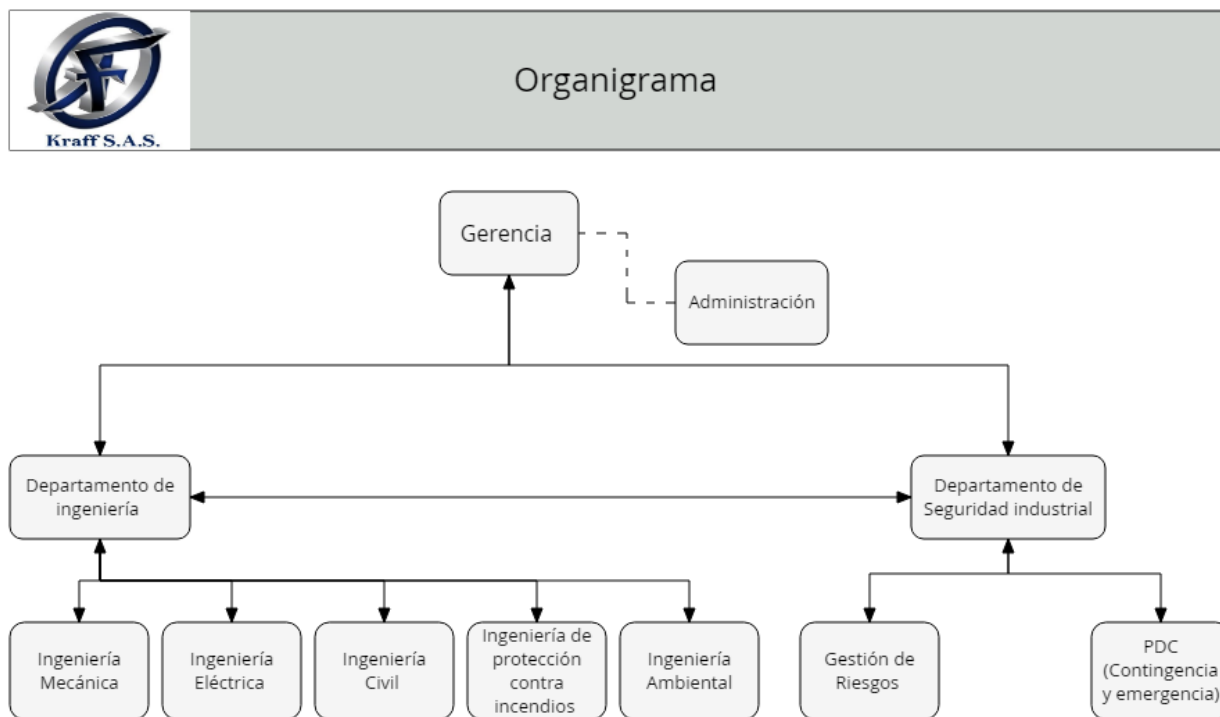


Figura 1. Organigrama de la empresa Kraff SAS. (Kraff SAS,2019)

1.1.5 Descripción de la dependencia asignada. El departamento de ingeniería de la empresa Kraff S.A.S, se encuentra ubicado en la Cra 47 #137-24 oficina 503, Bogotá D.C. Este departamento cuenta con cinco áreas encargadas de llevar a cabo los proyectos de ingeniería conceptual, básica y/o de detalle que maneja la organización. Actualmente entre otras actividades que se llevan a cabo dentro del departamento se encuentran, la realización de, análisis de riesgos (Cuantitativo y cualitativo), análisis de consecuencias mediante simulaciones en software, diseño de líneas de tubería, selección de bombas y equipos, diseño de tanques de almacenamiento , diseño de sistemas de enfriamiento y extinción, clasificación de áreas peligrosas, evaluación, inspección, pruebas de operación, funcionamiento y eficiencia de los sistemas de protección contra incendio, implementación de sistemas de detección y alarma, así como, asesoría en la selección de sistemas contra incendio de acuerdo a la normativa internacional y los

requerimientos de sus clientes. Por otro lado, y como actividades específicas que se llevaran a cabo por el pasante, se encuentran, la realización de planos mediante AutoCAD, hojas de datos, especificaciones técnicas de equipos mayores y menores y listados de materiales y equipos, actividades las cuales estarán supervisadas por el Ingeniero mecánico y master en ingeniería de protección contra incendios Frank Daniel Peña Piza.

1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia asignada, el diagnóstico inicial puede verse en la matriz FODA mostrada en la figura

2

	Principales Oportunidades	Principales Amenazas
Matriz FODA del departamento de ingeniería de la empresa Kraff SAS.	1. Pocos profesionales dedicados a la realización de ingenierías de SCI. 2. Amplio campo de aplicación. 3. Aumento en la demanda de profesionales en las áreas de sistemas contraincendios.	1. Tiempos de entrega reducidos. 2. Precios de la competencia.
Principales Fortalezas	FO	FA
1. Profesionales en constante capacitación. 2. los softwares AutoCAD y EPANET utilizados por la organización. 3. la formación especializada de los profesionales. 4. Experiencia de cada uno de los integrantes del equipo de trabajo.	1. Vender los servicios a través de experiencia y formación de los integrantes, debido a que hacen parte de un grupo selecto conocedor del tema de sistemas contra incendios. 2. Dar a conocer a los clientes las ventajas de realizar simulaciones e implementar herramientas informáticas, con el fin de realizar y validar los diseños.	1. Optimizar los procesos partiendo de la experiencia y los recursos digitales que se manejan para reducir los tiempos de ejecución. 2. Planificar y asignar tareas específicas de acuerdo a la experiencia y formación de cada uno del equipo de trabajo, para garantizar un trabajo de calidad y de este modo competir con calidad y agilidad en los procesos y no con precios.
Principales Debilidades	DO	DA
1. Poca interacción entre los grupos de trabajo. 2. Poco recurso de personal. 3. Bajo posicionamiento del área, en el mercado.	1. Aumentar al personal para de este modo abarcar mayor parte en la industria. 2. Ampliar los portales de información rápidamente, para ganar reconocimiento en el mercado que aun no esta saturado.	1. Fomentar la comunicación y trabajo en equipo, debido a que, de esta forma la culminación de los objetivos de trabajo se podrían realizar en menor tiempo. 2. Aumentar el ingreso de personal idóneo y capacitado, para competir en cuanto a calidad y agilidad y no con precios bajos.

Figura 2. Análisis FODA del departamento de ingenierías de la empresa Kraff SAS. (Pasante, 2019).

1.2.1 Planteamiento del problema. El campo petrolero que suministra el crudo a la planta de separación y almacenamiento de petróleo ubicada en el departamento de Antioquia actualmente está implementado el método drenaje gravitacional asistido con vapor (SAGD) para aumentar la tasa de recobro de crudo, de este modo se requiere una ampliación del área de almacenamiento y separación con el fin de garantizar que esta tenga la capacidad de tratar la totalidad del crudo producido, así pues y tras la ampliación de la planta, se hace necesario la actualización del sistema de protección contra incendios para estudiar la integridad del sistema actual e implementar nuevos elementos que protejan los equipos que serán introducidos tras la ejecución del proyecto de aplicación. Por otro lado, es necesario actualizar el sistema debido a que actualmente los tanques de almacenamiento de petróleo tratado y el área en general se está protegiendo con un sistema contra incendios a base de agua y estos deben estar protegidos con un agente extintor a base de agua espuma tal y como lo indica en su capítulo 5 la (NFPA11, 2016).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Actualizar la ingeniería del sistema de protección contra incendios de una planta de separación y almacenamiento de petróleo. Ubicada en el noroeste colombiano desarrollada por el departamento de ingeniería de la empresa Kraff S.A.S.

1.3.2 Objetivos específicos. Describir las normas, simbología, y parámetros de diseño que se aplican a los sistemas de protección contra incendios.

Implementar documentos técnicos que faciliten la construcción de los sistemas de protección contra incendios diseñados.

Desarrollar la planimetría de los sistemas contra incendios a implementar.

1.4 Descripción de las actividades a realizar

Tabla 1

Actividades a realizar durante la pasantía

<u>Objetivo General</u>	<u>Objetivos específicos</u>	<u>Actividades</u>
Actualizar la ingeniería del sistema de protección contra incendios de una planta de separación y almacenamiento de petróleo. Ubicada en el noroeste colombiano desarrollada por el departamento de ingeniería de la empresa Kraff S.A.S.	Describir las normas, simbología, y parámetros de diseño que se aplican a los sistemas contra incendios.	Identificar las normas internacionales NFPA que rigen los sistemas de protección contra incendios Conocer las consideraciones iniciales que se requieren para la realización de los diseños Identificar los tipos y aplicaciones de concentrados de espuma existentes
	Implementar documentos técnicos que faciliten la construcción de los sistemas de protección contra incendios diseñados.	Realizar hojas de datos de equipos de detección y alarma y extinción Realizar especificaciones técnicas de equipos mayores y menores. Crear listados de materiales y equipos. Implementar la filosofía de operación del sistema. Realizar matriz causa efecto de detección y alarma. Realizar cálculos de baterías y cables.
	Desarrollar la planimetría de los sistemas contra incendios a implementar.	Realizar Plot plan de localización de equipos de extinción y detección mediante AutoCAD. Realizar planimetría de conduit y bandejas porta cables. Realizar arquitectura de control y diagramas de conexión de los equipos de detección y alarma. Elaborar Isométricos de tuberías de extinción.

Capítulo 2. Enfoques referenciales

2.1 Marco histórico

2.1.1 Historia de la ingeniería de protección contra incendios. Según el manual de protección contra incendios de la National Fire Protection Association (NFPA, 2009) la historia se remonta a la antigua Roma, donde el Emperador Romano Nerón mandó a redactar un código constructivo cuyo propósito era salvar y guardar del fuego las edificaciones a través de la utilización de materiales resistentes a este; más tarde, en el siglo XII en Londres, se encontraron regulaciones que requerían la construcción de paredes de piedra entre edificaciones, con el fin de que sirvieran como barreras cortafuego. Pero, solo fue hasta la revolución industrial en Gran Bretaña, en el siglo XVIII y más tarde en los Estados Unidos en el siglo XIX, cuando cambia la cara de la ingeniería de protección contra incendios. En esa época se inicia la construcción de fábricas de pisos múltiples, bodegas de gran tamaño grandes edificios y se implementan procesos industriales con altos niveles de riesgo, en consecuencia, se creó la necesidad de desarrollar tecnologías de protección contra incendios. Así pues, y luego de varios incendios registrados en ese periodo de tiempo nace la NFPA en nueva Inglaterra a finales del siglo XIX.

2.1.2 Combustibles. Los materiales combustibles pueden ser definidos como cualquier material en estado, sólido, líquido o gaseoso capaz de generar una reacción química exotérmica a través de un proceso de oxidación, dentro de los materiales combustibles se encuentran a los que se debe prestar mayor atención debido al alto riesgo que estos presentan, llamados líquidos inflamables y definidos por la National Fire Protection Association en su estándar (NFPA30,2015) como cualquier líquido con punto de inflamación copa cerrada por debajo de 37.8°C

2.1.3 Fuentes de ignición

2.1.3.1 Energía química. Según el manual de protección contra incendios tomo I (NFPA, 2009) la energía química se define como la liberación de calor debido a las reacciones de oxidación. Dentro de la energía química hay una gama formas de generación de calor de las cuales el manual de protección contra incendios tomo I (NFPA, 2009) menciona los siguientes.

2.1.3.2 Calor de combustión. Es la cantidad de calor liberado durante la oxidación completa de la unidad de masa de una sustancia combustible. El calor de la combustión también se conoce como poder calorífico y depende tanto de los tipos y cantidades de átomos como de la distribución de estos en las moléculas.

2.1.3.3 Calor espontaneo. El calentamiento espontáneo es el proceso donde un material aumenta de temperatura sin extraer calor de su entorno. El calentamiento espontaneo está asociado generalmente a la acumulación de materiales porosos (carbón, aserrín de madera) que forman “residuos carbonosos”, por otro lado, también presentan este tipo de peligro los aceites reactivos que son absorbidos por materiales porosos (Eje., trapos impregnados de aceites), los materiales almacenados en caliente (Eje., tablas calientes de aislamiento de fibra apiladas) o el producto de la acción microbiana en determinados compuestos. Así pues, el calentamiento espontaneo ocurre debido a que todas las sustancias orgánicas, capaces de combinarse con el oxígeno, producen calor cuando se oxidan.

2.1.3.4 Calor de descomposición. El calor de descomposición es el calor producido por la descomposición de sustancias químicas que se han formado por reacciones endotérmicas a partir de sus elementos. El acetileno y el nitrato de celulosa son ejemplos de sustancias con tendencia a descomponerse, con liberación de cantidades peligrosas de calor.

2.1.3.5 Calentamiento de disolución. El calor de disolución es el calor que se desprende cuando una sustancia se disuelve en un líquido. La mayoría de materiales generan calor cuando se disuelven, solo que la cantidad de calor liberada no es significativa como para ser considerados en la protección contra incendios.

2.1.3.6 Calor de reacción. El calor generado en este tipo de reacciones es capaz de iniciar la combustión, un ejemplo es la reacción del metal alcalino potasio (K) con el agua, la cual produce hidrogeno y se incendiará espontáneamente al mezclarse con el aire, esto debido a que la temperatura es muy elevada.

2.1.3.7 Energía eléctrica. La energía eléctrica también debe considerarse como un riesgo de fuente de ignición debido al potencial que posee para generar calor, entre las formas que la energía eléctrica puede generar calor se encuentran las mencionadas por el manual de protección contra incendios tomo I (NFPA, 2009) y las cuales son:

2.1.3.8 Calentamiento por resistencia eléctrica. Este calor se genera debido a la corriente de electrones que fluye a través del conductor, y es mayor en cuanto más elevada sea la oposición al paso de la corriente por parte del conductor.

2.1.3.9 Calentamiento por inducción. Siempre que un conductor se somete a la influencia de un campo magnético alterno o fluctuante, o cuando el conductor se está moviendo a través de las líneas de fuerza del campo magnético, se desarrollan diferencias de potenciales en el conductor que a su vez generan un flujo de corriente eléctrica a través de él, así pues, se genera calentamiento por resistencia.

2.1.3.10 Calentamiento por corrientes de fuga. Este tipo de calentamiento es atribuido al flujo de corriente a través del aislante, esto ocurre debido a que el aislante no es completamente perfecto y además se somete a voltajes substancialmente elevados. El riesgo en este tipo de calentamiento se encuentra cuando el material aislante no es adecuado para el servicio y las corrientes de fuga exceden los límites de seguridad generando así calentamiento en el material aislante.

2.1.3.11 Calor por formación de arcos eléctricos. Los arcos eléctricos ocurren cuando un circuito eléctrico que está transportando corrientes se interrumpen ya sea intencional o accidentalmente. La formación de arcos eléctricos es potencialmente peligrosa cuando en el sistema hacen presencia sistemas inductivos, y debido a que las temperaturas alcanzadas en los arcos eléctricos son de gran magnitud puede que se inicie la reacción de oxidación en los materiales combustibles cercanos.

2.1.3.12 Calentamiento por electricidad estática. La electricidad estática es una carga eléctrica que se acumula sobre la superficie de dos materiales, que generan chispas si una está cargada positiva y la otra negativamente y además no están conectadas a tierra. Las chispas generadas por la electricidad estática no producen el suficiente calor para incendiar combustibles ordinarios, pero son potencialmente peligrosas si entran en contacto con nubes de polvo explosivo o vapores y gases inflamables.

2.1.3.13 Calor generado por rayos. Los rayos son descargas eléctricas de una nube a otra nube con carga eléctrica opuesta o en la tierra, las descargas generadas entre una nube y la tierra desarrollan temperaturas tan elevadas que pueden incendiar casi que cualquier material.

2.1.4 Energía mecánica. Según el manual de protección contra incendios tomo I (NFPA, 2009) la energía mecánica es la responsable de un número importante de incendios y dentro de ella se encuentran las siguientes fuentes de ignición.

2.1.4.1 Calor por fricción. El calor por fricción considerable se genera cuando dos superficies sólidas se frotan entre sí. El peligro depende de la energía mecánica disponible, la velocidad de generación de calor, y su tasa de disipación

2.1.4.2 Chispas por fricción. Son el resultado del impacto entre dos superficies duras y que por lo general se generan por la interacción entre metales o entre metales y otros materiales

2.1.5 Energía Nuclear. La energía nuclear se libera cuando el núcleo de un isótopo inestable de un elemento se divide para producir núcleos de menor tamaño.

2.1.6 Química del fuego. La naturaleza del fuego fue desconocida por varios siglos, sin embargo “recientemente” se empieza a entender y conocer los secretos de las reacciones químicas que se generan entre los combustibles, comburentes y fuentes de calor, sin embargo, la combustión es compleja debido a la cantidad de variables que intervienen en ella, a manera de ejemplo y como punto de referencia la (NFPA, 2009) plantea la combustión de algodón quirúrgico, y de la cual menciona que en esta pueden hacer presencia alrededor de 80 productos diferentes, entre, sólidos, líquidos y gases. Ahora ¿qué tan compleja es la combustión de un incendio en una planta donde intervienen diferentes compuestos?, lo único seguro es que se podrían encontrar cientos de variables, entre los cuales se encuentran, estados, propiedades químicas y físicas de los combustibles, fuentes de ignición, condiciones ambientales entre otras




muchas variables más que intervienen en el proceso; de este modo, se podría asegurar que es casi imposible que dos incendios sean exactamente iguales. Sin embargo, los incendios deben prevenirse, o combatirse en el peor de los casos y para ello se cuenta con las normas internacionales NFPA (National Fire Protection Association), que no es más que, conocimiento y experiencia técnica documentada a través de los años y que contribuye a los procesos de prevención, detección, alarma y extinción de incendios.

Por otro lado, la combustión es definida por la (NFPA, 2009), como una reacción química exotérmica, auto-mantenida que involucra un combustible (sólido, líquido o gaseoso) en un proceso que por lo general está asociado a una reacción de oxidación de un combustible y el oxígeno atmosférico. Así pues, aunque es complejo la comprensión total de las combustiones en un incendio, estos se pueden entender de manera sencilla a través del triángulo del fuego, el cual establece que para que el fuego se produzca se requiere la presencia de 3 elementos que son, combustible, oxígeno y una fuente de ignición.

2.1.7 Árbol de decisiones para la seguridad contra incendios. En los sistemas de protección contra incendios se tienen dos (2) objetivos, los cuales consisten en prevenir la ignición o mitigar el incendio tal y como lo especifica la NFPA en su estándar (NFPA550, 2007) donde se plantea un árbol de decisiones que ayudan al cumplimiento de los objetivos mencionados. Además, los árboles de decisiones plasmados en el estándar (NFPA550, 2007), tiene entre otras aplicaciones el diseño, debido a que es una herramienta la cual permite que el diseñador siga todas las posibles rutas que puede seguir para cumplir con los objetivos de los sistemas de protección contra incendios. En las figuras 3,4,5,6 y 7 se puede ver el árbol de decisiones mencionado anteriormente y para el cual se deben tener en cuenta las convenciones mostradas en la tabla 2.

