

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**“ADECUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA PLANTA
MPE-1 EN PDVSA-MORICHAL AL SUR DEL ESTADO MONAGAS”**

PRESENTADO POR:

JESÚS JOSÉ LIRA SILVA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

BARCELONA, JUNIO DE 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**“ADECUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA PLANTA
MPE-1 EN PDVSA-MORICHAL AL SUR DEL ESTADO MONAGAS”**

ASESORES:

**ING. ORLANDO AYALA
ASESOR ACADÉMICO**

**ING. MICHELE ATTARDI
ASESOR INDUSTRIAL**

BARCELONA, JUNIO DE 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**“ADECUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA PLANTA
MPE-1 EN PDVSA-MORICHAL AL SUR DEL ESTADO MONAGAS”**

JURADO CALIFICADOR:

ING. ORLANDO AYALA
ASESOR ACADÉMICO

ING. SIMÓN BITTAR
JURADO PRINCIPAL

ING. JESÚS MORENO
JURADO PRINCIPAL

BARCELONA, JUNIO DE 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**“ADECUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA PLANTA
MPE-1 EN PDVSA-MORICHAL AL SUR DEL ESTADO MONAGAS”**

JURADO:

El Jurado hace constar que se la asignó a esta Tesis la calificación de:

ING. ORLANDO AYALA
Asesor Académico

ING. MICHELE ATTARDI
Asesor Industrial

ING. SIMÓN BITTAR
Jurado Principal

ING. JESÚS MORENO
Jurado Principal

RESOLUCIÓN

ENUNCIADO DEL ARTÍCULO 44.

De acuerdo con el artículo 44 del reglamento de Trabajos de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo quién lo participará al Consejo Universitario”.



RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el propósito de verificar el sistema contra incendios de la planta MPE-1, para adecuarlo a las nuevas instalaciones y modificaciones. Con la instalación de nuevos equipos en la planta, el sistema contra incendios fue creciendo a través de conexiones realizadas desde el sistema hasta los equipos instalados, sin tomar en consideración la capacidad de bombeo y almacenamiento de agua. En primer lugar se detalló el sistema existente, describiendo cada uno de sus componentes y equipos a proteger, determinando la cantidad de agua que se agrega actualmente a cada equipo debido al tipo de sistema instalado. Seguidamente se calculó la cantidad de agua que requiere cada equipo y se verificó la red de distribución de acuerdo a normas técnicas vigentes que permitieron presentar la problemática definiendo si el sistema contra incendios actual cumple con las especificaciones establecidas en ella. Para ello se presentaron los resultados estableciendo una comparación de lo existente con lo requerido a través de normas, realizando un análisis que permitió determinar la criticidad del sistema. Con ello se sugirieron modificaciones al sistema de manera que cumpla con las especificaciones establecidas en las normas de sistemas contra incendios.

DEDICATORIA

Ha sido el creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar, quién ha permitido que la sabiduría guíe mis pasos. Por ello con toda la humildad de mi corazón dedico primeramente mi trabajo a DIOS.

De igual forma, a mis padres, quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino. A mi padre que no alcanzó a ver los resultados, pues partió tempranamente de esta vida, le dedico mi esfuerzo. TE AMO

A mi madre por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es,...porque la AMO!!

AGRADECIMENTOS

Primero y antes que nada le doy gracias a DIOS, por estar ahí escuchándome y acompañándome en cada paso de mi vida que doy, por darle fuerzas a mi corazón e iluminar mi mente para seguir adelante y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Gracias a mis papás JESÚS MARÍA (Q.E.P.D) y MARIELA por ser guías principales de mi vida, enseñándome lo bueno y lo malo, lo que se debe hacer y no se debe hacer, consejos que permitieron escoger el camino del bien y especialmente porque gracias a ellos creo en ese AMOR grandioso que es DIOS. Papá usted que puede leer esto desde ese lugar maravilloso donde te encuentras y usted mamá que aún estas aquí, quiero que sepan que los AMO desde lo más profundo de mi corazón. GRACIAS, GRACIAS, MUCHÍSIMAS GRACIAS.

Agradecer a la familia, hermanos, abuelas, tíos y primos por estar siempre pendientes, procurando mi bienestar. El ánimo, apoyo, alegría y cariño que brindan me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

De igual manera mi más sincero agradecimiento al Ing. Orlando Ayala por su asesoría y orientación prestada durante la realización de este trabajo.

Al ingeniero Michele Attardi por su valiosa asesoría, apoyo y colaboración.

A Miguel González, sin su ayuda no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

A la Universidad de Oriente la casa más alta por permitirme formarme como profesional. “Del pueblo venimos y hacia el pueblo vamos”.

En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis con sus altos y bajos y que no necesito nombrar porque tanto ellos como yo sabemos que desde lo más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

ÍNDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	v
RESUMEN.....	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPÍTULO I.....	20
CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA PLANTA MPE-1	20
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.3 OBJETIVOS	25
1.3.1 Objetivo General:.....	25
1.3.2 Objetivos Específicos:.....	25
CAPÍTULO II	26
BASES TEÓRICAS.....	26
2.1 ANTECEDENTES.....	26
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	27
2.2.1 Sistemas de protección contra incendios.....	27
2.2.1.1 Concepción básica. ^[4]	27
2.2.1.2 Objetivo del sistema de protección contra incendios.....	28
2.2.1.3 Componentes de un sistema contra incendios.....	29
2.2.2 Triángulo y tetraedro del fuego ^[6]	40

2.2.2.1 Clasificación de los fuegos en función de la naturaleza del combustible [6]	41
2.2.3 Líquidos Inflamables [5]	42
2.2.4 Líquidos Combustibles [5]	42
2.2.5 Mecanismos de extinción [6]	43
2.2.6 Agentes extintores	44
2.2.7 Tipos de sistemas contra incendios	49
CAPÍTULO III	57
MARCO METODOLÓGICO	57
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	57
3.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	58
3.3 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	58
3.3.1 Primera etapa: Recopilación de información	58
3.3.2 Segunda etapa: Familiarización con las instalaciones existentes en la planta	62
3.3.3 Tercera etapa: Descripción general de las instalaciones existentes a proteger y determinación del tipo de sistema contra incendios a utilizar en cada área de la planta	63
3.3.4 Cuarta etapa: Protección contra incendios que posee cada área, tipo de sistema instalado y cantidad total de agua que se agrega actualmente a cada equipo en caso de incendios	66
3.3.5 Quinta etapa: Evaluación del requerimiento de agua contra incendios necesario para las diferentes secciones de la planta, enmarcado bajo la norma PDVSA IR-M-03 e IR-M-04	68
3.3.6 Sexta etapa: Comprobación de la red de tubería y sistema de bombeo.	72
3.3.7 Séptima etapa: Estimación de costos.	74
CAPITULO IV	75
ANÁLISIS Y RESULTADOS	75
4.1 RESULTADOS	75

4.1.1 Parte “A”: Verificación del requerimiento de agua	75
4.1.2 Parte “B”: Verificación de la red de distribución.....	82
4.2 PROPUESTA.....	99
4.2.1 Abastecimiento de agua	99
4.2.2 Red	99
4.2.3 Sistema de bombeo	101
4.2.3.1 Selección de las bombas: Para la selección de estos equipos se requiere el caudal de diseño que ya lo tenemos (14688 gpm) y la altura de bombeo, cuyo valor se determinó de la siguiente manera:	101
4.2.4 Estimación de Costos	105
CAPÍTULO V	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
5.1 CONCLUSIONES	75
5.2 RECOMENDACIONES.....	107
BIBLIOGRAFÍA	107
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:.....	156

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Extintores adecuados, según la clase de fuego a combatir	48
Tabla 3.1: Características del tanque del sistema contra incendios	59
Tabla 3.2: Tipo de sistema contra incendios que se debe utilizar en cada área de la planta, basado en las especificaciones de PDVSA IR-M-03 e IR-M-04	65
Tabla 4.1: Área de piso proyectada por los equipos.	77
Tabla 4.2: Dimensión de los tanques y producto almacenado.	77
Tabla 4.3 Comparación del requerimiento de agua, Estudio N°1 y Estudio N°2 (1/2).	78
Tabla 4.3 Comparación del requerimiento de agua, Estudio N°1 y Estudio N°2 (2/2).	79
Tabla 4.4: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente, zona de calentamiento MPE-1 (Ver plano SCI-01 en anexo 10)	84
Tabla 4.5: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente incluyendo modificaciones, zona de calentamiento MPE-1 (Ver plano SCI-01 en anexo 10).....	85
Tabla 4.6: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido por norma en anillos principales de los tanques de la planta MPE-1. (Ver plano SCI-01 anexo 10). (1/2)	85
Tabla 4.6: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido por norma en anillos principales de los tanques de la planta MPE-1. (Ver plano SCI-01 en anexo 10). (2/2)	86
Tabla 4.7: Dimensión de la tubería principal para los tanques de la planta MPE-1 ...	86

Tabla 4.8: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido por norma en el sistema de rociadores de los tanques de la planta MPE-1. (Ver plano SCI-01 en anexo 10).....	87
Tabla 4.9: Diámetro para la tubería del anillo principal del tanque 150000. (Ver plano SCI-02 en anexo 10).....	87
Tabla 4.10: Diámetro de la tubería principal del tanque 150000. (Ver plano SCI-02 en anexo 10).....	88
Tabla 4.11: Velocidad del agua en las tuberías a través de norma para el sistema de rociadores del tanque 150000. (Ver plano SCI-02 en anexo 10).	88
Tabla 4.12: Diámetro para las tuberías de las bombas P-201. Reubicadas (Ver plano SCI-02 en anexo 10).....	88
Tabla 4.13: Dimensión de la tubería principal para las bombas P-201. Reubicadas (Ver plano SCI-02 en anexo 10)	88
Tabla 4.14: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido a través de norma en las Casetas de bombas. (Ver plano SCI-01 en anexo 10)	92
Tabla 4.15: Diámetro de la tubería principal para las Casetas de bomba. (Ver plano SCI-01 en anexo 10).....	92
Tabla 4.16: Diámetro para las tuberías de los tanques TK-217001 y TK-217002 almacenando crudo (Ver plano SCI-02 en anexo 10)	93
Tabla 4.17: Dimensión de la tubería principal para los tanques TK-217001 y TK-217002. (Ver plano SCI-02 en anexo 10)	93
Tabla 4.18: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido a través de norma para el sistema de rociadores de los tanques de la estación MOR-ERO. (Ver plano SCI-02 en anexo 10)	93
Tabla 4.19: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido por norma en anillos principales de los tanques de la planta EPM-1 (Ver plano SCI-01 en anexo 10). (1/2)	95