Tabla 2.

Convenciones a tener en cuenta en el árbol de decisiones del estándar NFPA 550

<u>Símbolo</u>	<u>Operador que representa el símbolo</u>	<u>¿Que indica el símbolo?</u>
	Representa el operador O	Este operador indica que todos los elementos debajo de él, deben coexistir simultáneamente para que se cumpla lo que está por encima de él.
	Representa el operador Y	Este operador indica que para que se cumpla lo que está por encima de él, solo es necesario que se cumpla cualquiera de los elementos por debajo de él.
	Punto de entrada	El punto de entrada nos traslada del punto de donde se ubica esté, a otro punto del árbol de decisiones.

(Pasante, 2019).

2.1.8 Prevención de la ignición del incendio. La NFPA en su estándar (NFPA550,2007) indica que la ignición es la consecuencia de una fuente de calor en contacto con, o suficientemente próxima a, una sustancia combustible. En consecuencia, dentro de las medidas que se deben adoptar para la prevención de la ignición se encuentran, el control de las fuentes de energía calórica, control de la interacción entre las fuentes de energía y elementos combustibles y el control de combustibles. Así pues, con el objetivo de prevenir la ignición se debe implementar cualquiera de las anteriores medidas.

2.1.9 Control de la magnitud del incendio. Según el estándar (NFPA550,2007), este control tiene como objetivos principales, reducir los riesgos asociados con el crecimiento y propagación de incendios y proteger a las personas y activos expuestos a incendios vecinos.

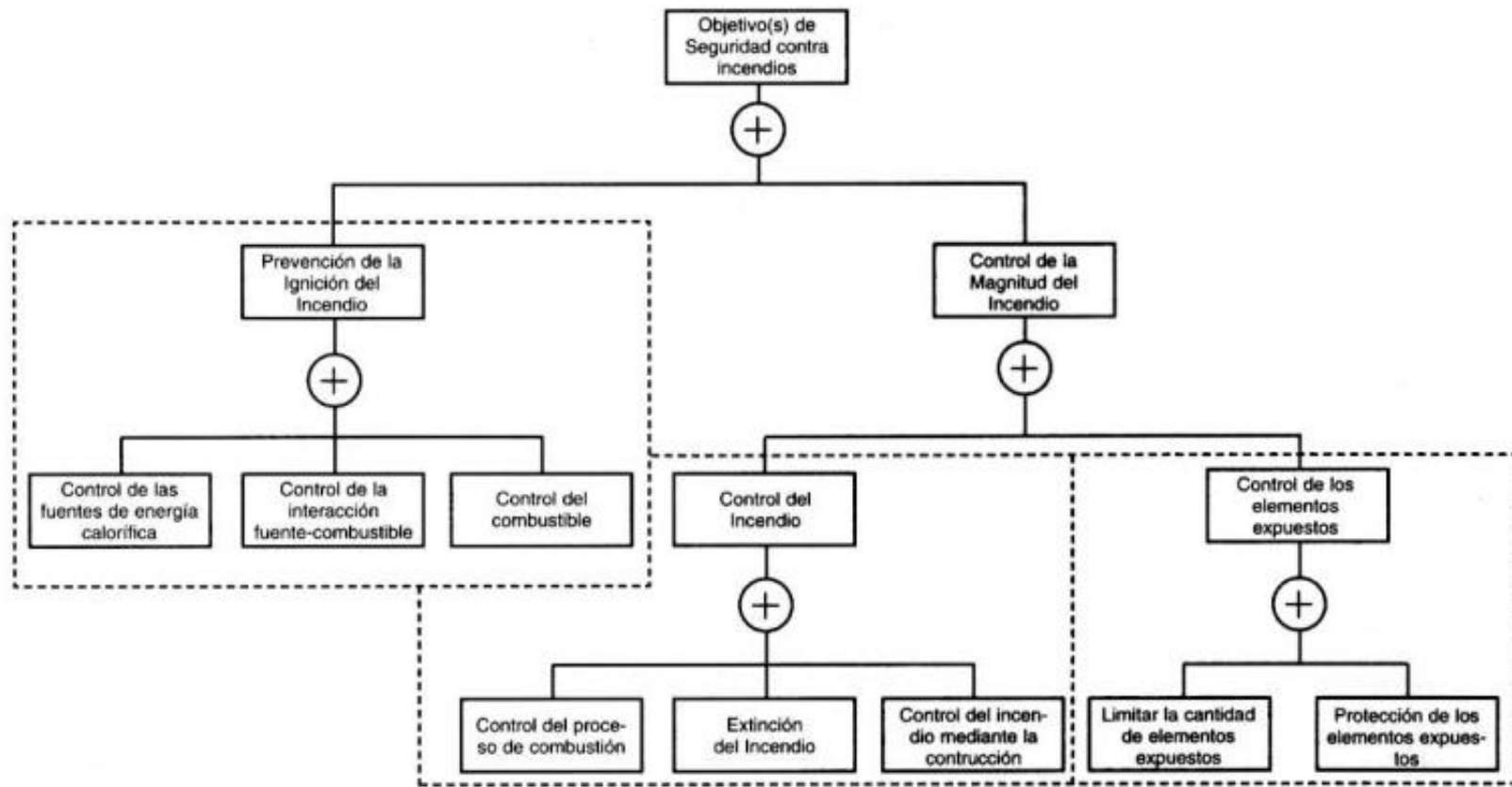


Figura 3. Árbol de decisiones para la seguridad contra incendios, (NFPA550, 2007).

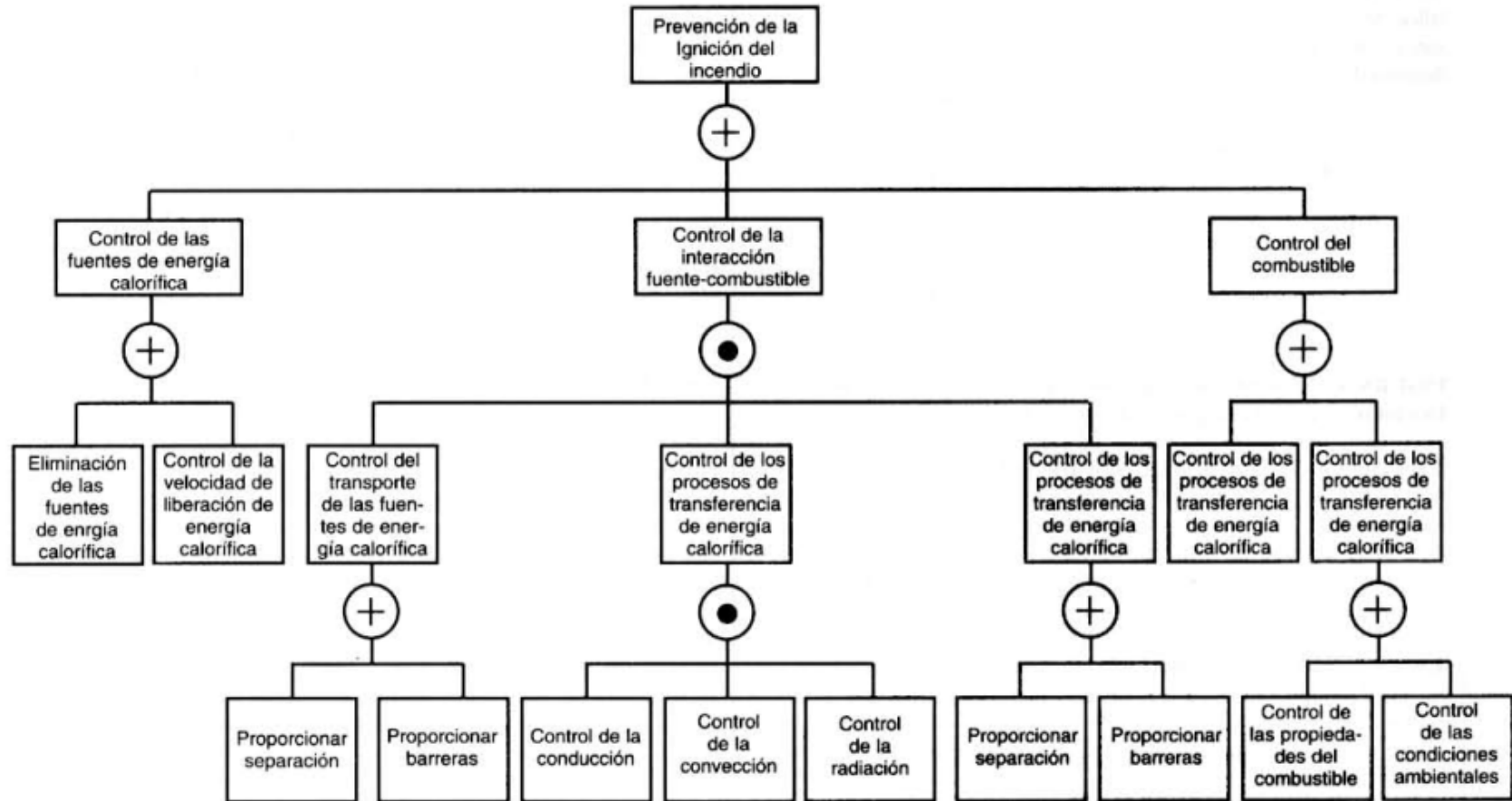


Figura 4. Continuación del árbol de decisiones del apartado de prevención de la ignición de incendio, (NFPA550, 2007).

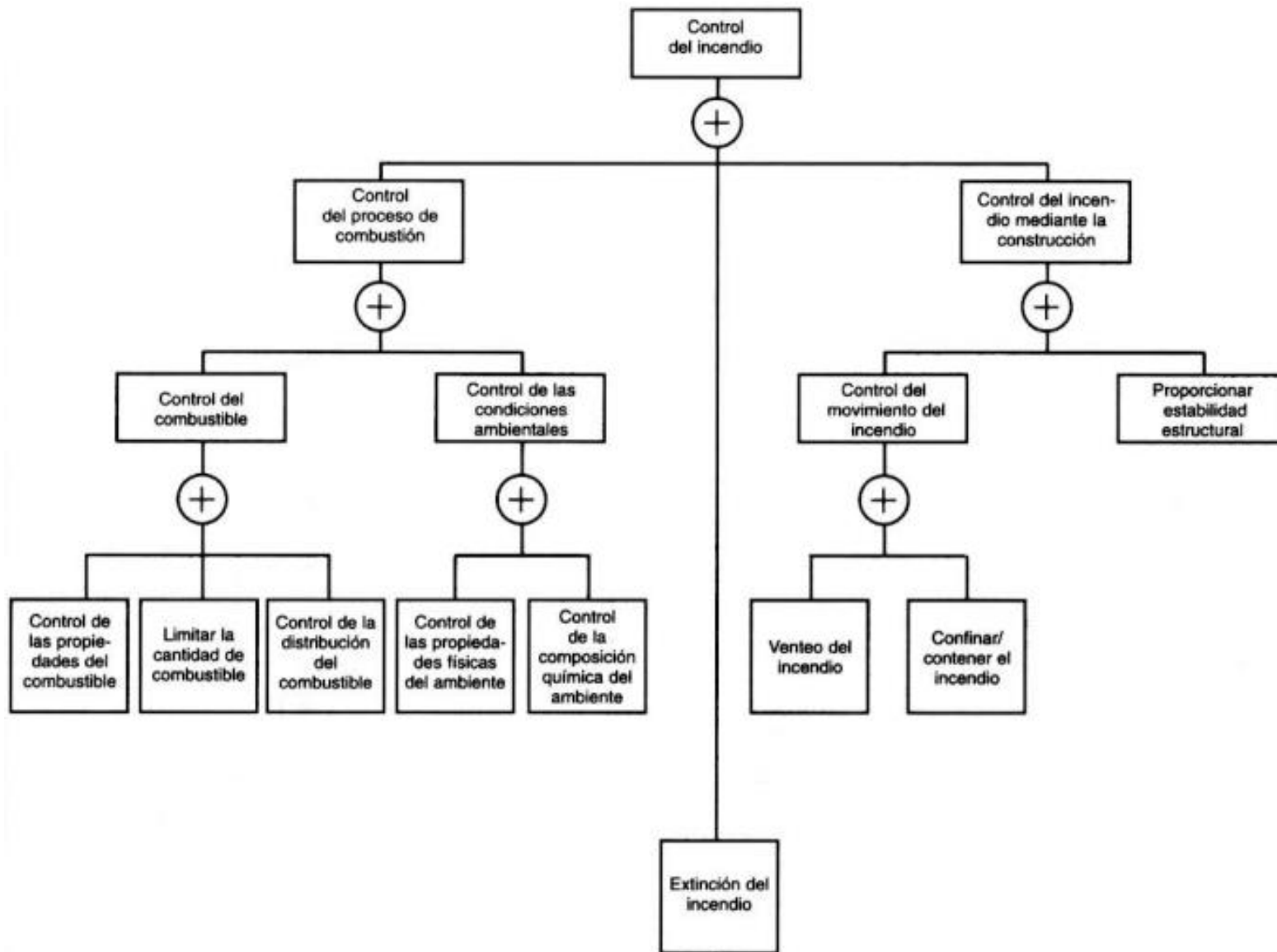


Figura 5. Continuación parte 1-2, del árbol de decisiones del apartado de control de incendios, (NFPA550, 2007).

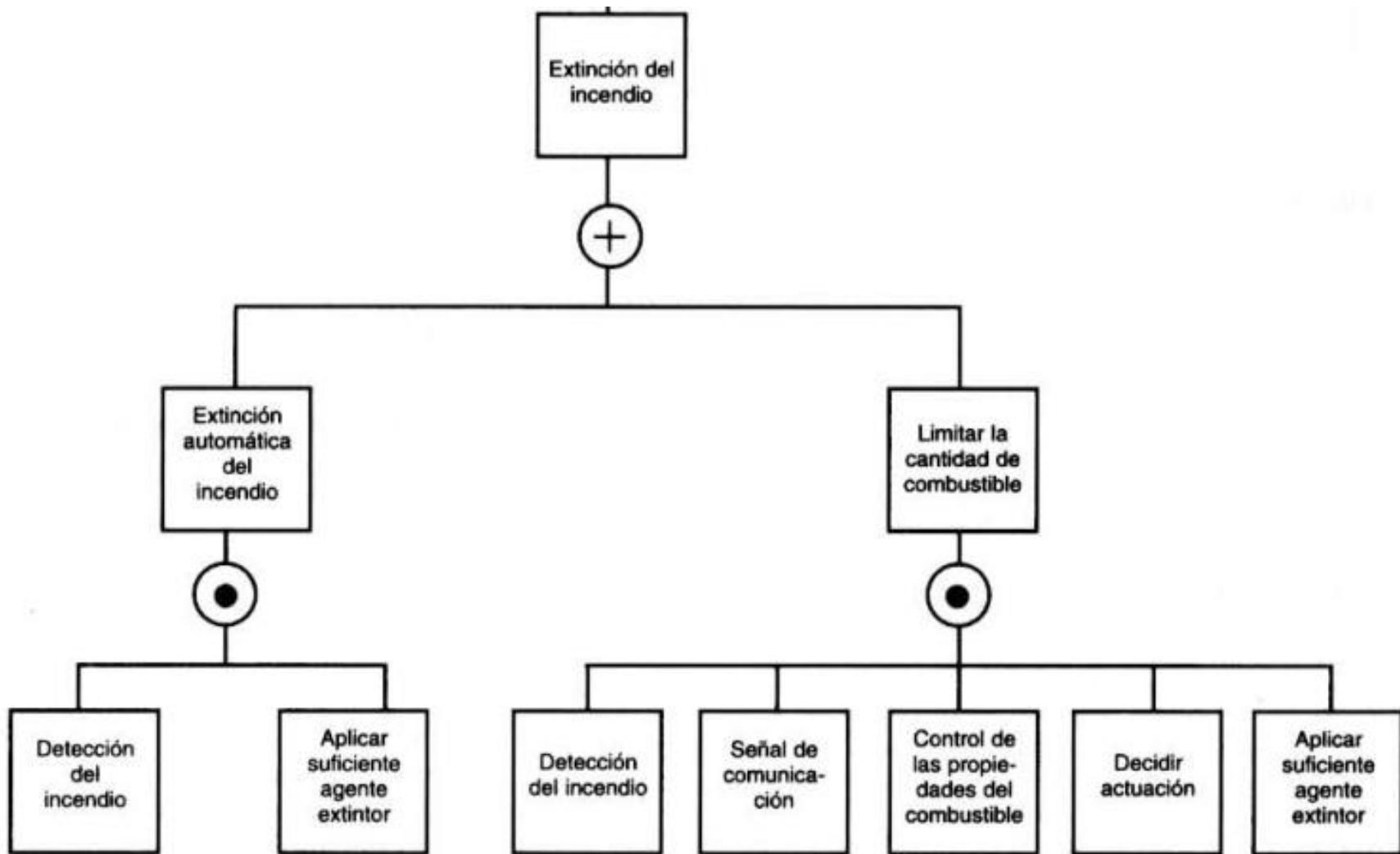


Figura 6. Continuación parte 2-2, del árbol de decisiones del apartado de control de incendios, (NFPA550, 2007).