Tabla 4.19: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido por norma en anillos principales de los tanques de la planta EPM-1 (Ver plano SCI-01 en anexo 10). (2/2)	96
Tabla 4.20: Dimensión de la tubería principal para los tanques de la planta EPM-1.	96
Tabla 4.21: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido a través de norma para el sistema de rociadores de los tanques de la planta EPM-1. (Ver anexo 10).	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Filosofía de operación MPE-1. [Fuente: PDVSA-MORICHAL]	22
Figura 2.1: Tanque de sistema contra incendios. [Fuente: Elaboración Propia].....	30
Figura 2.2: Configuración de un sistema contra incendios. [Fuente: Elaboración Propia].....	32
Figura 2.3: Curva característica para bombas centrifugas horizontales y Verticales. [Fuente: Norma PDVSA IR-M-03].....	36
Figura 2.4: Hidrantes. [Fuente: Catálogo de TECNOFUEGO]	37
Figura 2.5: Monitor. [Fuente: Catálogo de TECNOFUEGO].....	38
Figura 2.6: Sistema de rociadores (a) para casetas y (b) para tanques.....	39
[Fuente: Elaboración Propia]	39
Figura 2.7: Sistema de agua pulverizada [Fuente: Norma PDVSA IR-M-03]	39
Figura 2.8: Triángulo del fuego. [Fuente: Elaboración Propia]	40
Figura 2.9: Tetraedro del fuego. [Fuente: Elaboración Propia]	41
Figura 2.10: Cámara de espuma. [Fuente: Norma PDVSA IR-M-04].....	51
Figura 2.11: Aplicación superficial de espuma a través de cámaras en tanques de techo fijo. [Fuente: Engineering Manual. Foam System]	52
Figura 2.12: Aplicación de espuma bajo superficie en tanques de techo fijo. [Fuente: Engineering Manual. Foam System].....	52
Figura 2.13: Arreglo típico para el método de inyección de espuma bajo superficie. [Fuente: Norma PDVSA IR-M-04].....	53

Figura 2.14: Sistemas móviles de espuma. [Fuente: Artículo técnico-Sistemas de espuma]	54
Figura 2.15: Sistema portátil para aplicación de espuma de espuma. [Fuente: Artículo técnico-Sistemas de espuma]	55
Figura 3.1: Esquema general del sistema contra incendios. [Fuente: Elaboración Propia].....	59
Figura 3.2: Tanque del sistema contra incendios. [Fuente: Propia].....	60
Figura 3.3: Caseta de bombas del sistema contra incendios. [Fuente: Propia].....	61
Figura 3.4: Equipos existentes y su ubicación. [Fuente: Elaboración Propia].....	64
Figura 3.5: Caudal manejado por hidrante y monitor. [Fuente: Catálogo de TECNOFUEGO].....	67
Figura 3.6: Equipo protegido por dos hidrantes-monitores. [Fuente: Elaboración Propia].....	67
Figura 3.7: Red general del sistema de tuberías existente. [Fuente: Elaboración Propia].....	73
Figura 4.1: Red general del sistema de tuberías modificadas [Fuente: Elaboración Propia].....	83
Figura 4.2: Identificación de tuberías [Fuente: Elaboración Propia]	84
Figura 4.3: Estación MOR-ERO [Fuente: Elaboración Propia].....	91
Figura 4.4: Configuración de la red modificada [Fuente: Elaboración Propia].....	100
Figura 4.5: Configuración de la nueva tubería principal del SCI [Fuente: Elaboración Propia].....	102
Figura 4.6: Puntos donde se realiza el Bernolli [Fuente: Elaboración Propia].....	102
Figura 4.8: (a) Intercambiadores E-207(A/B)(C/D)(E/F)(G/H), 8 equipos ubicados por parejas en línea vertical. (b) Hidrante-monitor para protección. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 4.16: Tanque 109001. (a) y (b) Hidrantes-monitores ubicados alrededor del anillo principal. (b) y (c) Siamesas para aplicación de espuma a través de un sistema	

semi-fijo. (d) Cámaras de espuma y anillo de enfriamiento**¡Error! Marcador no definido.**

INTRODUCCIÓN

Los incendios son una de las mayores catástrofes naturales y en muchos casos provocados por el hombre, que durante los últimos años han aumentado desorbitadamente su frecuencia, causando daños irremediables tanto en vidas humanas como en pérdidas materiales y medioambientales.

Dentro de este campo cabe destacar los Incendios en Plantas Industriales, Plataformas Petroleras, etc., que han producido accidentes de gran magnitud, debido a la inexistencia de sistemas contra incendios adecuados, lo que ha provocado pérdidas irreparables, desde la imagen de la empresa hasta desastres cuantiosos.

Cuando se realizan inversiones de gran magnitud, siempre se desea cuidarlas y prevenir cualquier riesgo que pudiera afectarles. Uno de los principales y más comunes riesgos es el de incendios.

Actualmente en todo ámbito de cosas las personas están expuestas a este riesgo llamado fuego. Los factores de riesgo que se generan en las empresas o industrias van desde una mala manipulación hasta factores técnicos, como mala mantenimiento de insumos, mal almacenamiento o instalaciones eléctricas mal terminadas.

Por esto es que es imprescindible que exista una red de protección en caso de incendios, sobretodo en una instalación industrial. Este sistema es de aquellos en que no se piensa en economizar, sino en su eficacia en el momento adecuado.

Bajo éste contexto se ha decidido adecuar el sistema contra incendios de la planta de procesamiento de crudo MPE-1 (Módulo de Producción y Emulsificación)

ubicada en PDVSA-MORICHAL, presentando una propuesta debido a irregularidades encontradas en el mismo, con el objeto de garantizar el cumplimiento de las normas de sistemas contra incendios (SCI), permitiendo asegurar un buen funcionamiento, brindando protección adecuada a las nuevas instalaciones y modificaciones, disminuyendo el riesgo de incendios teniendo en cuenta el control y la prevención de estos, evitando así daños a los equipos, materiales y principalmente personas.

Para poder realizar la adecuación del SCI a través de la propuesta, el trabajo se desarrolla en 4 capítulos:

El CAPÍTULO I contiene información sobre el procesamiento de la planta, planteamiento del problema, y se describen los objetivos que se persiguen con la realización del proyecto.

En el CAPÍTULO II, se presenta el Marco teórico conformado por los Antecedentes de la investigación y Fundamentos teóricos básicos del análisis y diseños de SCI.

En el CAPÍTULO III, se expone el marco metodológico empleado para el desarrollo del proyecto.

En el CAPÍTULO IV, se analizan los resultados del sistema existente, se realiza la propuesta tomando en consideración las normas y reglamentos necesarios, se elaborara la estimación de costos de la propuesta y finalmente se establecen las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

CAPÍTULO I

CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA PLANTA MPE-1

La función principal de la nueva filosofía operacional de la planta MPE-1 observada en el esquema de procesamiento, ver figura 1.1, consiste en deshidratar y desalar el crudo húmedo diluido proveniente de las estaciones de flujo O-16 y J-20 con una gravedad entre 13,5 y 14,5° API, y un corte de agua alrededor de 20% y convertirlo en un crudo 16°API (Merrey 16) con un porcentaje de agua y sedimentos de aproximadamente 1%.

El crudo derivado de las estaciones de flujo se precalienta a una temperatura aproximada a los 102 °F en los intercambiadores de calor E-101 con agua salada proveniente de los intercambiadores E-103 A/B (agua fresca/agua salada del proceso de deshidratación del crudo), antes de entrar a los Tanques de Carga TK-96001/96002 y TK-109001. El crudo húmedo diluido, es enviado desde los tanques a través de las bombas de carga P-201 (A/B/C/D/E/F/G) a los trenes A y B de calentamiento, deshidratación, desalación. En la succión de las bombas P-201 se le inyecta diluyente mediante una válvula de control, para llevar el crudo de 13,5 y 14,5 °API a 16 °API.

La etapa de calentamiento de cada tren, está conformado por un arreglo de Intercambiadores conectados en serie E-202, E-204 y E-207; y dos hornos F-201 con un arreglo en paralelo. El tren A esta conformado por los intercambiadores E-202 (A/B, C/D, G/H); E-204 (A/B, C/D) y los E-207(A/B, E/F), el tren B lo conforman los intercambiadores E-202 (E/F, I/J, K/L), E-204 (E/F y G/H) y E-207(G/H, C/D).

El crudo entra, entre 100-102 °F al tren de intercambiadores de donde sale con una temperatura de 197 °F para luego pasar por los hornos F-201 en donde es calentado hasta la temperatura de 285 °F. Luego entra a los separadores mecánicos D-201 y D-202 donde se separa aproximadamente el 50% de agua libre presente en el crudo extrapesado.

El crudo diluido sale de los separadores mecánicos y es enviado a la primera y segunda etapa de deshidratación/desalación, desaladores electrostáticos DS-201 y DS-202, donde se elimina el agua emulsionada en el crudo y el exceso de sal. El agua eliminada en la segunda etapa es utilizada como agua de lavado en la primera etapa mediante las bombas de recirculación P-202.

El crudo diluido deshidratado/desalado a 285 °F, es utilizado como medio de calentamiento y es transportado por las bombas de refuerzo P-203, hacia el lado carcasa de los intercambiadores E-207, E-204 y E-202 antes de ser enviado a almacenaje como crudo Merey 16 a los tanque Tk-55001/02 y Tk-80001/2/3/4 previo enfriamiento a 151 °F aproximadamente con agua en los intercambiadores de calor E-211 y E-205.

El agua salada a 285 °F aproximadamente proveniente de los separadores mecánicos D-201/202 y de la primera etapa de los desaladores electrostáticos DS-201A y DS-202A se utiliza como medio de calentamiento en los intercambiadores E-103 (agua salada caliente/agua fresca) para precalentar el agua fresca de lavado, que viene desde las bombas P-207, antes de entrar a los desaladores electrostáticos en la segunda etapa. El agua salada utilizada en los intercambiadores de calor E-103 es enviada posteriormente a las lagunas de tratamiento de aguas de desecho (SIAE) Sistema de Inyección de Aguas Efluentes, previo enfriamiento en los intercambiadores de calor E-101.