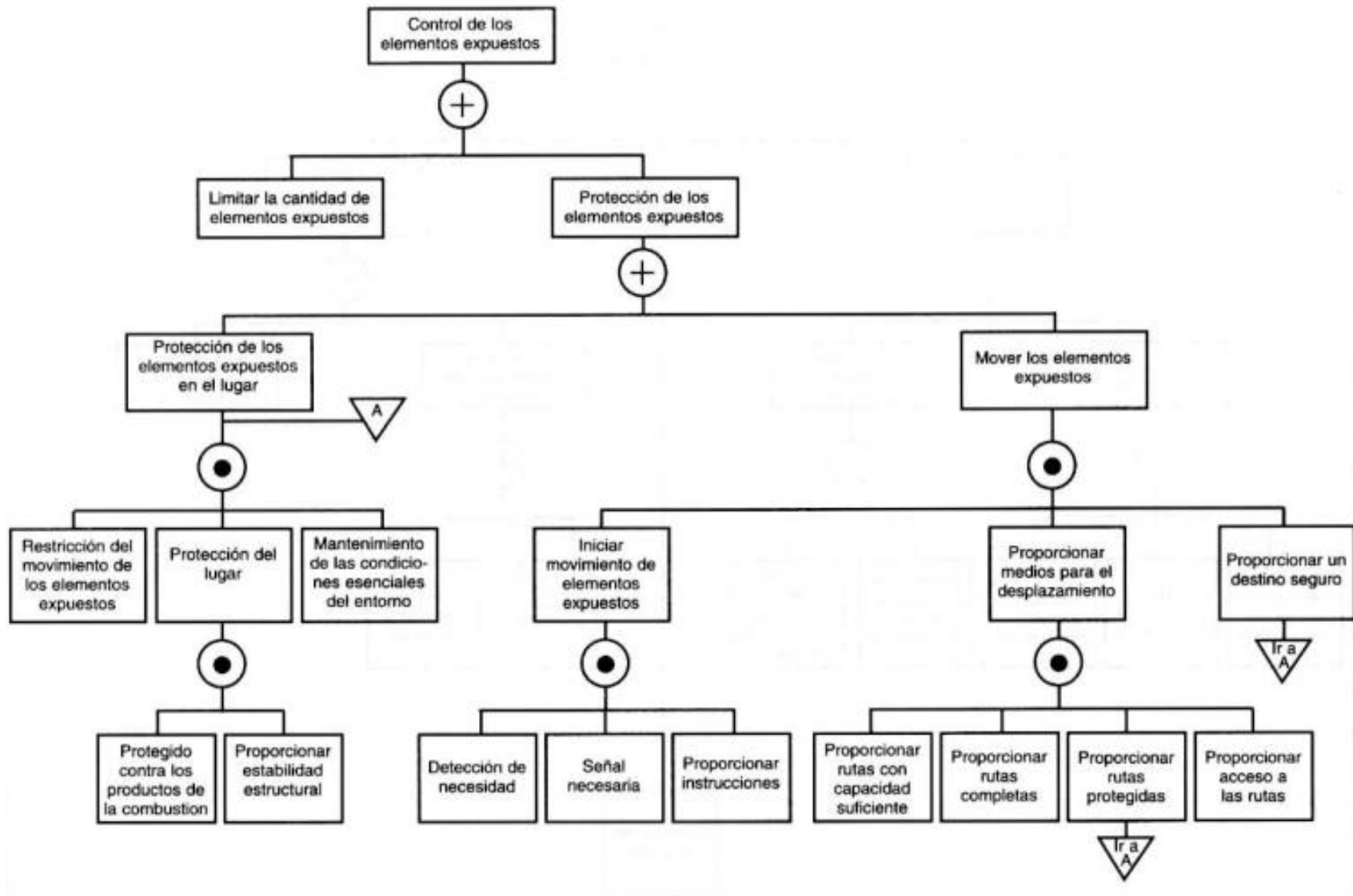


Figura 7. Continuación del árbol de decisiones del apartado de control de elementos expuestos, (NFPA550, 2007).

Al observar la figura 3, el árbol de decisiones indica que el objetivo de la seguridad contra incendios es, la **prevención de la ignición del incendio** o el **control de la magnitud del incendio**, lo cual podría llevar a pensar que el objetivo de la seguridad contra incendios se alcanza cuando uno de estos se cumple, pero esto no es del todo cierto, pues en la práctica ambas premisas se aplican conjuntamente, ya que, si se aplica solo la prevención de la ignición del incendio, en algún punto se generara una ignición, puesto que en el proceso de prevención intervienen una gran cantidad de variables que no son en su totalidad controlables, lo que hace que la prevención no sea cien por ciento efectiva, si por el contrario solo se aplica el control de la magnitud del incendio, se generarían constantemente igniciones debido a que no hay control sobre las fuentes de ignición y combustibles, es por ello que es necesario aplicar conjuntamente la prevención y el control de incendios con el fin de cumplir con el objetivo de los sistemas de protección contra incendios.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que, durante el desarrollo de este trabajo de grado bajo la modalidad de pasantías, se implementó un sistema para controlar la magnitud del incendio, esto debido a que el proyecto se implementara en una planta que actualmente se encuentra operando y donde se toman las precauciones suficientes y necesarias para que en la medida de lo posible las fuentes de energía calorífica y los materiales combustibles no se junten, cabe aclarar que dentro del proyecto también se considera la prevención de la ignición al colocar elementos con protección NEMA 4X o NEMA 7 los cuales impiden que los elementos eléctricos utilizados en el sistema a implementar generen igniciones. De este modo, el marco de referencia se enfocará principalmente en los mecanismos utilizados en el control de la magnitud del incendio.

2.1.10 Extinción del fuego

Según el manual de protección contra incendios Tomo I (NFPA, 2009), para extinguir el fuego se puede implementar uno o la combinación de varios de los siguientes mecanismos de extinción:

- Separación física de la sustancia combustible de la llama
- Eliminación o disolución del suministro de oxígeno
- Reducción de la temperatura del combustible o la llama
- Añadir productos químicos que modifiquen el proceso químico de combustión
- Partiendo de lo anterior se pueden utilizar métodos de extinción.

2.1.10.1 Extinción con agua. “El agua es tal vez el medio de extinción más utilizado y esto es debido a que aparte del costo y disponibilidad tiene propiedades las cuales pueden extinguir mediante, enfriamiento de combustible sólido o líquido, enfriamiento de la llama y bloqueando la transferencia de calor por radiación; aunque todo puede contribuir a la extinción probablemente lo más importante es el efecto de enfriamiento de un combustible en gasificación”, (NFPA,2009).

2.1.10.2 Extinción con agua-espuma. “El agua puede contribuir en la extinción de casi cualquier material combustible, pero no es efectiva cuando el combustible se trata de líquidos inflamables insolubles en agua. Así pues, para este tipo de incendios se emplean agentes de agua espuma. La espuma para extinción de incendios es una masa de burbujas formadas por diferentes métodos de soluciones acuosas de agentes espumantes, debido a que la espuma es mucho más liviana que cualquier líquido inflamable, se crea una capa que flota sobre el líquido creando así una barrera entre el combustible y el aire además de ayudar en el enfriamiento”, (NFPA,2009).

2.1.10.3 Extinción con agua pulverizada. Según el manual de protección contra incendios Tomo I (NFPA,2009), el agua pulverizada tiene la capacidad de extinguir debido a las siguientes razones

- Mientras las pequeñas gotas de agua se evaporan, eliminan calor, ya sea en la superficie del combustible o dentro de la llama gaseosa.
- Al evaporarse las gotas en el ambiente caliente aun antes de llegar a la llama, se genera un vapor que disminuye el porcentaje de oxígeno en el aire cerca de la llama.
- La niebla bloquea la transferencia de calor radiante entre el fuego y el combustible

2.1.10.4 Extinción con gases inertes. “Los gases inertes actúan principalmente para extinguir los incendios principalmente por dilución, es decir que el medio de extinción se logra gracias a la eliminación de oxígeno, entre los gases inertes más o comúnmente usados esta, dióxido de carbono, nitrógeno, vapor y también pueden usarse el helio, neón o argón. Estos gases evitarán la combustión de casi cualquier elemento combustible, excepto de ciertos metales y químicos inestables como los pirotécnicos, propulsores sólidos de cohetes, hidracina, etc.”, (NFPA,2009).

2.1.10.5 Extinción mediante la utilización de agentes químicos secos. “Todas las clases de químicos secos actúan para suprimir las llamas del incendio. Se debe tener en cuenta que cualquier químico seco produce cierto grado de corrosión, pero el fosfato de mono amonio debido a su naturaleza ácida corroe más rápidamente que cualquier otro químico seco que son neutros o levemente alcalinos”, (NFPA,2009).

2.1.5 Detección y alarma de fuego. Antes de aplicarse los procedimientos de extinción, se debe haber detectado la presencia del incendio, y para ello se utilizan los sistemas de detección, alarma y señalización de incendios, los cuales según el código Nacional de alarmas de Incendio (NFPA72,2016) tienen como propósito proveer notificación de condiciones de alarma, de supervisión y problemáticas; alertar al personal presente sobre la presencia de condiciones anormales, además de controlar las funciones de control de emergencia. Un sistema de detección y alarma está constituido por una serie de elementos con funciones específicas. Los elementos de detección y alarma utilizados en el desarrollo de la pasantía son los descritos a continuación, sin embargo, existen otros que se pueden consultar en el Código Nacional de alarmas de Incendio.

2.1.5.1 Estación manual de alarma. Es un dispositivo operado manualmente y cuyo objetivo es activar una señal de alarma de incendios, estas deben ubicarse desde el nivel de piso a una distancia no mayor a 1.22 m ni menor a 1.07 m, además, deben ser provistas de tal modo que la distancia de recorrido hasta la estación manual de alarma más cercana no exceda los 61 m. Por otro lado, y de acuerdo al área donde se valla a instalar, estas deben ser para interiores (NEMA 2), para exteriores (NEMA 4) o para área clasificada (NEMA 4X).

2.1.5.2 Detector lineal de calor. Dispositivo que da una señal de alarma cuando su elemento operador se calienta a una temperatura predeterminada, los detectores lineales de calor consisten en un par de cables diseñados de tal modo que al alcanzar la temperatura de activación los cables se funden y unen creando una señal de alarma, estos por lo general se ubican rodeando los tanques o diques de dichos tanques.

2.1.5.3 Detector de humo foto eléctrico. Es un dispositivo que detecta las partículas visibles o invisibles producidas durante la combustión. La ubicación de los detectores de humo en techos altos que van desde 3m a 9m debe realizarse de acuerdo a la tabla mostrada en la figura 8, donde debe multiplicarse la altura del techo por el factor de la columna 5 de la tabla mostrada en la figura 8.

Altura del cielorraso mayor de (>)		Hasta e inclusive		Multiplicar espaciamento listado por
En pies	En m	En pies	En m	
0	0	10	3.0	1.00
10	3.0	12	3.7	0.91
12	3.7	14	4.3	0.84
14	4.3	16	4.9	0.77
16	4.9	18	5.5	0.71
18	5.5	20	6.1	0.64
20	6.1	22	6.7	0.58
22	6.7	24	7.3	0.52
24	7.3	26	7.9	0.46
26	7.9	28	8.5	0.40
28	8.5	30	9.1	0.34

Figura 8. Reducción del espaciamento entre detector según la altura del techo (NFPA72,2016)

Para los casos, donde los techos sobre los cuales se ubicarán los detectores de humo no superan los 3 metros desde el nivel de piso, dichos detectores deben ubicarse de tal modo que, la distancia entre detectores no supere los 9.1 m y la distancia hasta las paredes no sea mayor a 4.5m.

2.1.5.4 Sistema de notificación masiva. Es un sistema cuyo propósito es comunicarse directamente con determinadas personas y grupos que podrían no estar en un área contigua, las ubicaciones de los sistemas de notificación masiva dependen del nivel sonoro requerido en el punto más alejado a notificar y la distancia desde este al sistema de notificación masiva, con estos parámetros se selecciona el equipo teniendo en cuenta los datos técnicos del equipo, que son suministrados por el fabricante.

2.1.5.5 Alarmas audio visuales. Las alarmas audio visuales tienen como objetivo alertar al personal sobre la existencia de una condición anormal a través de señales auditivas y visuales. la selección de estos equipos se realiza con base a las tablas mostradas en la figura 9 y 10, de las cuales se selecciona la intensidad luminosa partiendo de los otros parámetros con los cuales cuenta la tabla. Por otro lado, la intensidad acústica se determina a partir de la intensidad acústica del lugar, puesto que la intensidad del equipo debe estar 10 dB por encima de los dB del lugar a alarmar.

Tamaño máximo de la sala		Salida luminica mínima requerida [intensidad efectiva (en CD)]	
		Una luz por sala	Cuatro luces por sala (una luz por pared)
En pies	En m		
20 × 20	6.10 × 6.10	15	NA
28 × 28	8.53 × 8.53	30	NA
30 × 30	9.14 × 9.14	34	NA
40 × 40	12.2 × 12.2	60	15
45 × 45	13.7 × 13.7	75	19
50 × 50	15.2 × 15.2	94	30
54 × 54	16.5 × 16.5	110	30
55 × 55	16.8 × 16.8	115	30
60 × 60	18.3 × 18.3	135	30
63 × 63	19.2 × 19.2	150	37
68 × 68	20.7 × 20.7	177	43
70 × 70	21.3 × 21.3	184	60
80 × 80	24.4 × 24.4	240	60
90 × 90	27.4 × 27.4	304	95
100 × 100	30.5 × 30.5	375	95
110 × 110	33.5 × 33.5	455	135
120 × 120	36.6 × 36.6	540	135
130 × 130	39.6 × 39.6	635	185

NA: No aceptable

Figura 9. Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visible montados sobre pared

Tamaño máximo de la sala		Altura máxima del lente*		Salida luminica mínima requerida (intensidad efectiva); una luz (cd)
En pies	En m	En pies	En m	
20 × 20	6.1 × 6.1	10	3.0	15
30 × 30	9.1 × 9.1	10	3.0	30
40 × 40	12.2 × 12.2	10	3.0	60
44 × 44	13.4 × 13.4	10	3.0	75
20 × 20	6.1 × 6.1	20	6.1	30
30 × 30	9.1 × 9.1	20	6.1	45
44 × 44	13.4 × 13.4	20	6.1	75
46 × 46	14.0 × 14.0	20	6.1	80
20 × 20	6.1 × 6.1	30	9.1	55
30 × 30	9.1 × 9.1	30	9.1	75
50 × 50	15.2 × 15.2	30	9.1	95
53 × 53	16.2 × 16.2	30	9.1	110
55 × 55	16.8 × 16.8	30	9.1	115
59 × 59	18.0 × 18.0	30	9.1	135
63 × 63	19.2 × 19.2	30	9.1	150
68 × 68	20.7 × 20.7	30	9.1	177
70 × 70	21.3 × 21.3	30	9.1	185

*Esto no excluye montar lentes a alturas más bajas.

Figura 10. Espaciamiento en salas para aparatos visibles montados sobre cielorrasos

2.2 Enfoque conceptual

Detector: “Dispositivo provisto de un sensor que responde a un estímulo físico como el gas, el calor o el humo” (NFPA72,2016).

Circuito de los dispositivos iniciadores (IDC): “Circuito al que se conectan los dispositivos iniciadores automáticos o manuales donde la señal recibida no identificada el dispositivo individual que se ha puesto en funcionamiento” (NFPA72,2016).

Líquido inflamable: “Cualquier líquido que tiene un punto de inflamación de copa cerrada igual o por debajo de 37.8° C” (NFPA11,2016).

Espuma: “Es un agregado estable de burbujas de densidad menor que el aceite o agua” (NFPA11, 2016).

Concentrado de espuma: “Agente líquido espumante” (NFPA11, 2016).

Monitor: “Aparato que descarga un chorro grande de espuma” (NFPA11, 2016)

Boquilla de auto- inducción: “Dispositivo que incluye un Venturi para extraer concentrado de espuma a través de un tubo conectado al contenedor de concentrado” (NFPA11, 2016).

2.3 Enfoque legal

Actualmente Colombia cuenta con un reglamento el cual trata entre otros temas lo referente a los sistemas de protección contra incendios, el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10) en sus Títulos J y K, menciona los requisitos mínimos que deben cumplir los sistemas de protección contra incendios de las edificaciones dentro del territorio nacional. Asimismo, la NSR-10, clasifica a las edificaciones según su actividad y partiendo de ello establece los estándares mínimos que deben cumplir, todo esto con el objetivo de según la (NSR-10, 2010).

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

Por otro lado, este reglamento se encuentra vigente en todo el territorio nacional desde el 15 de julio de 2010 tal y como lo menciona el decreto 926 de 2010, y en el cual también se hace referencia que todas aquellos que soliciten licencias de construcción después de entrar en vigencia el decreto deben acogerse a los requisitos plasmados en la NSR-10.

Capítulo 3. Informe de cumplimiento de resultados

3.1 Presentación de resultados

3.1.1 Normas internacionales NFPA que rigen los sistemas de protección contra incendios. Todas las partes constituyentes de un sistema de protección contra incendios, así como algunos documentos teórico técnicos que facilitan los procesos de diseño y entendimiento de los sistemas de protección contra incendios son abarcados por la NFPA. Existe una gran cantidad de publicaciones para distintas aplicaciones, debido a la extensa cantidad de publicaciones en la tabla 3 solo se encontrarán las más utilizadas, además de su objetivo.

Tabla 3.

Los códigos de la NFPA más utilizados y sus respectivos alcances

Código de la NFPA	Objetivo
NFPA20	Esta norma trata lo relativo a la selección e instalación de bombas que suministran líquido a sistemas privados de protección contra incendios (NFPA20,2013)
NFPA70	Este código cubre la instalación de conductores, equipos y canalizaciones eléctricas. Además de conductores, equipos y canalizaciones de comunicación y señalización y cables y canalización de fibra óptica (NFPA70,2014)
NFPA72	Cubre la aplicación, instalación, ubicación, desempeño, inspección, prueba y mantenimiento de los sistemas de alarma de incendio, sistemas de alarma de estación de supervisión, sistemas públicos de reporte de alarma de emergencia, equipos de advertencia de incendio y equipos de comunicaciones de emergencia y sus componentes (NFPA72,2016)
NFPA13	Esta norma establece los requisitos mínimos para el diseño e instalación de sistemas automáticos de rociadores y de sistemas de rociadores para protección contra explosiones (NFPA13,2019)

NFPA11	Esta norma cubre el diseño, instalación, operación, prueba y mantenimiento de sistemas de espuma de baja, media y alta expansión y aire comprimido para la protección contra incendios (NFPA11,2016)
NFPA550	Esta guía describe la estructura, aplicación y limitaciones del árbol de decisiones para la seguridad contra incendios (NFPA550,2007)
NFPA75	Esta norma incluye los requisitos para la protección del equipamiento de tecnología de la información y de las áreas para los equipos de tecnología de la información (NFPA75,2013)
NFPA170	Esta norma presenta símbolos usados para la seguridad contra incendios, emergencia y riesgos asociados (NFPA170,2009)
NFPA400	Como se indica en la (NFPA400,2010) este código se aplica al almacenamiento, uso y manejo de Nitrato de amonio Sólidos y líquidos corrosivos Sólidos inflamables Formulaciones de peróxido orgánico Oxidantes – sólidos y líquidos Sólidos y líquidos pirofóricos Sólidos y líquidos tóxicos Sólidos y líquidos reactivos Sólidos y líquidos que reaccionan con el agua
NFPA10	Las disposiciones de esta norma se aplican a la selección, instalación, inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática de extintores portátiles y agentes extintores clase D (NFPA10,2018)
NFPA14	El propósito de esta norma es proveer un razonable grado de protección para la vida y propiedad del fuego a través de la instalación de requisitos para sistemas de tuberías verticales y mangueras basado en sanos principios de ingeniería, información de prueba y experiencia de campo (NFPA14,2013)
NFPA22	Esta norma describe los requerimientos mínimos para el diseño, construcción, instalación y mantenimiento de tanques y equipamientos accesorios que suministran agua para la protección contra incendios privada (NFPA22,2018)
NFPA25	Este documento establece los requisitos mínimos para la inspección, prueba y mantenimiento periódico de los sistemas hidráulicos de protección contra incendios y para las acciones que van a implementarse cuando se planifiquen o identifiquen cambios en la ocupación, uso, proceso, materiales, riesgo o suministro de agua que

	potencialmente tengan impacto en el desempeño del sistema hidráulico (NFPA25,2017)
NFPA30	Este código se aplica al almacenamiento, manejo y uso de líquidos inflamables y combustibles. Este código aplica a cualquier liquido con punto de fusión de 37.8°C o mayor (NFPA30,2015)
NFPA231	Este documento se aplica al almacenamiento de materiales que representan la amplia gama de combustibles de hasta 30 pies de altura en edificios protegidos por rociadores automáticos (NFPA231,1998) Como lo indica la (NFPA120, 2015) Esta norma cubrirá los requisitos mínimos para reducir la pérdida de vidas y propiedades por incendios y explosiones en Minas de carbón bituminosas subterráneas
NFPA120	Plantas de preparación de carbón para envío Construcciones en superficie e instalaciones asociadas a la extracción y preparación de carbón Minas de carbón y lignito en superficie

(Pasante, 2019).