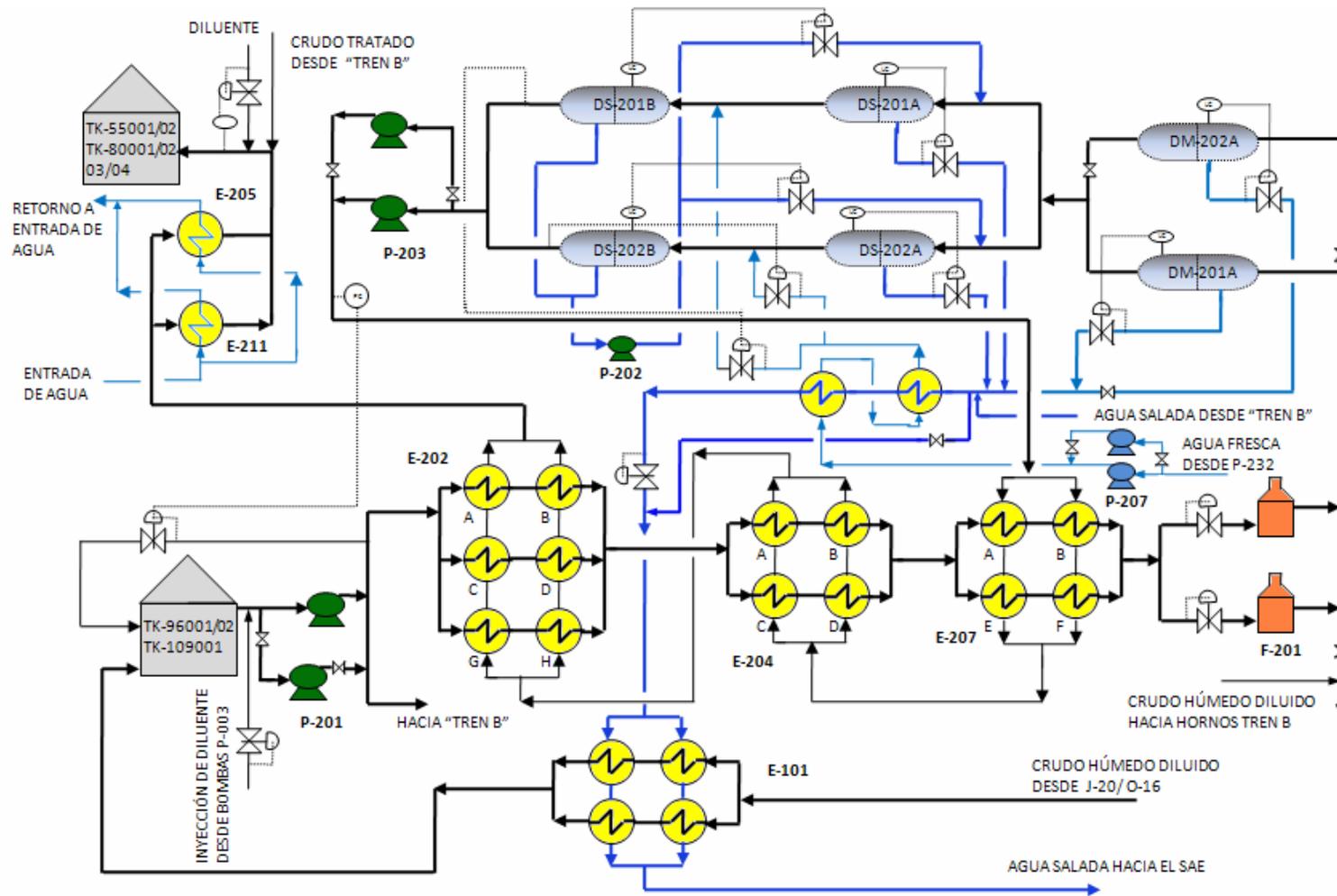


Figura 1.1: Filosofía de operación MPE-1. [Fuente: PDVSA-MORICHAL]

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Distrito Morichal, ubicado en el municipio Libertador al sur del estado Monagas, representa un área de desarrollo petrolero muy importante. Previamente, sólo estaba formado por el área de producción de crudo pesado, hoy en día se integra el extrapesado.

La Planta MPE-1 (Módulo de Producción y Emulsificación), área a estudiar, situada en el Distrito Morichal, se ve afectada por este crecimiento, influyendo en la modificación y ampliación de capacidad en las instalaciones de superficie utilizadas para: transporte, precalentamiento, enfriamiento, deshidratación, desalación y almacenamiento del crudo.

Según lineamiento emitido por el Ministerio de Energía y Minas (Febrero-2004), (ahora Ministerio de Energía y Petróleo), se decidió el cierre definitivo de la producción de Orimulsión. Considerando tal lineamiento, así como el Plan de Desarrollo (PDD) 2005-2012 del Distrito Morichal, se pronostica un incremento acelerado en la producción de crudo extrapesado de 135 MBD que extraen hoy a 200 MBD para el 2008 y a 580 MBD para el 2012. Esto implica una ampliación y/o modificación de la planta actual (pues está diseñada para crudo pesado). Parte de las modificaciones incluye el sistema contra incendios de la planta.

Por lo antes expuesto es imperativo la adecuación del sistema contra incendios existente en la planta MPE-1 para que se adapte a los cambios realizados en las condiciones de operación. Esto estableciendo los requerimientos mínimos que deben cumplirse en el cálculo y diseño de los sistemas de protección contra incendios a utilizar en cada área de la planta, así como la especificación y selección de los equipos y tuberías, las tasas mínimas y tiempos de aplicación de agua y espuma contra incendios. Para ello se requiere el esfuerzo combinado de varias disciplinas

ingenieriles, diseño, aplicación de conocimientos en mecánica, construcción civil, procesos químicos, instrumentación, además de los controles de calidad y seguridad que permitan minimizar los riesgos de que ocurra un incendio en las distintas áreas de peligro de la Planta MPE-1.

El sistema contra incendios además de presentar una mejora dentro de la Planta, evitará que existan pérdidas tanto humanas como materiales (instrumentos, utensilios y objetos) necesarios para llevar a cabo los procesos y tratamientos de materia prima dentro de la misma, permitiendo asegurar principalmente la integridad física del personal que labora en la planta y la continuidad operacional de la Unidad.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General:

Adecuar el Sistema Contra Incendios de la planta MPE-1 en PDVSA-Morichal al sur del Estado Monagas.