3.1.2 Consideraciones de diseño del sistema del sistema de extinción. Aunque los sistemas de protección contra incendios son similares, cada proyecto representa un reto diferente debido a las condiciones de cada uno de los lugares y procesos a salvaguardar, así pues, las condiciones de diseño varían. Como se vio en el enfoque referencial en la figura 3 los SCI tienen dos objetivos prevención de la ignición o control de la magnitud del incendio, para este caso se desarrolló una ingeniería contra incendios cuyo objetivo principal es controlar la magnitud del incendio en caso de que se gestara un incendio.

Durante el periodo de pasantías se llevó a cabo la actualización de una ingeniería de protección contra incendios de las plantas mostradas en las figuras 11 y 12, las cuales hacen parte de un campo de producción de petrolero el cual cuenta con varios pozos de donde se extrae crudo y se transporta mediante tubería hasta la planta mostrada en la figura 11, donde se realizan

procesos para separar el petróleo, agua y gas del fluido extraído, una vez el crudo es deshidratado es transportado nuevamente mediante tubería hasta la planta de almacenamiento mostrada en la figura 12. Las plantas tienen una serie de equipos que posibilitan los procesos para las cuales están destinadas, pero en este informe solo nos centraremos en los equipos que se tuvieron en cuenta en esta actualización de ingeniería, dichos equipos están numerados en las figuras 11 y 12 y descritos en la tabla 4. Además, se realizó la implementación del sistema contra incendios para el área administrativa del campo de producción de petróleo la cual es mostrada en la figura 13 esta área cuenta con tres zonas mostradas en la figura 13 y descritas en la tabla 5, después de la visita a campo se concluyó que en esta zona no hace presencia algún combustible potencialmente peligroso, por ende, se planteó la utilización de extintores como medio extintor y cuyo plano de ubicación se puede ver en el anexo 1, además se propuso implementar un sistema de detección y alarma para esta zona con el fin de alertar a los ocupantes del lugar sobre la presencia de condiciones anormales.

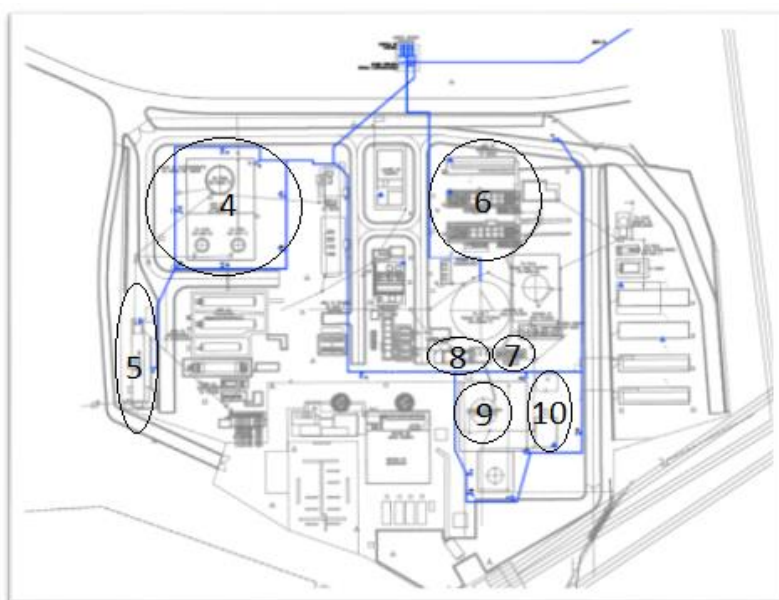


Figura 11. Área de separación del fluido extraído de pozos (Pasante, 2019)



Figura 12. Área de almacenamiento de crudo (Google, s.f)



Figura 13. Área administrativa de alojamiento y recreación (Google, s.f)

Tabla 4

Equipos tenidos en cuenta en la actualización del sistema de protección contra incendios de las plantas mostradas en la figuras 11 y 12

<u>Numeración del equipo en las figuras 11 y 12</u>	<u>Descripción del equipo</u>
1	Tanque de almacenamiento de crudo de 50000 Barriles
2	Tanque de almacenamiento de crudo de 50000 Barriles
3	Tanque de almacenamiento de crudo de 50000 Barriles
4	Tanques de almacenamiento de crudo de 5000 Barriles
5	Separador API
6	Generadores de vapor
7	Celdas de flotación
8	Bombas Booster
9	Tanque desnatador
10	Scrubber

(Pasante, 2019).

Tabla 5

Áreas de la zona administrativa del campo de producción de petróleo

<u>Color de que limita la zona</u>	<u>Descripción de la zona</u>
Amarillo	Área administrativa, desde este lugar se coordinan todas las actividades a realizar en el campo, y predominan las oficinas y salas de reunión
Azul	Área de recreación, esta zona cuenta con cocina y comedor además de áreas de recreación como piscina, gimnasio entre otras áreas de juego
Rojo	Área de alojamiento, esta zona consta de una habitaciones destinadas al alojamiento de algunos operarios del campo

(Pasante, 2019).

Luego de identificar los equipos que se iban a considerar en la realización del proyecto y los cuales están listados en la tabla 4, se inició con la aplicación de los parámetros de diseño que se resumen en el diagrama de flujo mostrado en la figura 14, donde se inicia con la identificación de los combustibles presentes en las zonas identificadas y numeradas en las figuras 11 y 12 así pues, se concluyó que los combustibles potencialmente peligrosos que hacen presencia en la zona son crudo y gas producido. Posteriormente se inicia con la etapa de determinación de la forma de almacenamiento de los combustibles y de esta etapa se concluye que el crudo es almacenado en taques de techo flotante mostrados en la figura 12, y que, además los equipos distintos a los tanques y relacionados en la tabla 4 se deben tratar como áreas no represadas

debido a que no cuentan con diques de contención en caso de derrame, esto se concluye gracias a un levantamiento realizado en campo y a un análisis de consecuencias realizado a la planta y suministrado por los encargados de ella.

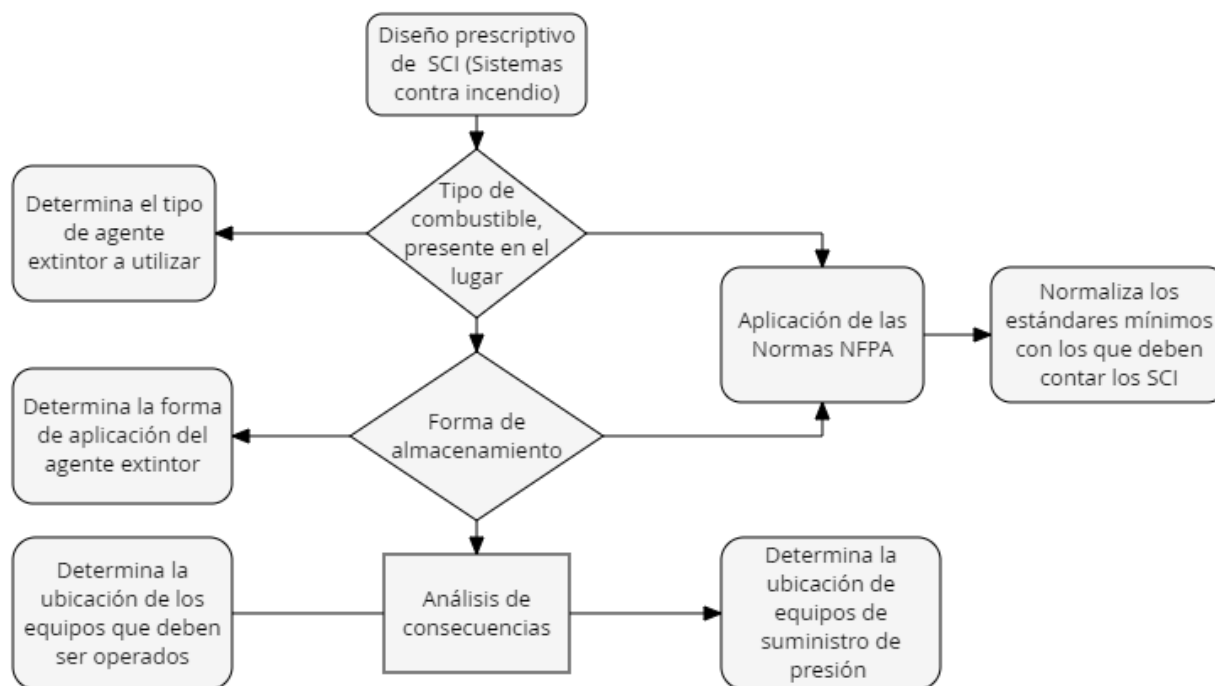


Figura 14. Diagrama de flujo de los pasos llevados a cabo para la realización de diseños de SCI (Pasante, 2019).

Como se evidencia en el diagrama de flujo mostrado en la figura 14, los pilares fundamentales del diseño de SCI son la identificación de combustibles, los cuales determinan el tipo de agente extintor que debe utilizarse para controlar la magnitud del incendio y el tipo de almacenamiento el cual determina el método de aplicación del agente extintor, para este caso en particular debido a que los combustibles son gases y líquidos inflamables se debe aplicar un agente extintor denominado espuma y cuyos métodos de aplicación y selección están regidos

por el estándar internacional NFPA11 como se verá más adelante en este documento en el apartado denominado **tipos de espumas y sus aplicaciones**.

Por otro lado, uno de los parámetros fundamentales que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar el diseño de un SCI es el análisis consecuencias debido a que éste determina el posicionamiento de los equipos que deben ser operados en caso de presentarse una emergencia. ¿Pero que es un análisis de consecuencias?, un análisis de consecuencias es una evaluación realizada a los equipos y procesos que representen riesgo de incendio, dichos equipos se seleccionan con base a las condiciones de operación y al proceso que realiza, para el análisis se realizan simulaciones sobre el comportamiento del incendio, para este proyecto se tuvo en cuenta el análisis de consecuencia suministrado por el cliente y en el cual se evaluaron dos casos; cuando el incendio es de tipo Jet Fire o un Pool Fire, el análisis de consecuencias se realizó con la ayuda del software PHAST. Así pues, los análisis de consecuencias son la base técnica para el posicionamiento de equipos que deben ser operados, debido a que si estos se sitúan dentro de un radio en el que la energía térmica supere los 5Kw sobre metro cuadrado los operarios podrían sufrir graves quemaduras. El análisis de consecuencias muestra cada equipo con sus radios de afectación tal y como se ve en la figura 15 y donde las circunferencias concéntricas de colores limitan las áreas de acuerdo a la radiación del área, la radiación térmica de cada zona para este caso puede verse en la figura 16.

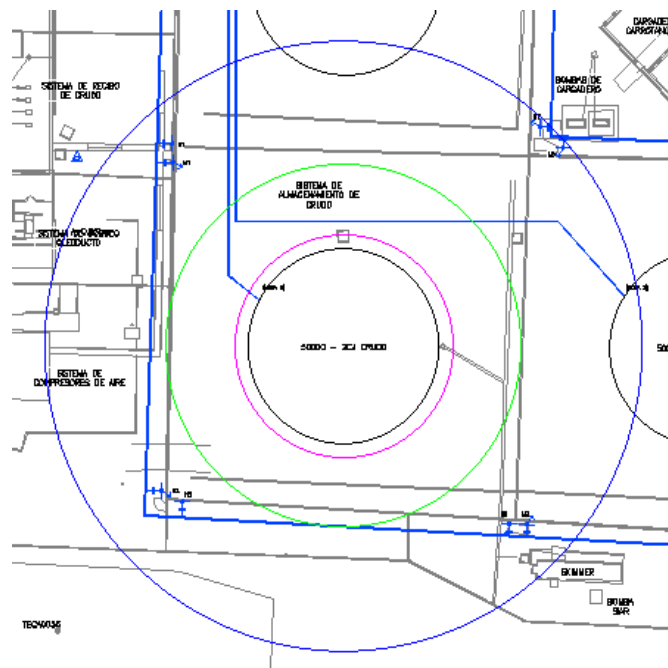


Figura 15. Esquema de afectación del incendio para uno de los tanques de almacenamiento (Kraff, 2019)

R	RADIACIÓN TÉRMICA (Kw/m ²)	DISTANCIA (m)	DESCRIPCIÓN DE AFECTACIÓN PERSONAS Y EQUIPOS
	$R \geq 37,5$	-	Zona de probabilidad del 100% de letalidad por exposición a radiación. Intensidad suficiente para causar daño a equipos de proceso.
	$9,5 < R < 37,5$	18	Zona de probabilidad mayor al 50% de letalidad para tiempos de exposición mayores de 30 segundos. Se requiere refrigeración permanente y continua, protección pasiva para todo equipo ubicado dentro de esta zona y es obligatorio que la tubería del sistema contra incendio esté enterrada en esta zona.
	$5 < R < 9,5$	27	Zona límite de probabilidad de 1% de muerte para tiempos de exposición mayores de 30 segundos. Se requiere refrigeración controlada e intermitente de equipos (tanques y vasijas).
	$1,6 < R < 5$	44	Tiempo de exposición máximo de tres (3) minutos sin ropa de protección adecuada. Quemaduras de primer grado después de 120 segundos de exposición. Zona límite de intensidad calórica en áreas donde pueden emplearse acciones de emergencia que duren hasta varios minutos por personal con ropa adecuada. Permite la ubicación de hidrantes monitores y demás elementos contra incendio que requieran atención no permanente.
	$R \leq 1,6$	74	Zona segura para efectos de exposición prolongada a radiación térmica, no se requiere que el personal de operaciones use traje de bomberos. Zona exterior que corresponde al área para establecer los cordones de protección, ubicar la casa de bombas y proporcioadores contra incendio.

Figura 16. Radios de afectación del escenario mostrado en la figura anterior (Kraff, 2019).

3.1.3 Consideraciones de diseño para los sistemas de detección y alarma de incendios

Los sistemas de detección y alarma de incendio es un sistema que detecta y anuncia de manera manual y/o automática sobre la presencia de un incendio, los pasos llevados a cabo para su diseño se muestran en el diagrama de flujo mostrado en la figura 17.

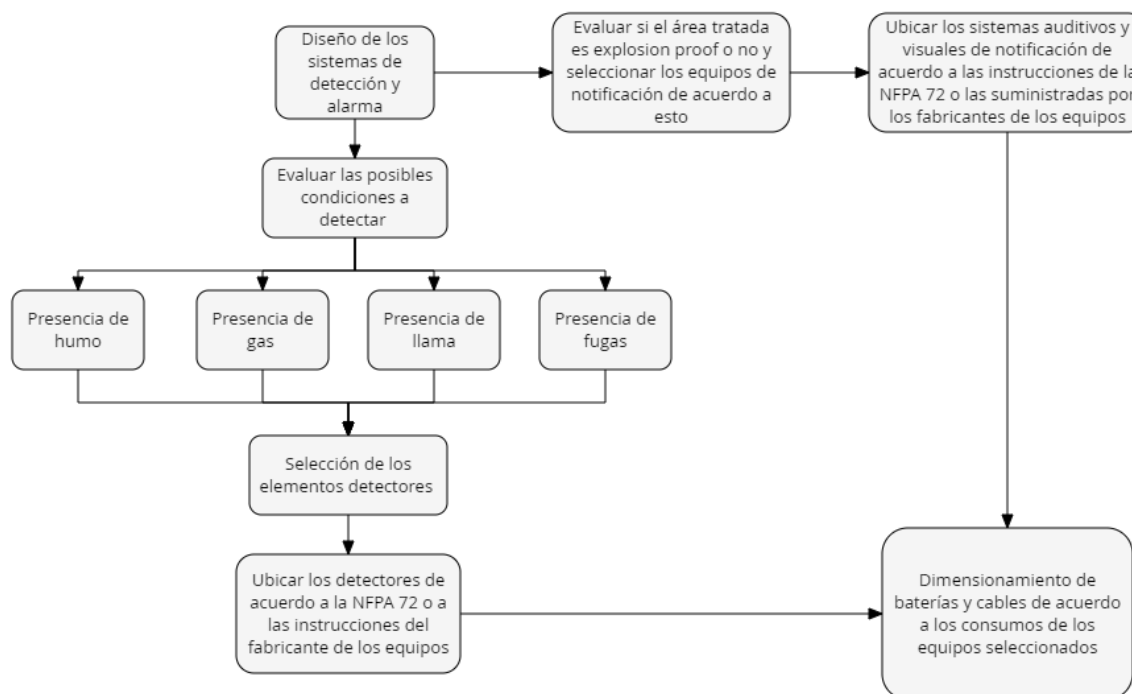


Figura 17. Diagrama de flujo de los pasos llevados a cabo para el diseño del sistema de detección y alarma de incendios.

Para esta ingeniería se determinó de acuerdo a la experticia de los encargados del proyecto que las condiciones a detectar serían la presencia de llama en los tanques de almacenamiento de crudo y la presencia de humo en oficinas y áreas comunes, además se identificó a través del análisis de consecuencia y la visita a campo cuáles eran las zonas clasificadas o explosion Proof y cuáles no, así pues, se determinó que las plantas mostradas en las figuras 11 y 12 están

clasificadas como áreas peligrosas o explosion proof debido a la alta concentración de gases inflamables que podrían tener la atmosfera de estos lugares en algún momento determinado, además se determinó que el área administrativa la cual es mostrada en la figura 13 se trata de un área no peligrosa debido a que no hay ningún tipo de líquido o gas combustible cerca, una vez clasificadas las áreas como peligrosas o no se procedió con la selección de los equipos tanto de activación como de notificación a utilizar y los cuales debían tener un cerramiento NEMA 4X si se utilizarían en las plantas de tratamiento y almacenamiento de crudo o NEMA 2 si los equipos se implementarían en el área administrativa.

Después de la selección de equipos a utilizar se procedió con la ubicación de estos, pero antes de ver los criterios de ubicación de los equipos se debe tener en cuenta que los sistemas de detección y alarma deben contar según la NFPA72 tanto con dispositivos de activación automática como dispositivos activación manual del sistema, así pues, los elementos de activación automática para este proyecto fueron detectores de humo y llama mientras que los dispositivos de activación manual fueron estaciones manuales de alarma o botones ubicados en los cuartos de control. Para la mayoría de equipos del sistema de detección y alarma utilizados dentro de esta ingeniería se tienen especificaciones de instalación dentro de la NFPA 72 y para los equipos que no cuentan con especificaciones de ubicación dentro de este estándar se hace necesario buscar la información de instalación suministrada por el fabricante a través de los manuales de instalación, a continuación se describen los criterios de ubicación de los distintos equipos tanto de detección como de alarma utilizados en este proyecto.