1.3.2 Objetivos Específicos:

1. Evaluar la infraestructura existente del sistema contra incendios, que servirá de base para la adaptación del mismo, a las nuevas instalaciones y modificaciones.
2. Identificar el tipo de sistema contra incendios en cada área de la planta basado en las especificaciones de PDVSA IR-M-03 e IR-M-04.
3. Establecer las bases y los criterios, en cuanto a equipos mecánicos y sistemas de tuberías.
4. Evaluar el requerimiento de agua y espuma contra incendios necesario para las diferentes secciones de la planta, bajo la premisa de tasas mínimas y tiempos de aplicación.
5. Describir las características básicas de los elementos principales del sistema, luego del cálculo de red de tuberías y sistema de bombeos.
6. Representar en un plano de planta existente de la MPE-1 el ruteo de tuberías y equipos para el nuevo sistema contra incendios.
7. Elaborar el análisis de costos correspondiente a la adecuación del sistema contra incendios en la planta MPE-1.

CAPÍTULO II

BASES TEÓRICAS

2.1 ANTECEDENTES

- En octubre de 1984, Ernesto Jiménez y Carlos A. Díaz, en su trabajo, plantearon el diseño del sistema de combustible líquido y gaseoso (cálculos necesarios para el consumo de combustible líquido y combustible gaseoso, las normas utilizadas en el desarrollo en el diseño de los tanques de almacenamiento, como también el estudio de las pérdidas en las tuberías para la selección de las bombas en los sistemas anteriormente mencionados). En vista de la gran cantidad de combustible que almacenaría la planta, se requirió proteger las instalaciones con sistemas contra incendios, eficientes y confiables, (selección y cálculos de sistemas de espuma, sistemas de enfriamiento, selección de bombas y selección de sistemas preventivos) a fin de mantener su operatividad, garantizar la seguridad del personal que en ella laboran y poder suministrar el combustible requerido a las unidades generadoras.^[1]

- En enero de 1996, Yalcíra C. Mongue U., en su trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente, realiza un estudio para verificar si el sistema de agua contra incendios de la Planta ACOGAS ubicada al Sur-Sureste (SSE) de la Estación Principal de Jusepín, propiedad de Lagoven, S.A., en el Estado Monagas, cumple con los requerimientos de agua exigido, las condiciones de los equipos, es decir; si cumple con las condiciones de diseño. Además realiza un Plan de Emergencia Operacional con la finalidad de encontrar una forma de respuesta rápida ante situaciones de emergencias por fugas, fuego y/o explosión dentro de la Planta. Estableciendo, previo a un cálculo de consecuencias de las

áreas más críticas de la Planta ACOGAS, los lineamientos que debe seguir el personal en caso de emergencia, garantizando de esta manera la seguridad de todo el personal y de los equipos existentes.^[2]

2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A continuación se muestra el marco teórico relacionado con la investigación, definición de términos, los cuales sirvieron de base para el desarrollo de este proyecto.

2.2.1 Sistemas de protección contra incendios.

Son sistemas que permiten, mediante una acción coordinada, reducir la magnitud de un incendio y sus efectos, a través de la inhibición química de la llama, enfriamiento, sofocación o retiro del material combustible hasta que se logre la extinción.^[3]

2.2.1.1 Concepción básica.^[4]

El diseño de los sistemas de agua contra incendios, está basado en el principio de que solamente ocurrirá un incendio mayor al mismo tiempo, en una instalación. Se considera como incendio mayor aquel que involucre a una sección o bloque de una instalación y que requiera el máximo consumo de agua. Para determinarlo se deben considerar los distintos bloques que conforman la instalación, de acuerdo a lo siguiente:

1. Definir las secciones o bloques de la instalación. Los distintos bloques que conforman una instalación, sólo podrán considerarse independientes cuando la separación entre ellos cumpla con lo establecido en la norma PDVSA IR-M-01 “Separación entre Equipos e Instalaciones”.

2. Estimar los consumos de agua para cada bloque o sección y seleccionar aquel bloque que requiera el máximo consumo de agua.
3. Diseñar el sistema para que satisfaga el caudal total requerido en la sección o bloque de mayor consumo, esto garantizará el caudal total requerido en cada sección o bloque, ya que no se requiere que el sistema satisfaga simultáneamente todos los requerimientos individuales de agua para las diferentes secciones.

Estos sistemas deben ser completamente operables, confiables, que se les pueda proporcionar un fácil mantenimiento, que no sean obstáculos al momento de realizar mantenimiento al equipo a proteger y que cuenten con un sistema de medición que permita mantener el control de su funcionalidad. Además debe operar de acuerdo a las tecnologías más recientes en el mercado, ya que esto dará confiabilidad al usuario y garantizará una mayor seguridad.

2.2.1.2 Objetivo del sistema de protección contra incendios.

El peligro de incendios es un riesgo que está siempre presente, tanto por la relativa facilidad que existe para su inicio como por los daños que puede generar en un periodo relativamente corto.

El objetivo de un sistema de seguridad contra incendios es el reporte del inicio de un incendio, mediante la detección de cualquier situación de riesgo que se presente en un determinado ambiente. ^[3]

2.2.1.3 Componentes de un sistema contra incendios.

- **Fuentes de Suministro de Agua** ^[4]: Siempre que sea posible, la fuente de suministro de agua se especificará, como un suministro ilimitado de agua proveniente de fuentes naturales, tales como lagos, mares o ríos.

Cuando el suministro de agua sea limitado, deberá disponerse de facilidades de almacenamiento (tanque) de donde se obtiene la cantidad de agua requerida hacia el punto emergente de la red de distribución. Ver figura 2.1.

No deberán existir conexiones permanentes entre el sistema de almacenamiento de agua contra incendios y otros sistemas o procesos, que permitan la utilización del agua contra incendios para otros propósitos.

Capacidad ^[4]

Cuando la fuente de suministro de agua sea limitada, se requiere una capacidad de almacenamiento mínima de seis (6) horas, a la demanda máxima de diseño de la instalación. Esta se determinará para el incendio único mayor en la sección o bloque que requiera el máximo consumo de agua.

Aquellas instalaciones de producción en donde se haya determinado la necesidad de un sistema de agua contra incendios y que estén ubicadas en zonas remotas donde no exista una fuente ilimitada de agua, podrán tener una capacidad de almacenamiento mínimo de tres (3) horas a la demanda máxima de diseño. Esta condición aplicará solamente a las instalaciones individuales de producción ubicadas en tierra firme.

Una tasa de reposición del agua contra incendios del 50% de la tasa máxima de descarga es recomendable para el llenado del tanque; en caso de no poderse suministrar ésta tasa de reposición, se deberán evaluar opciones para incrementar la capacidad de almacenamiento de agua contra incendios.

Adicionalmente, deberán preverse facilidades de almacenamiento de agua, para garantizar el suministro de agua contra incendios durante el período de mantenimiento del tanque o reservorio.

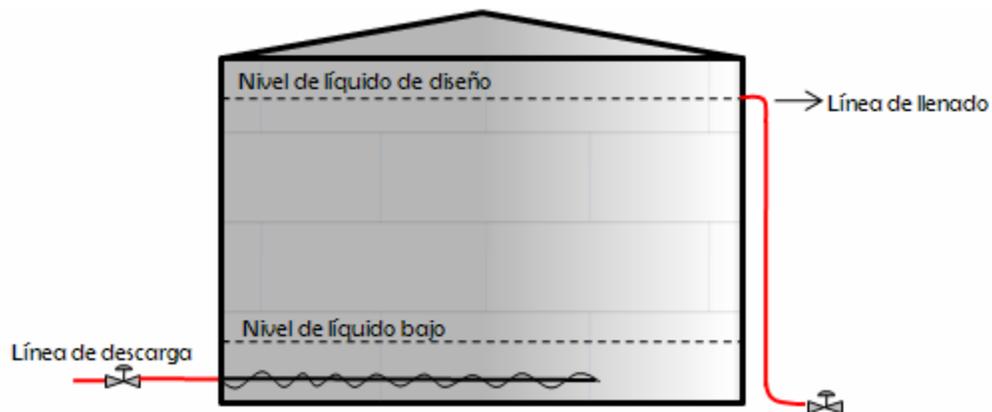


Figura 2.1: Tanque de sistema contra incendios. [Fuente: Elaboración Propia]

Calidad del agua^[4]

La calidad del agua podrá ser la misma que ella presenta desde su fuente natural (lago, mar y río). Sin embargo, deberán considerarse en el diseño y selección de los materiales aquellos problemas asociados con el uso del agua en esta forma.

Los problemas más comunes son la corrosión y la abrasión, los cuales podrán ser atenuados con el uso de materiales adecuados en el equipo de bombeo, revestimientos en tuberías y sistemas apropiados de filtrado. Así

mismo debe evaluarse la necesidad de instalar facilidades para la inyección de aditivo para evitar el crecimiento de algas y bacterias.

El principal factor limitante de la calidad del agua para extinción, es en su aplicación para la formación de espuma contra incendios. Esta aplicación exige que el agua esté siempre libre de aditivos químicos o contaminantes, que impidan la adecuada formación y estabilidad de las espumas.

Requerimientos de agua^[4]

Los requerimientos o caudales de agua contra incendios para las diferentes secciones de una instalación, se determinan normalmente en función de tasas mínimas de aplicación. Estas tasas han sido establecidas tomando en cuenta, entre otros factores: la separación entre equipos, el tipo de riesgo presente y la naturaleza de los productos involucrados. El requerimiento total de agua para una instalación estará dado por la suma de los requerimientos de agua para los sistemas fijos o semifijos de espuma, agua pulverizada y/o rociadores, etc, requeridos para la protección de equipos y control de emergencias de una determinada sección.

La aplicación de agua contra incendios en una instalación podrá realizarse a partir de hidrantes, monitores, sistemas automáticos de rociadores y/o sistemas de agua pulverizada. El anexo 1 contiene información sobre el sistema de protección recomendado, el tipo y la tasa de aplicación para cada instalación dentro de la Industria Petrolera y Petroquímica Nacional (IPPN).

- **Red de distribución:** Conjunto de tuberías, válvulas y accesorios, que permiten la conducción del agua desde las fuentes de alimentación hasta los puntos de conexión de cada sistema de protección contra incendios. ^[5]

En la figura 2.2 se muestra la configuración de un sistema de distribución de agua contra incendios, que consiste en una red o malla, formada por lazos cerrados alrededor de las diferentes secciones o bloques de una instalación. ^[4]