3.1.3.1 Ubicación de estaciones manuales de alarma según el estándar internacional (NFPA72, 2016). Según el apartado 17.14 de estándar internacional (NFPA72, 2016), las estaciones manuales de alarma deben estar a una distancia entre 1.07m y 1.22m desde el piso terminado, además deben ser ubicadas de tal modo que la distancia recorrida entre cada estación manual de alarma no supere los 61m.

3.1.3.2 Ubicación de equipos de notificación auditiva según el estándar internacional (NFPA72, 2016). Los aparatos de notificación auditiva según lo descrito en el apartado 18.4.8 de estándar (NFPA2, 2016) deben ser montados sobre la pared con alturas no menores a 2.29m desde el piso y desde el cielorraso el equipo debe tener una distancia no inferior a 150mm, además se debe tener en cuenta que los decibeles del equipo deben estar 10 Db por encima de los Db promedios del lugar donde se instalara.

3.1.3.3 Ubicación de detectores de humo de tipo puntual según el estándar internacional (NFPA72, 2016). Según lo descrito en la sección 17.7.3 de la (NFPA72, 2016) los detectores de humo de tipo puntual deben ser ubicados sobre el cielorraso y cuya distancia entre detectores de humo no debe exceder un espaciamiento nominal de 9.1m o 4.5m entre un detector y las paredes.

3.1.3.4 Ubicación de equipos de notificación visual según el estándar internacional (NFPA72, 2016). Para la selección de estos equipos se deben tener en cuenta las dimensiones de los recintos donde se van a ubicar y de acuerdo a esto y mediante la utilización de las tablas mostradas en las figuras 18 y 19 se determinan las candelas con las que debe contar el equipo para que el área este bien cubierta, además se debe tener en cuenta que el posicionamiento de los equipos montados sobre pared debe ser de la forma mostrada en la figura 20.

Tamaño máximo de la sala		Salida lumínica mínima requerida [intensidad efectiva (en CD)]	
		Una luz por sala	Cuatro luces por sala (una luz por pared)
En pies	En m		
20 × 20	6.10 × 6.10	15	NA
28 × 28	8.53 × 8.53	30	NA
30 × 30	9.14 × 9.14	34	NA
40 × 40	12.2 × 12.2	60	15
45 × 45	13.7 × 13.7	75	19
50 × 50	15.2 × 15.2	94	30
54 × 54	16.5 × 16.5	110	30
55 × 55	16.8 × 16.8	115	30
60 × 60	18.3 × 18.3	135	30
63 × 63	19.2 × 19.2	150	37
68 × 68	20.7 × 20.7	177	43
70 × 70	21.3 × 21.3	184	60
80 × 80	24.4 × 24.4	240	60
90 × 90	27.4 × 27.4	304	95
100 × 100	30.5 × 30.5	375	95
110 × 110	33.5 × 33.5	455	135
120 × 120	36.6 × 36.6	540	135
130 × 130	39.6 × 39.6	635	185

NA: No aceptable

Figura 18. *Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visible montados sobre pared, (NFPA72, 2016).*

Tamaño máximo de la sala		Altura máxima del lente*		Salida lumínica mínima requerida (intensidad efectiva); una luz (cd)
En pies	En m	En pies	En m	
20 × 20	6.1 × 6.1	10	3.0	15
30 × 30	9.1 × 9.1	10	3.0	30
40 × 40	12.2 × 12.2	10	3.0	60
44 × 44	13.4 × 13.4	10	3.0	75
20 × 20	6.1 × 6.1	20	6.1	30
30 × 30	9.1 × 9.1	20	6.1	45
44 × 44	13.4 × 13.4	20	6.1	75
46 × 46	14.0 × 14.0	20	6.1	80
20 × 20	6.1 × 6.1	30	9.1	55
30 × 30	9.1 × 9.1	30	9.1	75
50 × 50	15.2 × 15.2	30	9.1	95
53 × 53	16.2 × 16.2	30	9.1	110
55 × 55	16.8 × 16.8	30	9.1	115
59 × 59	18.0 × 18.0	30	9.1	135
63 × 63	19.2 × 19.2	30	9.1	150
68 × 68	20.7 × 20.7	30	9.1	177
70 × 70	21.3 × 21.3	30	9.1	185

*Esto no excluye montar lentes a alturas más bajas.

Figura 19. *Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visibles montados sobre cielorrasos, (NFPA72, 2016).*

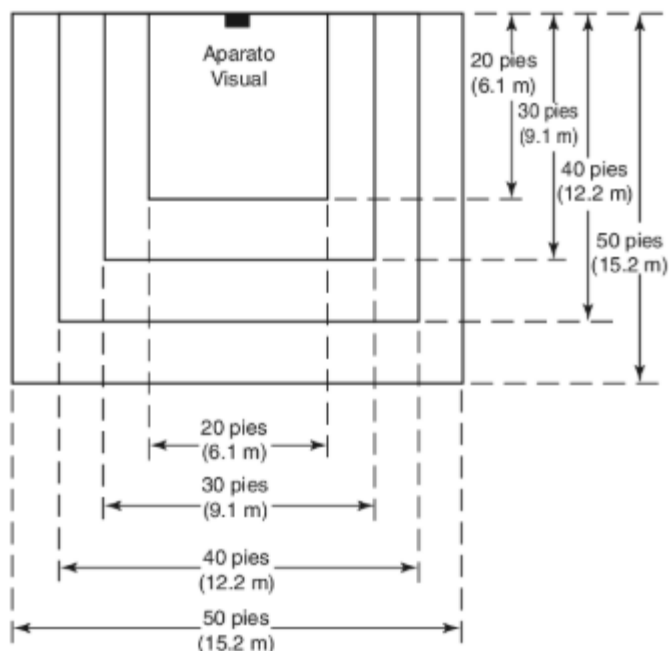


Figura 20. *Espaciamiento en salas para aparatos visuales montados sobre pared, (NFPA72, 2016).*

Después de seleccionar y ubicar los equipos pertenecientes al sistema de detección y alarma debe hacerse el dimensionamiento de baterías y cables para garantizar los voltajes requeridos por cada equipo y de este modo garantizar la funcionalidad del sistema, estos dimensionamientos se verán más adelante dentro de este documento.

3.1.4 Simbología requerida por la NFPA, para los sistemas de protección contra incendios. Todo lo referente a la simbología que debe aplicarse a los sistemas de protección contra incendios se encuentra plasmado en el estándar internacional NFPA170, dentro de este documento se encuentra una gran variedad de símbolos para distintas aplicaciones, pero en este informe, solo se hará referencia a aquellos símbolos aplicables a dibujos de sistemas hidráulicos los cuales son los mostrados y explicados en las figuras 21, 22, 23, 24, 25 ,26 y a los símbolos aplicables a dibujos

electrónicos de detección y que son mostrados y explicados en las figuras 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39,40, 41 y 42.







	Pipe elbow up or down	Height on either side indicated by pipe height tags
	Pipe tee up or down	Height of crossed pipes indicated by pipe height tags
	Valves (general)	Basic shape; indicate valve size
	Valve in pit	Indicate valve size
	Post-indicator valve	Indicate valve size
	Key-operated valve	Indicate valve size

Figura 21. Símbolos para suministro y distribución de agua, 2 de 6 (NFPA170, 2018)










Symbol	Description	Comments
	OS&Y valve (outside screw and yoke, rising stem)	Indicate valve size
	Indicating butterfly valve	Indicate valve size
	Nonindicating valve (nonrising-stem valve)	Indicate valve size
	Check valve	Basic shape; indicate valve size, direction of flow
	Backflow preventer — double check type	Also referred to as a double check valve assembly
	Backflow preventer — reduced pressure zone (RPZ) type	
	Pressure-regulating valve	
	Pressure relief valve	
	Float valve	

Figura 22. Símbolos para suministro y distribución de agua, 3 de 6 (NFPA170, 2018)






	Meter	Indicate type
	Private hydrant, one hose outlet	Indicate size, type of thread, or connection
	Public hydrant, two hose outlets	Indicate size, type of thread, or connection
	Public hydrant, two hose outlets and pumper connection	Indicate size, type of thread, or connection
	Wall hydrant, two hose outlets	Indicate size, type of thread, or connection

Figura 23. Símbolos para suministro y distribución de agua, 4 de 6 (NFPA170, 2018)



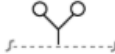


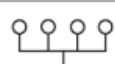



Symbol	Description	Comments
	Private housed hydrant, two hose outlets	Indicate size, type of thread, or connection
	Single fire department connection	Specify type, size, thread, and angle
	Siamese fire department connection	Specify type, size, and angle
	Wall flush 2 inlet fire department connection	Specify type, size, and connections
	Wall flush 3 inlet fire department connection	Specify type, size, and connections
	Wall flush 4 inlet fire department connection	Specify type, size, and connections
	Freestanding siamese fire department connection	Sidewalk or pit type; specify size
	Freestanding 3 inlet fire department connection	Specify type, size, and connections
	Freestanding 4 inlet fire department connection	Specify type, size, and connections

Figura 24. Símbolos para suministro y distribución de agua, 5 de 6 (NFPA170, 2018)




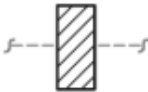



	Fire pump with driver	Specify driver type and rated capacity
	Freestanding test header	Freestanding; specify number and sizes of outlets
	Wall-mounted test header	Wall; specify number and sizes of outlets
	Screen/strainer	
	Riser air compressor	Specify size
	Tank air compressor	Specify size
	Tank nitrogen generator	Specify size

Figura 25. Símbolos para suministro y distribución de agua, 6 de 6 (NFPA170, 2018)










Symbol	Description	Comments
	Fire-fighting equipment	Basic shape
	CO ₂ reel station	
	Dry chemical reel station	
	Fire hose valve connection	Specify thread size
	Foam reel station	
	Hose station, dry standpipe	
	Hose station, wet standpipe	
	Monitor nozzle, dry	Specify orifice size
	Monitor nozzle, charged	Specify orifice size

Figura 26. Símbolos para equipamientos contra incendios, (NFPA170, 2018).













Symbol	Description
	Basic shape
	Amplifier rack
	Area of refuge emergency communication system — master unit
	Area of refuge emergency communication system — remote unit
	Autonomous control unit
	Battery cabinet
	Cathode ray tube
	Control panel for heating (H), ventilation (V), air conditioning (AC), exhaust (E), stairwell pressurization (P)
	Digital alarm communicator receiver
	Digital alarm communicator transmitter
	Elevator status/recall
	Emergency communications control unit

Figura 27. Símbolos para unidades de control, 1 de 4 (NFPA170, 2018).















Symbol	Description
	Fire alarm annunciator
	Fire alarm communicator
	Fire alarm control panel (legacy symbol for FACU)
	Fire alarm control unit; include a 'D' subscript if it is a dedicated unit
	Fire alarm terminal cabinet
	Fire alarm transponder n = transponder number
	Fire fighter interface
	Fire suppression control panel (legacy symbol for FSCU) xx denotes suppression type
	Fire suppression control unit xx denotes suppression type
	Graphic annunciator panel
	LCD annunciator/display
	Master fire alarm control unit
	Notification circuit power booster, extender panel n = unit number
	Power panel

Figura 28. Símbolos para unidades de control, 2 de 4 (NFPA170, 2018).

PRE	Pre-action system/control unit
PRN	Printer
PPCU	Protected premises control unit (local)
PP	Purge panel
RP	Relay panel
RSFACU	Releasing service fire alarm control unit
MIC	Remote voice evacuation microphone
EVAC _n	Remotely located evacuation amplifier cabinet
SAP	Sprinkler alarm panel
UPS	Uninterruptible power supply

Figura 29. Símbolos para unidades de control, 3 de 4 (NFPA170, 2018).

Symbol	Description
EVAC	Voice evacuation control unit
WCU	Wireless control unit
Fire Suppression/Releasing Service Control Unit Types:	
RSFACU _A	Aerosol
RSFACU _{CO₂}	Carbon dioxide
RSFACU _{CA}	Clean agent
RSFACU _{DL}	Deluge fire sprinkler
RSFACU _{DC}	Dry chemical
FACI	Fire alarm control interface
FPC	Fire pump controller
RSFACU _{FO}	Foam
RSFACU _{HL}	Halon
MNS	Mass notification system interface
OCU	Operating control unit

Figura 30. Símbolos para unidades de control, 4 de 4 (NFPA170, 2018).













Symbol	Description
Abort Switch Types:	
	Abort switch — basic shape
	Abort switch
	Aerosol release abort station
	Clean agent
	Deluge fire sprinkler
	Dry chemical
	Foam
	Halon
	Manual releasing station
	Preaction
	Water mist
	Wet chemical

Figura 31. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 1 de 9 (NFPA170, 2018).





Addressable Modules:	
	Addressable input monitor module
	Addressable input/output module; # denotes number of inputs and outputs
	Addressable output control module
	Isolation module

Figura 32. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 2 de 9 (NFPA170, 2018).







Symbol	Description
Automatic Detection Type:	
	Automatic detection and supervisory devices — basic shape
Flame Detection Types:	
	Flame detector basic shape XX = detection type
	Combination ultraviolet/infrared
	Infrared detector
	Ultraviolet detector
	Visible radiation detector

Figura 33. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 3 de 9 (NFPA170, 2018.)











Gas Detection Types:	
	Gas detector/sensor basic shape XX = gas type
	Carbon dioxide detector
	Carbon monoxide detector
	Hydrogen chloride detector
	Methane detector
Heat Detection Types:	
	Heat detector/sensor — XX = type basic shape
	Combination rate of rise/fixed temperature
	Fixed temperature
	Heat detector — line type
	Heat detector/sensor (thermal detection)

Figura 34. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 4 de 9 (NFPA170, 2018.)















Symbol	Description
	Rate compensation
	Rate of rise only
Interface and Supervisory Devices:	
	End of line device — capacitor
	End of line device — diode
	End of line device — relay
	End of line device — resistor
	Flow detector/switch
	High temperature switch
	Level detector/switch
	Low temperature switch
	Main/reserve
	Maintenance/disconnect switch
	Non-addressable output relay
	Pressure detector/switch

Figura 35. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 5 de 9 (NFPA170, 2018).








	Solenoid valve
	Supervised solenoid valve
	Surge suppressor
	Temperature supervisory switch
	Transfer switch — automatic with handle
	Transfer switch — manual with handle
	Valve supervisory switch

Figura 36. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 6 de 9 (NFPA170, 2018).

















Symbol	Description
	Valve with integral supervisory switch
	Water detector
Manual Fire Alarm Box Types:	
	Manual station — basic shape
	Aerosol
	Carbon dioxide
	Clean agent
	Deluge fire sprinkler
	Drill key
	Dry chemical
	Fire alarm master box
	Foam
	Halon
	Preaction
	Pull station/fire alarm box
	Water mist
	Wet chemical

Figura 37. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 7 de 9 (NFPA170, 2018).






Smoke Detection/Sensor Types:	
	Smoke detector/sensor — basic shape orientation not to be changed
	Air sampling
	In duct
	Ionization
	Photoelectric

Figura 38. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 8 de 9 (NFPA170, 2018).










Symbol	Description
	Relay base
	Smoke/heat detector/carbon monoxide detector
	Smoke/heat detector/sensor combination
	Smoke alarm (single station)
	Smoke detector/sensor — beam receiver
	Smoke detector/sensor — beam transmitter
	Smoke detector/sensor — XX = type
	Smoke detector/sensor for duct
	Sounder base

Figura 39. Símbolos para dispositivos iniciadores de señal e interruptores de activación, 9 de 9 (NFPA170, 2018).










Symbol	Description
	Audible appliance — basic shape
	Bell — single stroke
	Bell — trouble
	Bell — vibrating
	Ceiling mount indicator
	Chime
	Chime — electronic
	Combination horn/visible CD = candela rating/setting
	Combination speaker/visible W = wattage CD = candela rating/setting

Figura 40. Símbolos para aplicaciones de notificación, 1 de 3 (NFPA170, 2018).







	Gong
	Horn only
	Mini-horn
	Remote alarm indicating and test switch
	Remote indicator
	Rotating beacon

Figura 41. Símbolos para aplicaciones de notificación, 2 de 3 (NFPA170, 2018)



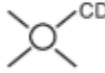
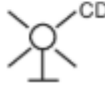
Symbol	Description
	Speaker only, ceiling mount — denote wattage tap
	Speaker only, wall mount — denote wattage tap
	Visible only (strobe) — ceiling mount CD = candela rating/setting
	Visible only (strobe) — wall mount CD = candela rating/setting

Figura 42. Símbolos para aplicaciones de notificación, 3 de 3 (NFPA170, 2018).

3.1.4 Tipos de espuma y sus aplicaciones. El estándar internacional NFPA11 clasifica las espumas de acuerdo a su expansión, la cual hace referencia a la relación entre, el volumen final de espuma y el volumen de la solución de espuma original, por otro lado, las espumas pueden clasificarse en:

3.1.4.1 Espumas de media y alta expansión. Este tipo de espumas están diseñadas para proteger incendios cuyos combustibles pueden ser, según el numeral 6.3 de la (NFPA11, 2016), los siguientes.

- Combustibles ordinarios
- Líquidos inflamables y combustibles
- Combinación de líquidos combustibles o inflamables con combustibles ordinarios
- Gas natural licuado (Solo se puede proteger mediante espuma de alta expansión)

Por otro lado, dentro de la (NFPA11, 2016) se recomienda que estos tipos de espuma no sean aplicados para proteger

- Productos químicos como nitrato de celulosa, que liberan suficiente oxígeno u otros agentes oxidantes para sustentar la combustión
- Equipos eléctricos energizados no encerrados
- Metales reactivos al agua, como el sodio, potasio, entre otros.
- Gas inflamable licuado.

Como requisito la (NFPA11, 2016) pide la inundación total con espuma de media o alta expansión y esta debe descargarse a la tasa requerida para llenar el recinto hasta un nivel efectivo por encima del peligro y antes de que se presente un grado inaceptable de daño.

3.1.4.2 Espumas de baja expansión. Este tipo de espuma tiene las siguientes aplicaciones según la (NFPA11, 2016)

- Extinción de tanques exteriores de techo fijo cónico que contienen hidrocarburos, mediante la utilización de:

- Monitores y mangueras de espuma
- Aplicación superficial con salidas fijas de espuma
- Aplicación sub-superficial (por la base)

Si se realiza extinción de tanques de techo fijo mediante equipos manuales, se debe tener en cuenta la tabla representada en la figura 43, la cual indica las tasas y tiempo de aplicación de agua espuma que debe utilizarse para la extinción mediante mangueras o monitores de tanques de techo fijo que contienen hidrocarburos.

Tipo de hidrocarburo	Tasa mínima de aplicación		Tiempo mínimo de descarga (minutos)
	L/min . m ²	gpm/pie ²	
Punto de inflamación entre 37.8°C y 60°C (100°F y 140°F)	6.5	0.16	50
Punto de inflamación menores de 37.8°C (100°F) o líquidos calentados por encima de sus puntos de inflamación	6.5	0.16	65
Petróleo crudo	6.5	0.16	65

Figura 43. Tasas y tiempos mínimos de aplicación de solución espumosa de baja expansión, para extinción mediante mangueras o monitores de tanques de techo fijo (cónico) cuyo contenido son hidrocarburos, (NFPA11, 2016).

- Extinción de tanques exteriores de techo flotante, los cuales generalmente se incendian en los sellos y cuyos métodos de extinción son:

- Salidas de descarga fijas

- Líneas de mangueras de espuma

- Monitores de espuma

Cuando se aplican las salidas de descarga fijas, sobre los sellos de tanques de techo flotante como medio de extinción, se deben cumplir los parámetros plasmados en la tabla mostrada en la figura 44, los cuales se determinan el flujo de agua espuma, el tiempo de aplicación y el espaciamiento entre salidas partiendo del tipo de sello que posee el tanque.

Tipo de cierre	Ilustración aplicable de diseño	Régimen mínimo de aplicación		Tiempo mínimo de descarga (min)	Espacio máximo entre salidas de descarga con			
		L/min·m ²	gpm/pie ²		Dique de espuma de 305 mm (12 pulg.)		Dique de espuma de 610 mm (24 pulg.)	
					m	pies	m	pies
Cierre de zapata mecánico	A	12.2	0.3	20	12.2	40	24.4	80
Cierre de tubo con protector metálico de intemperie	B	12.2	0.3	20	12.2	40	24.4	80
Sello secundario total o parcialmente combustible	C	12.2	0.3	20	12.2	40	24.4	80
Cierre secundario todo metálico	D	12.2	0.3	20	12.2	40	24.4	80

Notas: Donde las salidas fijas de descarga de espuma son instaladas sobre el tope del casco del tanque, es necesario un guardabarros para la espuma debido al efecto de los vientos.

Figura 44. Parámetros de flujo, tiempo y espaciamiento que deben cumplirse al implementar una protección mediante salidas fijas de agua espuma por encima del sello para tanques de techo flotante, (NFPA11, 2016).

Por otro lado, cuando la extinción se realiza mediante la aplicación de espuma con salidas fijas por debajo del sello, el diseño debe estar de acuerdo a la tabla representada en la figura 45, la cual indica el flujo de agua espuma, el tiempo de aplicación y el espaciamiento entre salidas partiendo del tipo de sello que posee el tanque.

Tipo de cierre	Ilustración aplicable de diseño	Régimen mínimo de aplicación		Tiempo mínimo de descarga (min)	Espacios máximos entre (salidas) de descarga
		L/min·m ²	gpm/pie ²		
Sello de zapata mecánica	A	20.4	0.5	10	39 m (130 pies) – Dique de espuma no requerido
Sello de tubo con más de 152 mm (6 pulg) entre el tope del tubo y el tope del pontón	B	20.4	0.5	10	18 m (60 pies) – Dique de espuma no requerido
Sello de tubo con menos de 152 mm (6 pulg) entre el tope del tubo y el tope del pontón	C	20.4	0.5	10	18 m (60 pies) – Se requiere dique de espuma
Cierre de tubo con descarga de espuma por debajo del sello secundario metálico*	D	20.4	0.5	10	18 m (60 pies) – No se requiere dique de espuma

*Un cierre secundario de metal es equivalente a una represa de espuma.

Figura 45. Parámetros de flujo, tiempo y espaciamiento que deben cumplirse al implementar una protección mediante salidas fijas de agua espuma por debajo del sello para tanques de techo flotante, (NFPA11, 2016).

- Extinción en áreas represadas exteriores, estas son definidas por la (NFPA11,2016) como áreas encerradas por contornos de tierra o barreras físicas que contienen un combustible hasta una altura mayor de 1 In. Para este tipo de incendio se requieren algunos de los siguientes métodos de extinción:

- Salidas de descarga de espuma a bajo nivel
- Monitores de espuma o mangueras de espuma
- Rociadores o boquillas para espuma y agua

Los tiempos de aplicación espuma para este tipo de incendio son de acuerdo a la tabla mostrada en la figura 46.

Tabla 5.7.3.2 Regímenes mínimos de aplicación y tiempos de descarga para aplicación fija de espuma sobre áreas represadas que contienen líquidos hidrocarburos.

Tipo de salidas de descarga de espuma	Régimen mínimo de aplicación		Tiempo mínimo de descarga (min)	
	L/min·m ²	Gpm/pie ²	Hidrocarburo Clase I	Hidrocarburo Clase II
Salidas de descarga de espuma a bajo nivel	4.1	0.10	30	20
Monitores de espuma	6.5	0.16	30	20

Figura 46. Régimen de descarga y tiempos de aplicación para incendios en áreas represadas, (NFPA11, 2016)

- Extinción en áreas no represadas.

Se entienden como áreas no represadas aquellas que no tienen ningún tipo de barrera de contención, por lo que el combustible se extiende descontroladamente. Para la realización del diseño del sistema de extinción para este caso es necesario tener en cuenta la tabla mostrada en la figura 47 la cual muestra los regímenes y tiempos mínimos de aplicación para distintos tipos de espuma.

Tabla 5.8.1.2 Regímenes mínimos de aplicación y tiempos de descarga para protección de incendios de derrames no represados usando boquillas o monitores de espuma portátiles.

Tipo de espuma	Régimen mínimo de aplicación		Tiempo mínimo de descarga (min)	Derrame previsto del producto
	L/min·m ²	gpm/pie ²		
Proteína y fluoroproteína	6.5	0.16	15	Hidrocarburos
AFFF, FFFP, y AFFF o FFFP resistentes al alcohol	4.1	0.10	15	Hidrocarburos
Espumas resistentes al alcohol	Consultar al fabricante sobre listados de productos específicos		15	Líquidos inflamables y combustibles que requieren espuma resistente al alcohol

Figura 47. Regímenes mínimos de aplicación y tiempos de descarga para incendios de derrames no represados, (NFPA11, 2016)

3.1.5 Realización de hojas de datos de equipos de detección, alarma y extinción. Una vez seleccionados los equipos a utilizar en la ingeniería de protección contra incendio los cuales debían cumplir con los requerimientos normativos plasmados en los estándares NFPA, las características del proyecto y las consideraciones de diseño vistas en este documento anteriormente, se procedió a la realización de las hojas de datos para las cuales se tuvieron en cuenta los datos suministrados por los fabricantes mediante manuales de instalación y datasheets, estos datos fueron agrupados en un formato suministrado por el cliente y el cual está de acuerdo a su sistema de calidad, dentro de la tabla 6 se relacionan las hojas de datos realizadas en la ingeniería de protección contra incendios y las cuales se encuentran en el anexo 2. Algunas de las hojas de datos pertenecientes al sistema de extinción solo indican los cambios que deben realizársele a equipos que fueron identificados en la visita técnica realizada a la planta y los cuales deben modificarse para que cumplan el estándar internacional NFPA.

Tabla 6

Listado de las hojas de datos realizadas para el sistema de extinción y de detección y alarma de la ingeniería de protección contra incendios desarrollada durante el periodo de pasantías

<u>Área a la que pertenece</u>	<u>Equipo</u>	<u>Código del documento</u>
Extinción	Bomba Jockey	TECA-DST-408-00-001
Extinción	Válvula de diluvio	TECA-DST-408-00-002
Extinción	Hidrante monitor de agua	TECA-DST-408-00-003
Extinción	Conversión de monitor de agua a agua espuma	TECA-DST-408-00-004
Extinción	Conversión de hidrante a hidrante monitor de agua	TECA-DST-408-00-005
Detección y alarma	Alarma visual para área clasificada	TECA-DST-608-00-001

Detección y alarma	Sistema de anunciación masiva	TECA-DST-608-00-002
Detección y alarma	Módulo relé	TECA-DST-608-00-003
Detección y alarma	Módulo de control	TECA-DST-608-00-004
Detección y alarma	Estación manual para exteriores	TECA-DST-608-00-005
Detección y alarma	Módulo de monitoreo	TECA-DST-608-00-006
Detección y alarma	Panel de control	TECA-DST-608-00-007
Detección y alarma	Módulo de descarga	TECA-DST-608-00-008
Detección y alarma	Alarma audio visual de interiores	TECA-DST-608-00-009
Detección y alarma	Detector de humo	TECA-DST-608-00-010
Detección y alarma	Estación manual de alarma para interiores	TECA-DST-608-00-011
Detección y alarma	Alarma sonora para área clasificada	TECA-DST-608-00-012
Detección y alarma	Botones	TECA-DST-608-00-013
Detección y alarma	Detector lineal de calor	TECA-DST-608-00-014
Detección y alarma	Módulo repetidor	TECA-DST-608-00-015
Detección y alarma	Fuente de alimentación auxiliar	TECA-DST-608-00-016

Detección y alarma	Estación manual de alarma para área clasificada	TECA-DST-608-00-017
---------------------------	---	---------------------

Nota: Para algunos equipos del sistema de extinción las hojas de datos contiene la información referente a los cambios que se les deben realizar para que cumplan con los estándares plasmados en la NFPA. (Pasante, 2019).

3.1.6 Realización de especificaciones técnicas de equipos mayores y menores. Una vez los equipos son seleccionados tal y como se vio anteriormente se procede con la elaboración del documento denominado especificaciones técnicas de equipos mayores y menores, en este documento se listan todos los elementos que hacen parte del sistema y se da una descripción técnica que el elemento debe cumplir, las especificaciones técnicas contienen de acuerdo al equipo, las especificaciones requeridas para garantizar la funcionalidad del diseño y cumplir con los requisitos que cada equipo debe cumplir según el estándar NFPA. A grandes rasgos la tabla 7 muestra los datos técnicos que contiene el documento de acuerdo al elemento que se está describiendo, para esta ingeniería se realizaron dos especificaciones técnicas, una para el sistema de extinción y otra para el sistema de detección y alarma y las cuales se encuentran en el anexo 3. Además, las especificaciones técnicas, muestra de forma general la manera en que deben transportarse, instalarse y adquirirse los equipos pertenecientes al SCI.

Tabla 7

Información que debe incluirse en la especificación técnica de equipos mayores y menores de acuerdo a cada elemento del SCI,

<u>Equipo</u>	<u>Información que debe contener la especificación técnica</u>
	Listado o aprobación que debe tener para ser aplicada a SCI

	La norma ASTM que debe cumplir
Válvulas	El tipo de conexión y rating que debe tener Tipo de vástago Tipo de activación Accesorios que deben tener Otros datos que clarifiquen las características que estas deben cumplir
	Listado o aprobación que debe tener para ser aplicada a SCI
Filtros en Y	Tipo de conexión Material de fabricación Tipo de malla (Elemento filtrante) Otros datos que clarifiquen las características que estos deben cumplir
	Listado o aprobación que debe tener para ser aplicada a SCI
Bombas	Tipo de tablero controlador Tipo de Cerramiento Tipo de alimentación Características de operación Otros datos que clarifiquen las características que estas deben cumplir
	Listado o aprobación que debe tener para ser aplicada a SCI
Monitores de agua o agua espuma	Diámetros y materiales Tipo de accesorios que deben llevar Tipos de conexión Otros datos que clarifiquen las características que estas deben cumplir
	Listado o aprobación que debe tener para ser aplicada a SCI
Estaciones manuales de alarma	Cerramiento con el que debe contar Mecanismo de activación y restablecimiento Otros datos que clarifiquen las características que estas deben cumplir

Módulos	Listado o aprobación que debe tener para ser aplicada a SCI Estilo de conexión al que puede conectarse Voltaje de operación Otros datos que clarifiquen las características que estas deben cumplir
Dispositivos de notificación	Listado o aprobación que debe tener para ser aplicada a SCI Cerramiento con el que debe contar Voltaje de operación dB o Cd con las que debe contar Normativa que deben cumplir Otros datos que clarifiquen las características que estas deben cumplir
Cables	Listado o aprobación que debe tener para ser aplicada a SCI Calibre del conductor Materiales de los aislantes Especificación de operación (Potencia o señales) Otros datos que clarifiquen las características que estas deben cumplir

(Pasante, 2019).

3.1.7 Realización de listado de equipos y materiales. El listado de equipos y materiales contiene los ítems mostrados en el diagrama de flujo de la figura 48, para obtener estos listados primero fue necesario realizar la ubicación de equipos tal y como se vio en el apartado de parámetros de diseño, de esta actividad se obtuvieron las cantidades de equipos a utilizar, luego de esto fue necesario consultar los manuales de instalación de cada uno de los diferentes dispositivos con el fin de identificar los accesorios necesarios para la instalación de cada uno de ellos, los listados cuentan con una breve descripción técnica, además del nombre, TAG y cantidad requerida de cada equipo y/o material, toda esta información fue plasmada en formatos como el mostrado en la figura 49, para este proyecto se realizaron dos listados de materiales y equipos de los cuales uno corresponde al sistema de detección y alarma y el otro al sistema de extinción, dichos listados pueden verse en el anexo 4.

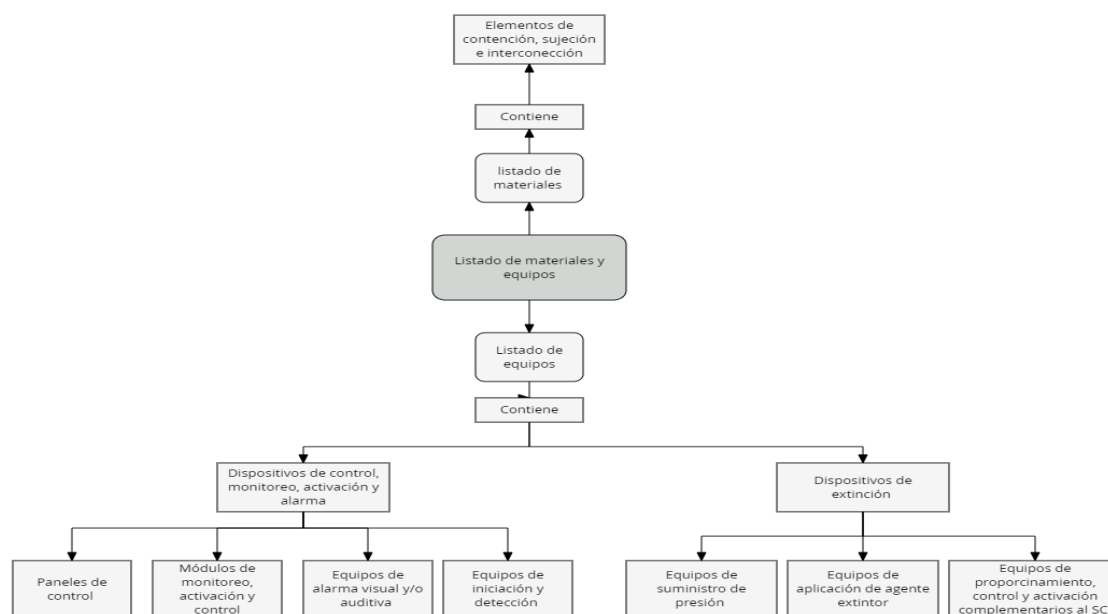


Figura 48. Ítems que contiene el listado de materiales y equipos de los SCI, (Pasante, 2019).

INGENIERÍA DETALLADA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS					
Fecha: 15-07-2019		Responsable: Proceso Operativo			Página 2 de 7
LISTADO DE MATERIALES Y EQUIPOS - MÓDULO 1 - SISTEMA DE EXTINCIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS					
1. MATERIALES					
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DIAMETRO	NOTAS
1.1 MATERIALES CASA DE BOMBAS - MÓDULO 1					
1.1.1 TUBERÍA					
1.1.1.1	m	5.6	PIPE, SCH 40 SMLS, API 5L GR B	2"	
1.1.2. CODO 90°					
1.1.2.1	Un	3	ELL, 90° LR SCH 40, ASTM A-234 GR WPB	2"	
1.1.3. CODO 45°					
1.1.3.1	Un	2	ELL, 45° LR SCH 40, ASTM A-234 GR WPB	2"	
1.1.4. UNIONES Y OTROS					
1.1.4.1	Un	1	BUTTWELDED 10"X2"NB DE ACERO AL CARBONO	10" X 2"	
1.1.4.1	Un	1	BUTTWELDED 8"X2"NB DE ACERO AL CARBONO	8" X 2"	

Figura 49. Formato suministrado por el cliente para el diligenciamiento de los listados de equipos y materiales, (Kraff, 2019)

3.1.8 Filosofía de operación del SCI. Para la realización de la filosofía de operación fue necesario conocer los procesos llevados a cabo en las distintas plantas para luego describirlos en este documento, luego de esto se estudió el análisis de consecuencias suministrado por el cliente con el fin de describir dentro de la filosofía de operación los distintos escenarios de incendio a los que se encuentran expuestas las plantas, y posteriormente se describe la forma en que se debe proceder si uno de los escenarios de incendio descritos con anterioridad se llegaron a presentar, la descripción de los pasos a seguir en caso de un eventual incendio se realiza con base al estándar NFPA y a los criterios de los diseñadores los cuales evaluaron los métodos de contrastar los distintos escenarios de incendio plasmados en el análisis de consecuencias, a manera de resumen las tablas mostradas en las figuras 50 y 51 muestran las medidas que deben tomarse a la hora de presentarse un incendio en los equipos a proteger con la implementación de este

proyecto, sin embargo, la filosofía completa desarrollada para esta ingeniería puede verse en el anexo 5

EQUIPO	EVENTO	PROTECCIÓN PROPUESTA	ACCIÓN PROPUESTA
Manifold	Pool fire	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Separador de prueba	Pool fire	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Separador FWKO SE-14010	Pool fire	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Tratadores termoelectrostáticos	Pool fire	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Bombas de crudo	Pool fire	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Bombas de crudo	Jet fire	Hidrante monitor de agua / manguera de agua	Refrigerar equipos afectados por una radiación superior a 5 kW/m^2
Scrubber	Pool fire	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Tanque de crudo limpio TK-7504	Pool fire	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Tanque de crudo limpio TK-7505	Pool fire	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Tanque TK-7506	Pool fire	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Tanque TK-7541	Pool fire	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Generador de vapor	Nube inflamable	Hidrante monitor de agua / manguera de agua	Dispersar nube de gas inflamable con agua en forma de niebla.

Figura 50. Procedimiento que se debe llevar a cabo para la supresión o control de incendios en los equipos pertenecientes a la plata de separación de crudo, agua y gas, (Pasante, 2019).

EQUIPO	EVENTO	PROTECCIÓN PROPUESTA	ACCIÓN PROPUESTA
Tanque 1CJ	Pool fire en techo	Cámaras de espuma	Abrir suministro de espuma. Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Tanque 1CJ	Pool fire en el dique	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Tanque 2CJ	Pool fire en techo	Cámaras de espuma	Abrir suministro de espuma. Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Tanque 2CJ	Pool fire en el dique	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Tanque 3CJ	Pool fire en techo	Cámaras de espuma	Abrir suministro de espuma. Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Tanque 3CJ	Pool fire en el dique	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado
Cargadero	Pool fire	Hidrante monitor de agua-espuma	Aplicar espuma contra incendios en la superficie del charco incendiado

Figura 51. *Procedimiento que se debe llevar a cabo para la supresión o control de incendios en los equipos pertenecientes a la plata de almacenamiento de crudo, (Pasante, 2019).*

3.1.9 Matriz causa efecto de detección y alarma. La matriz causa y efecto se desarrolló en el formato mostrado en la figura 52, donde en la parte del recuadro anaranjado se incluyeron todos aquellos equipos denominados iniciadores o causas y que pertenecen al grupo de equipos que se accionan manual o automáticamente para reportar una condición de alarma o de falla, por otro lado en el lugar resaltado mediante el recuadro azul se ubican todos los equipos denominados de alarma o efecto, estos son los equipos que se activan, alarman o almacenan información ante la presencia una señal proveniente del panel de control y que a su vez es producido por la alteración de alguno de los dispositivos denominados iniciadores, por último en la matriz causa efecto se encuentra el área demarcada por el circulo amarillo y donde se relacionan las causas con los efectos, en esta zona se marcan las intersecciones entre las causas y los efectos con el fin de indicar la relación causa efecto existente entre equipos a los encargados de la instalación del sistema, es decir que si entre la intersección de un equipo causa y uno efecto se encuentra un circulo indica que cualquier alteración en el equipo iniciador causara una

alteración en el equipo efecto, por otro lado, además de lo mencionado anteriormente la matriz causa y efecto se le añadió información de ubicación, descripción y TAG de cada uno de los equipos. Para este proyecto se realizaron dos matrices causa-efecto, dentro de una de ella se encuentra la relación causa-efecto del sistema de detección y alarma del área administrativa del campo, mientras que la otra muestra la relación causa efecto del sistema de detección y alarma de las plantas de tratamiento y almacenamiento de crudo del mismo campo de producción de petróleo, estos documentos pueden verse en el anexo 6.

CAUSAS				EFECTOS					
TAG	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	MÓDULO DE MONITOREO	TAG	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	MÓDULO DE CONTROL	ACCIÓN	NOTAS
BAT-001	FALLA BATERÍA	OFICINA OPERADOR Y CUARTO DE CONTROL	AIM-001	01	ALARMA EN EL TABLERO (FACP-00)	OFICINA OPERADOR Y CUARTO DE CONTROL	-	-	
BTI-001	BOTÓN, ALARMA GENERAL	OFICINA OPERADOR Y CUARTO DE CONTROL	AIM-003	02	REGISTRO HISTÓRICO MOTOR (FACP-001)	OFICINA OPERADOR Y CUARTO DE CONTROL	-	-	
STA-001	BOTÓN, PARO DE ALARMA	OFICINA OPERADOR Y CUARTO DE CONTROL	AIM-004	03	ALARMA AUDIOWEAL	OFICINA OPERADOR Y CUARTO DE CONTROL	ADM-001	ALARMAR	
BTI-002	BOTÓN, ARRANQUE BOMBA	OFICINA OPERADOR Y CUARTO DE CONTROL	AIM-005	04	SISTEMA DE ANUNCIO MIMO	OFICINA OPERADOR Y CUARTO DE CONTROL	ADM-002	ALARMAR	
DH-001	DETECTOR DE HUMO	OFICINA OPERADOR Y CUARTO DE CONTROL	N/A	05	ENCENDEDOR FUMOS	CASA DE BOMBAS	ADM-001	ACTIVAR	
DH-002	DETECTOR DE HUMO	OFICINA OPERADOR Y CUARTO DE CONTROL	N/A	06					
DH-003	DETECTOR DE HUMO	OFICINA OPERADOR Y CUARTO DE CONTROL	N/A	07					
DH-004	DETECTOR DE HUMO	OFICINA OPERADOR Y CUARTO DE CONTROL	N/A	08					

Figura 52. Esquema organizacional de la matriz causa y efecto, (pasante, 2019).

3.1.9 Cálculos de baterías y cables. El sistema de detección y alarma está constituido por una serie de dispositivos electrónicos que deben estar alimentados generalmente por una corriente eléctrica a 24 VDC, además con el objetivo de comunicar el estado de los equipos del sistema de detección y alarma se requiere la utilización de un cable de instrumentación que permita el tránsito de señales entre los equipos y el Fire Alarm Control Panel, debido a esto se implementó el dimensionamiento de baterías y cables con los objetivos de garantizar la alimentación de todos los dispositivos y de asegurar la funcionalidad del sistema.

3.1.9.1 Dimensionamiento de baterías. Para el dimensionamiento de las baterías se tuvieron en cuenta los ítems mostrados en la tabla representada en la figura 53, de los cuales los más importantes son la cantidad de equipos y los consumos de corriente de cada uno de ellos tanto en operación normal como en alarma, los cálculos de baterías se realizan con base en la (NFPA72, 2016), la cual indica que en caso de falla del sistema de alimentación AC las baterías deben ser capaz de mantener operativo el sistema, durante 24 horas en operación normal más 5 minutos en alarma. La cantidad de equipos se sacó del listado de equipos mientras que los consumos de cada elemento se obtuvieron de las hojas de datos previamente desarrolladas.

ITEM	TAG	EQUIPO	CANT.	EN OPERACIÓN NORMAL		EN ALARMA	
				CORRIENT [A]	C. TOTAL [A]	CORRIENT [A]	C. TOTAL [A]
1	VD-XXX	VÁLVULA DE DILUVIO	4	0	0	0.5	2
2	PS-XXX	PRESSURE SWITCH	4	0.002	0.008	0.022	0.088
CONSUMO TOTAL DE CORRIENTE [A]				0.008		2.088	
FACTOR DE SEGURIDAD 20% [A]				0.00960		2.50560	

CÁLCULO DE BATERÍAS	
TIEMPO EN OPERACIÓN NORMAL (24 Hrs) [Ah]	0.23040
TIEMPO EN ALARMA (0,08 Hrs) [Ah]	0.20045
CONSUMO TOTAL DE CORRIENTE (OPERACIÓN NORMAL + ALARMA) [Ah]	0.43085
TIEMPO DE CARGA DE LA BATERÍA [h]	48
REQUERIMIENTO MÍNIMO DE CARGA DE LA BATERÍA [A]	0.00898

DIMENSIONAMIENTO DE BATERÍAS	
------------------------------	--

- CAPACIDAD MÍNIMA DE LA BATERÍA = 1 Ah
- CAPACIDAD DE CARGA DE LA BATERÍA = 0,03A
- NOTA: ACTUALIZAR LOS CÁLCULOS SI LOS CONSUMOS DE LOS EQUIPOS SON DIFERENTES

Figura 53. Tabla utilizada para el dimensionamiento de baterías

3.1.9.2 Dimensionamiento de cables de instrumentación. Este cable permite la comunicación entre los distintos dispositivos del sistema de detección y alarma y algunos equipos de extinción con el Fire Alarm Control Panel, y para su selección se utilizó el manual del cable SLC suministrado por el proveedor, en el cual se encuentran tablas como la mostrada en la figura 54, donde indican la distancia máxima entre el FACP y los dispositivos a comunicarse con este.

Type	Resistance	Distance	Typical Wire Size
Twisted, Unshielded Pair	• 50 ohms max. per Length of Style 6 & 7 Loops.	• 12,500 ft. (3,810 m)	• 12 AWG (3.31 mm ²)
		• 9,500 ft. (2,895.6 m)	• 14 AWG (2.08 mm ²)
	• 50 ohms max. per Branch for Style 4 Loop.	• 6,000 ft. (1,828.8 m)	• 16 AWG (1.31 mm ²)
		• 3,700 ft. (1,127.8 m)	• 18 AWG (0.82 mm ²)
Twisted, Shielded Pair	• Shields must be isolated from ground. • Shields should be broken at each device.	• 5,000 ft. (1,524 m)	
Untwisted, Unshielded Wire in Conduit or Outside of Conduit		• 3,700 ft. (1,127.76 m)	
Note: Maximum total capacitance of all SLC wiring (both between conductors and from any conductor to ground) should not exceed 0.5 microfarads.			

Figura 54. Tabla de selección de cable SLC, de acuerdo con las distancias entre equipos y el SLC, (Notifire,2004).

Así pues, para seleccionar el cable de instrumentación a utilizar se midió la distancia entre el FACP y el equipo más alejado conectado a éste, esto se realizó con el fin de utilizar esta medida y la tabla de la figura 54 para obtener el calibre del cable de instrumentación a utilizar.

3.1.9.3 Dimensionamiento de cables de 24 VDC. Para la realización de este dimensionamiento se tuvo en cuenta el diagrama de flujo mostrado en la figura 55. Una vez obtenida la distribución de equipos en el Plot Plant de ubicación de equipos y la conexión entre

ellos en el diagrama de conexionado se procedió a obtener el circuito esquemático que representa la distribución eléctrica del proyecto, tal y como se muestra en la figura 56, y donde las longitudes del conductor y consumo de los equipos se representan mediante resistencias a través de la utilización de las ecuaciones de resistividad y ley de ohm respectivamente, una vez se obtuvieron los valores de resistencia que representan las longitudes de los conductores y los consumos de los equipos, el circuito fue simulado mediante Matlab en el cual se midieron las corriente que llegan a los distintos a equipos y se verifico que estas fueran suficientes para el funcionamiento de los equipos , la descripción detalla del dimensionamiento de cables de potencia puede verse en el anexo 7

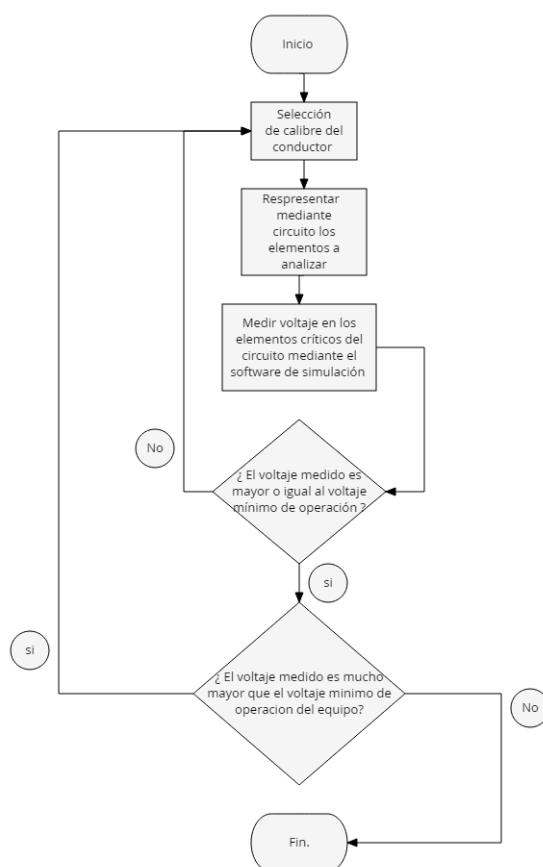


Figura 55. Diagrama de flujo para el dimensionamiento de cables de potencia, (Pasante, 2019).

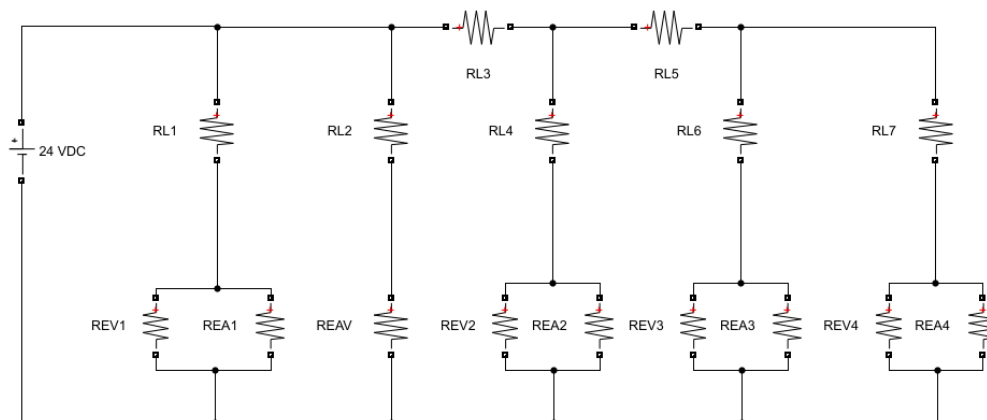


Figura 56. Modelo del circuito eléctrico de una de las zonas del proyecto realizado durante la pasantía, (Pasante, 2019)

3.1.10 Plot plant de localización de localización de equipos de detección y alarma y extinción . La localización de equipos se hace con base a los parámetros de diseño vistos anteriormente, para la realización de este documento se recibe un plano en formato .dwg de la planta a la cual se le realizara la ingeniería y sobre dicho plano se empiezan a ubicar los distintos equipos pertenecientes al SCI mediante la utilización de AutoCAD tal y como se muestra en la figura 57. Además de los parámetros de diseño, para la ubicación de equipos fue necesario la realización de un levantamiento en campo con el fin de verificar que las zonas donde se iban a ubicar los equipos estuviera libre de otros equipos, tubería o construcciones civiles, para este proyecto se realizaron los Plot plan de ubicación de equipos relacionados en la tabla 8 y que se pueden ver en el anexo 8.

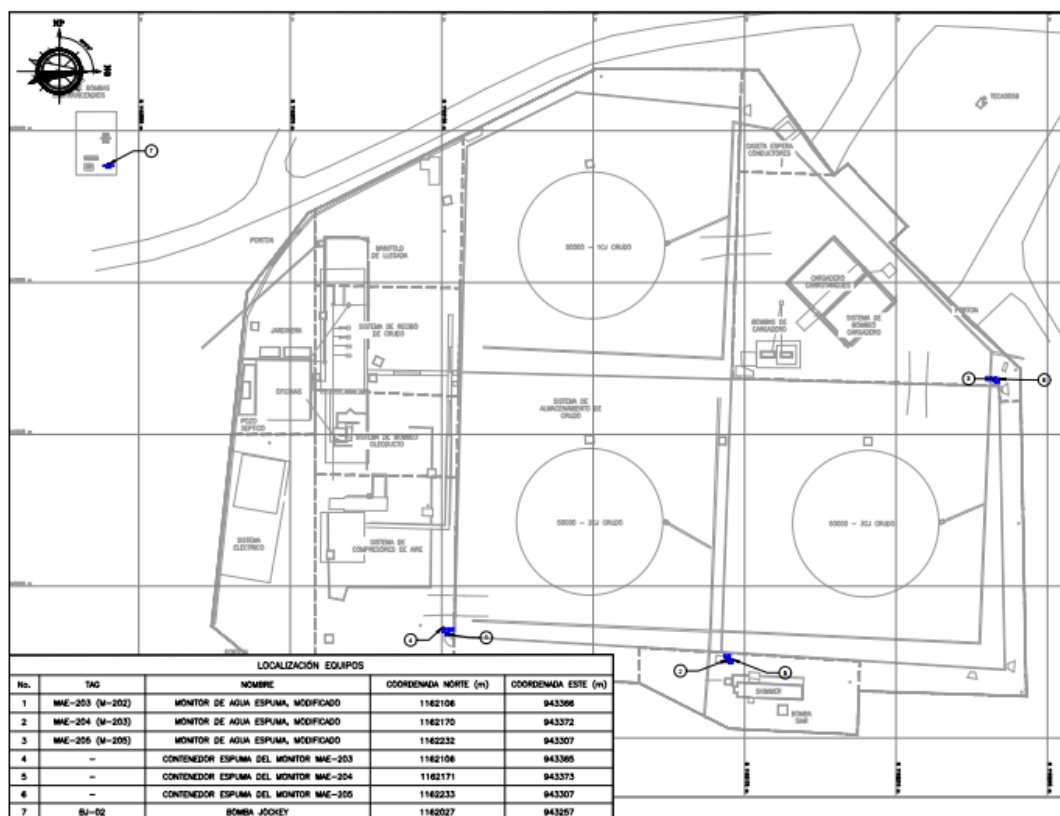


Figura 57. Plot Plan de localización de equipos de extinción en la planta de almacenamiento de crudo, (Pasante, 2019).

Tabla 8

Listado de Plot plan de localización de equipos desarrollados para esta ingeniería,

<u>Sistema al que pertenece</u>	<u>Descripción del plano</u>	<u>Código del documento</u>
Extinción	Plano de ubicación de equipos de extinción en la planta de almacenamiento de crudo.	TECA-PL-408-00-001

Extinción	Plano de ubicación de equipos de extinción en la planta de separación de agua, crudo y gas.	TECA-PL-408-00-002
Detección y alarma	Plano de ubicación de equipos de detección y alarma en la planta de separación de agua, crudo y gas.	TECA-PL-608-00-002
Detección y alarma	Plano de ubicación de equipos de detección y alarma en la planta de almacenamiento de crudo	TECA-PL-608-00-001
Detección y alarma	Plano de ubicación de equipos de detección y alarma en el área administrativa	TECA-PL-608-00-003

(Pasante, 2019).

3.1.11 Planimetrías de conduit`s y bandejas porta cables.

Los conduit`s y bandejas porta cables son las rutas que tomaran los cables de instrumentación y potencia para interconectar o alimentar los distintos equipos. Para la realización de este documento se realizó una copia de los planos de ubicación de equipos del sistema de detección se renombraron y se empezaron a trazar los conduit`s y bandejas porta cables, para el trazado estos elementos se tuvo en cuenta primero la ubicación de los equipos de

detección puesto que el objetivo es interconectarlos a través de estos elementos, también se tuvo en cuenta los planos de bandejas porta cables y bancos de ductos existentes en el lugar además de la visita a campo en la cual se plantearon las posibles rutas, los diámetros de los conductos a utilizados se establecieron de 1” esto gracias a sugerencias del cliente debido a que esto posibilita el tendido de cables a través de ellos en el futuro debido al gran espacio libre que queda, estos planos al igual que los Plot Plan de ubicación de equipos se realiza mediante la utilización de AutoCAD dando como resultado planos como el mostrado en la figura 58, en la tabla 9 se relacionan los planos de conductos y bandejas porta cables desarrollados y que pueden verse en el anexo 9.

Tabla 9

Listado de planos de conductos y bandejas porta cables desarrollados para esta ingeniería

<u>Sistema al que pertenece</u>	<u>Descripción del plano</u>	<u>Código del documento</u>
Detección y alarma	Planos de conductos y bandejas porta cables para la planta de almacenamiento de crudo	TECA-PL-608-00-001
Detección y alarma	Planos de conductos y bandejas porta cables para la planta de separación de crudo, agua y gas	TECA-PL-608-00-002
Detección y alarma	Planos de conductos y bandejas porta cables para el área administrativa	TECA-PL-608-00-003

(Pasante, 2019).

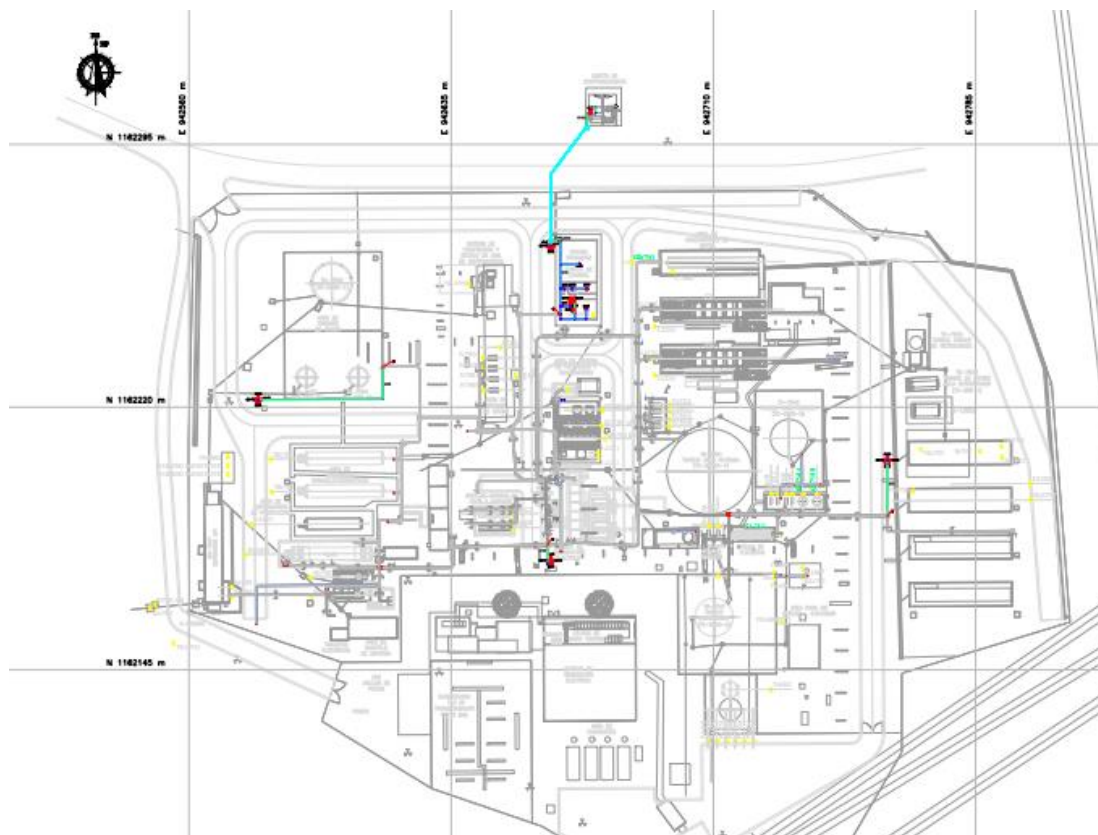


Figura 58. Plano de conduit`s y bandejas porta cables en la planta de separación de crudo, agua y gas, (Pasante, 2019)

3.1.12 Arquitectura de control y diagramas de conexonado.

Para la realización de la arquitectura de control, se tuvo en cuenta el tipo de conexión con el que iba a contar el cable SLC del sistema de detección y alarma, que para este caso sería un circuito abierto clase A con resistencia de fin de línea (los tipos de conexonado existentes pueden verse en el capítulo 12 de la NFPA 72), una vez se acordó el tipo de conexión a utilizar se inicia con la realización de la arquitectura de control, donde cada equipo se representa con el símbolo el cual le fue designado por la NFPA y los cuales se vieron anteriormente en este documento, la conexión SLC se inicia desde el equipo más cercano al FACP al equipo más alejado y teniendo en cuenta que para los circuitos clase A todos los equipos deben estar

conectados en serie tal y como se muestra en la figura 59, así pues se obtuvieron las arquitecturas de control mediante la utilización de AutoCAD. Por otro lado, para la realización de los diagramas de conexionado se tuvo en cuenta la arquitectura de control con el fin de ver la secuencia de conexión de los equipos, además fue necesario estudiar la forma de conexionado de cada equipo con el fin de obtener los diagramas de conexionado mediante la utilización de AutoCAD, tal y como se muestra en la figura 60, las arquitecturas de control y diagramas de conexionado desarrollados en este proyecto pueden verse en el anexo 10.

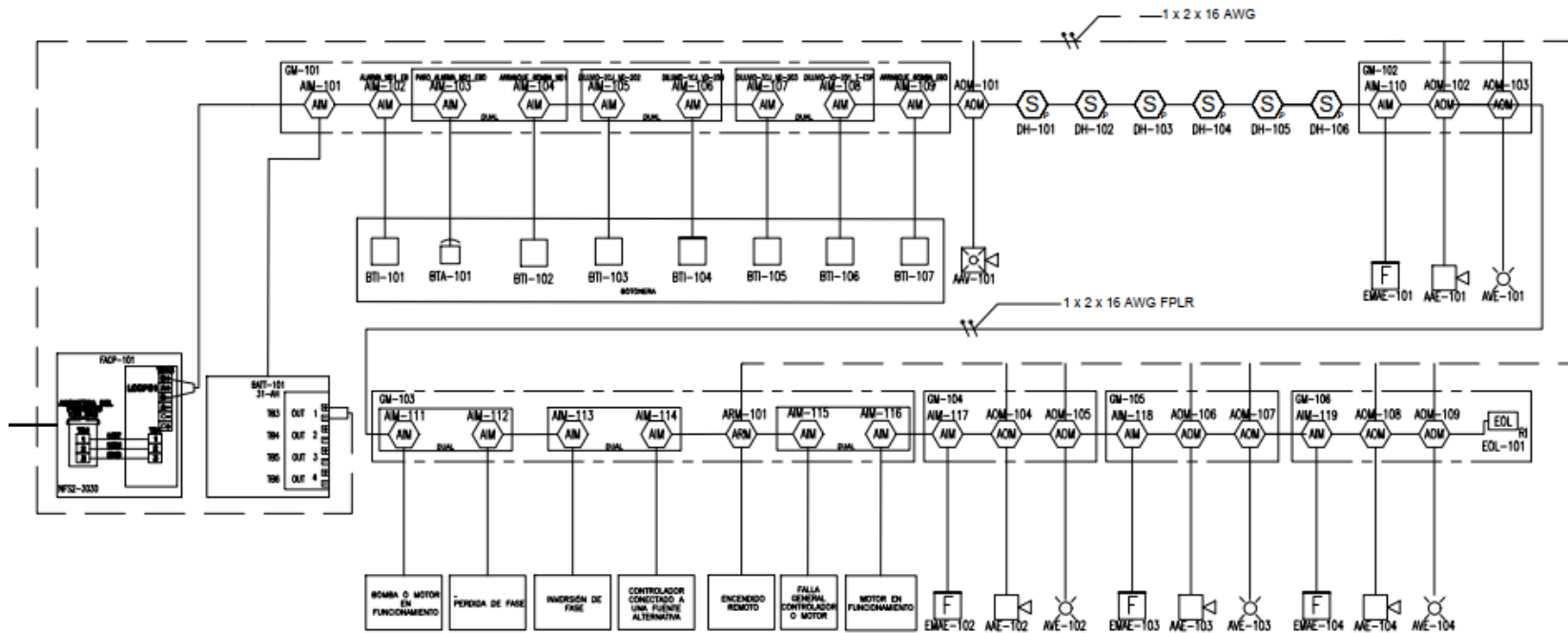


Figura 59. Diagrama de conexión del sistema de detección y alarma de la planta de separación de crudo, agua y gas, (Pasante, 2019).

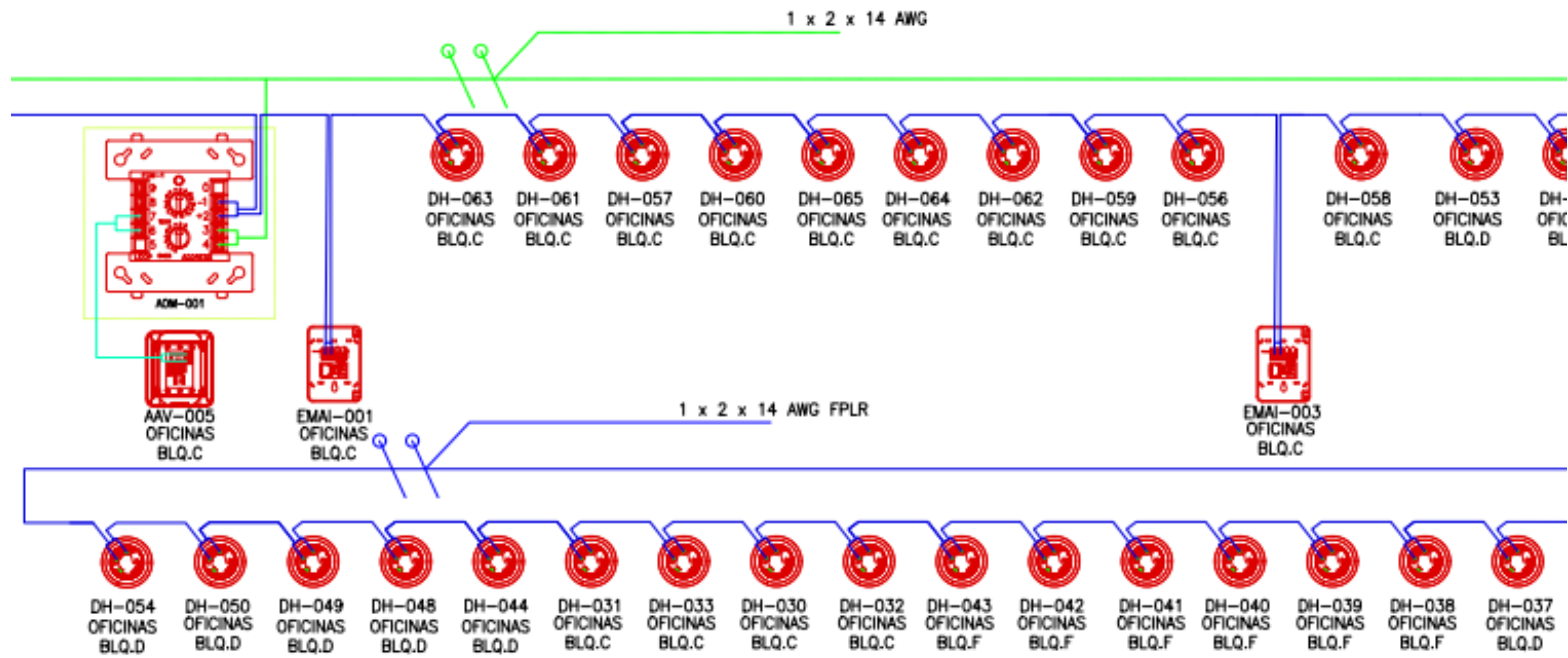


Figura 60. Parte del diagrama de conexionado del área administrativa , (Pasante, 2019).

3.1.13 Isométricos de tuberías del sistema de extinción. Para la realización de este documento se tuvo en cuenta las rutas establecidas para las tuberías de transporte de agua o planimetrías de tuberías que pueden verse en el anexo 11, además, se tuvo en cuenta el levantamiento realizado en campo donde se identificaron los puntos de TIE-IN y también se consideraron las especificaciones del Piping Class donde de acuerdo a los diámetros de tubería se determinó el distanciamiento entre soportes. Este documento desarrollado mediante la utilización de AutoCAD muestra las cotas requeridas para la construcción de la línea, los cambios de dirección, las conexiones entre los distintos elementos que integran la red de agua contra incendio y los TIE-IN tal y como se muestra en la imagen 61, los isométricos desarrollados en esta ingeniería pueden verse en el anexo 12

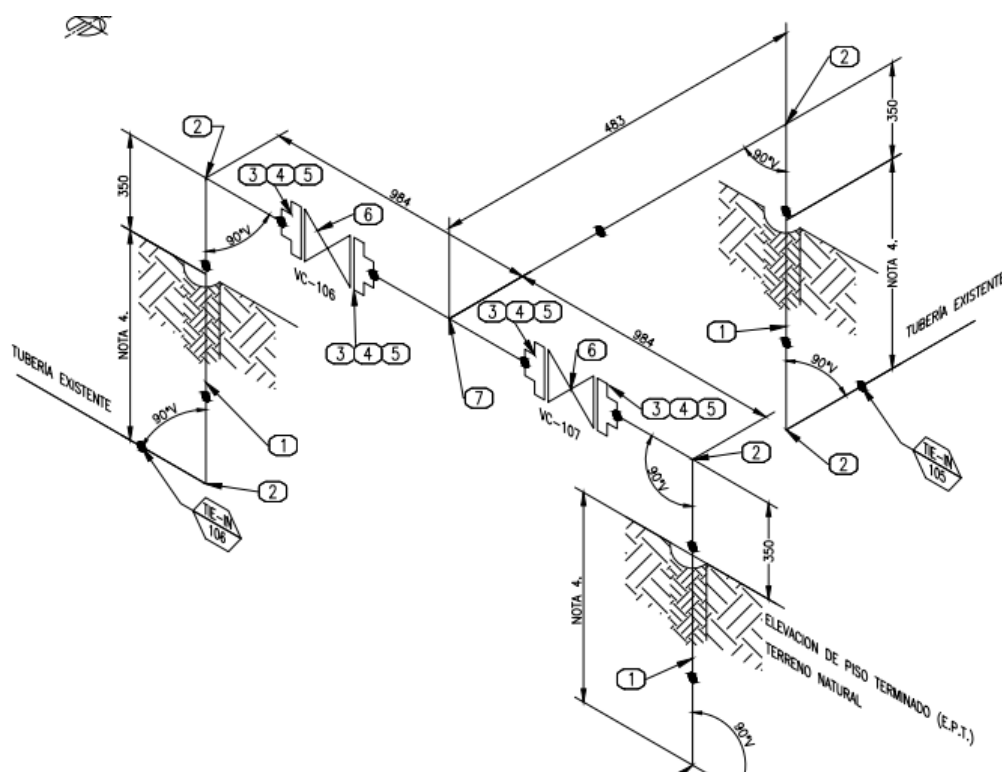


Figura 61. Isométrico de la red de agua contra incendios, (Pasante, 2019)

Capítulo 4. Diagnostico final

Luego de la culminación del periodo de pasantías fueron muchos los aportes que la empresa hizo a mi vida profesional, sin embargo, a través de mis bases académicas pude contribuir a la organización en aspectos tales como:

Integración de los distintos miembros del departamento con el fin de mejorar la comunicación y por ende la calidad de los productos desarrollados, esto se logró a través de socialización de avances, capacitaciones, actividades de lecciones aprendidas y otras actividades propias del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

Implementación y control del sistema de gestión de la seguridad y salud en trabajo

Se cambió la metodología de realización de cálculos eléctricos, paso de ser cálculos realizados en hojas de Excel a simulaciones de circuitos mediante softwares como Matlab que permite realizar este tipo de estudios.

Se inicia la transición de diseños de sistemas de protección contra incendios de la forma prescriptiva a diseños basados en el desempeño. Es decir, se inician las investigaciones preliminares para pasar de diseños basados en la normativa NFPA a diseños de acuerdo a los resultados de simulaciones del comportamiento del fuego.

Capítulo 5. Conclusiones

Luego de estudiar las normas aplicables al diseño prescriptivo de sistemas de protección contra incendios se determinó que no se cuenta información completa sobre cómo deben ubicarse la totalidad de equipos pertenecientes al sistema, por lo que se hace necesario apoyarse en fabricantes, experiencia y análisis de riesgos para la correcta distribución de los equipos no incluidos dentro de la normativa.

Los planímetros desarrollados durante la ingeniería de protección contra incendios se encuentran sujetos a modificación en campo por motivos de constructibilidad, lo que hace necesario la implementación de planos As Built luego de construido el sistema con el fin de contar con información real para próximas modificaciones o ampliaciones a la ingeniería.

Debido a la inexistencia de un procedimiento estandarizado para la elaboración de planos dentro de la compañía se encuentran algunas variaciones dentro de los dibujos desarrollados lo cual repercute en la calidad de los entregables (Planos).

Se espera que los equipos y materiales adquiridos para la implementación del sistema sean iguales o similares a los contemplados en hojas de datos y especificaciones técnicas, esto con el fin de garantizar que el sistema funcione correctamente, debido a que fueron esos datos la base de entrada para la realización de cálculos y simulaciones que validaron la funcionalidad de la ingeniería.

Capítulo 6. Recomendaciones

Con el objetivo de ser cada vez mejor en el desarrollo de ingenierías de sistemas de protección contra incendios se recomienda la implementación de procedimientos estandarizados dentro del departamento ingeniería, cuyo objetivo sea la orientación sobre la forma como se deben realizar las distintas actividades que se deben llevar a cabo para la realización de ingenierías de protección contra incendios. Por otro lado, se recomienda la implementación de softwares de simulación de incendios con el objetivo de interactuar con todas las variables que intervienen en los procesos de incineración y de este modo dar soluciones más acertadas para las condiciones de los proyectos que se desarrollaran a futuro.

Referencias

Kraff S.A.S. (2015). *Ingeniería, consultoría y soluciones integrales*. Recuperado de:

<http://dankraff.com/>.

Kraff S.A.S. (2019). *Manual de sistema de gestión*.

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2010). *Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10)*.

National Fire Protection Association. (2009). *Manual de Protección Contra Incendios (Tomo I)*.

National Fire Protection Association. (2009). *Manual de Protección Contra Incendios (Tomo II)*.

National Fire Protection Association. (2019). *Norma para la instalación de sistemas de rociadores (NFPA13)*.

National Fire Protection Association. (2013). *Norma para la instalación de sistemas de tubería vertical y mangueras (NFPA14)*.

National Fire Protection Association. (2013). *Instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios. (NFPA20)*

National Fire Protection Association. (2018). *Norma para la instalación de redes privadas de bombeo y sus accesorios (NFPA24)*.

National Fire Protection Association. (2017). *Norma para la inspección prueba y mantenimiento de los sistemas hidráulicos de protección contra incendios (NFPA25)*.

National Fire Protection Association. (2018). *Norma para la instalación y usos de motores de combustión estacionarios y turbinas de gas (NFPA37)*

National Fire Protection Association. (2015). *Norma para uso, mantenimiento y prueba de funcionamiento de escaleras portátiles para bomberos en servicio (NFPA1932)*.

National Fire Protection Association. (2015). *Código de líquidos inflamables y combustibles (NFPA30)*.

National Fire Protection Association. (2007). *Guía del árbol de conceptos de seguridad contra incendios (NFPA550)*.

National Fire Protection Association. (2016). *Código nacional de alarma y señalización contra incendios (NFPA72)*.

National Fire Protection Association. (2016). *Estándar para espuma de baja, media y alta expansión (NFPA11)*.

National Fire Protection Association. (2014). *Código eléctrico nacional (NFPA70)*.

National Fire Protection Association. (2013). *Norma para la protección contra incendios de equipos de tecnología de la información (NFPA75)*.

National Fire Protection Association. (2018). *Estándar para la seguridad contra incendios y símbolos de emergencia (NFPA170)*.

National Fire Protection Association. (2010). *Código de materiales peligrosos (NFPA400)*.

National Fire Protection Association. (2018). *Estándar para extintores portátiles de incendio (NFPA10)*.

National Fire Protection Association. (2018). *Norma para tanques de agua para protección privada contra incendios (NFPA22)*.

National Fire Protection Association. (1998). *Estándar para almacenamiento general (NFPA231)*.

National Fire Protection Association. (2015). *Norma para la prevención y control de incendios en minas de carbón (NFPA120)*.

Notifire. (2004). *Intelligent control panel FireWarden SLC wiring manual*.