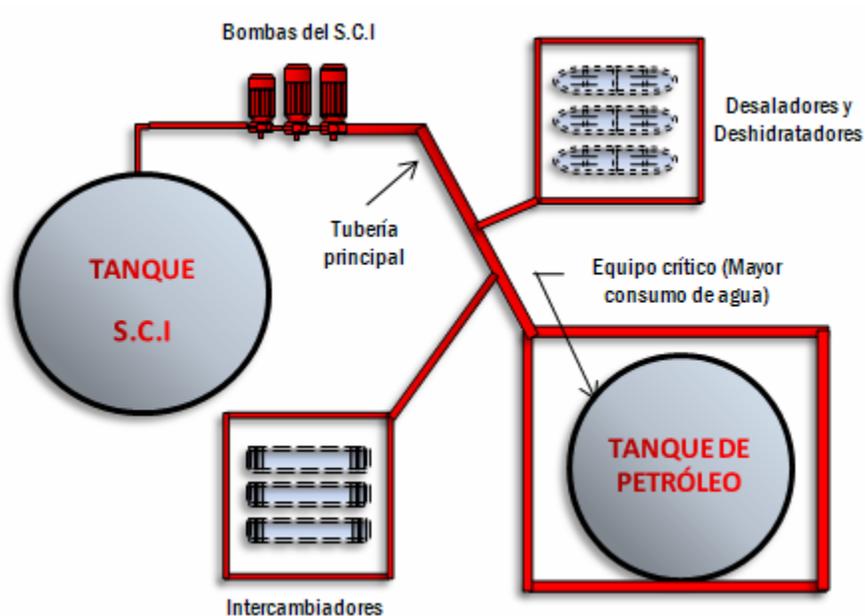


Figura 2.2: Configuración de un sistema contra incendios. [Fuente: Elaboración Propia]

Requerimientos generales ^[4]

- a) El dimensionamiento de la red principal de tuberías será el resultado del cálculo hidráulico correspondiente, considerando como caudal de diseño el requerido en la sección o bloque con mayor demanda de una instalación. En el cálculo hidráulico, normalmente se utiliza una

combinación de los métodos de Hardy-Cross y Hazen-Williams, con $C=100$ para tuberías de acero al carbono y $C=140$ para tuberías revestidas internamente con concreto.

- b) La velocidad del agua en las tuberías principales de la red de distribución, no será mayor de 3 m/s (10 pies/s).
- c) Las tuberías principales de la red no serán de diámetro inferior a 200 milímetros (8 pulgadas), en aquellos casos en que el caudal de diseño sea superior a 227 m³/h (1000 gpm). Para caudales inferiores o iguales a 227 m³/h (1000 gpm), las tuberías principales de la red no podrán ser de un diámetro inferior a 150 milímetros (6 pulgadas).

- **Sistema de bombeo:** Dispositivos empleados para elevar, transferir o comprimir líquidos y gases, en definitiva son máquinas que realizan un trabajo para mantener un líquido en movimiento. Consiguiendo así aumentar la presión o energía cinética del fluido. ^[4]

Capacidad ^[4]

La capacidad de las bombas para el sistema de agua contra incendios de una instalación, se determinará en base a las siguientes premisas:

- a) Deberá disponerse de un mínimo de dos (2) grupos de bombeo accionados por sistemas motrices diferentes. Cada grupo con capacidad para suministrar un cincuenta por ciento (50%) del caudal de diseño a la presión de descarga requerida por el sistema. Este requerimiento podrá ser cubierto con grupos de bombeo accionados por motores eléctricos, motores diesel o turbinas a vapor. En todo caso, un grupo de bombeo deberá accionarse con motor diesel.

- b)** Adicionalmente, deberá disponerse de una capacidad de bombeo accionada por motor diesel, tal que en caso de mantenimiento de alguna de las bombas del arreglo típico mencionado en (a), o de falla eléctrica, se garantice el cien por ciento (100%) de la capacidad de diseño.

En relación a las premisas anteriores, pueden aceptarse las siguientes excepciones:

- a)** En el caso de aquellas instalaciones donde el suministro de energía eléctrica sea altamente confiable y se cuente con dos (2) fuentes independientes de generación con circuitos de alimentación totalmente independiente, el cien por ciento (100%) de la capacidad de bombeo podrá ser accionado por motores eléctricos. Adicionalmente, deberá disponerse de una bomba de reserva accionada por motor diesel, con capacidad no menor a la de la bomba eléctrica de mayor capacidad.
- b)** En aquellas instalaciones donde el suministro de energía eléctrica sea limitado o poco confiable, el uso de bombas accionadas con motores diesel resulta lo más recomendable, en cuyo caso, el cien por ciento (100%) de la capacidad de bombeo podrá ser accionado con motores diesel. Adicionalmente, deberá disponerse de una bomba de reserva también accionada por motor diesel, con capacidad no menor a la de la bomba diesel de mayor capacidad.

Resulta conveniente no especificar bombas contra incendios con capacidades mayores a los 1125 m³/h (5000 gpm), ni inferiores a 113 m³/h (500 gpm).

Tipos^[4]

La característica principal que deberán satisfacer las bombas centrífugas para uso contra incendios, es la de presentar una curva de presión vs. Caudal

relativamente plana. Esto garantizará un nivel de presión estable para diferentes caudales de operación, facilitando la operación de varias bombas en paralelo.

No está permitido el uso de bombas de tipo recíprocante para sistemas de agua contra incendios.

1) Bombas principales ^[4]: Se usarán bombas centrífugas horizontales tipo carcasa partida y verticales tipo turbina, dependiendo de la altura de succión disponible desde la fuente de abastecimiento.

a) Bombas centrífugas horizontales

Las bombas centrífugas horizontales serán capaces de suministrar un ciento cincuenta por ciento (150%) de su capacidad nominal, a una presión no menor del sesenta y cinco por ciento (65%) de la presión nominal. A cero flujos, la presión no deberá exceder el ciento cuarenta por ciento (140 %). En la Figura 2.3 se muestra la curva característica para este tipo de bomba.

b) Bombas centrífugas verticales

Estas bombas se usarán normalmente en aquellos casos en que se tenga una altura de succión negativa. Las mismas deberán ser capaces de suministrar un ciento cincuenta por ciento (150%) de su capacidad nominal, a una presión no menor del sesenta y cinco por ciento (65%) de la presión nominal. A cero flujo, la presión no deberá exceder del ciento cuarenta por ciento (140%) de la presión nominal. En la Figura 2.3 se muestra la curva característica para este tipo de bomba.

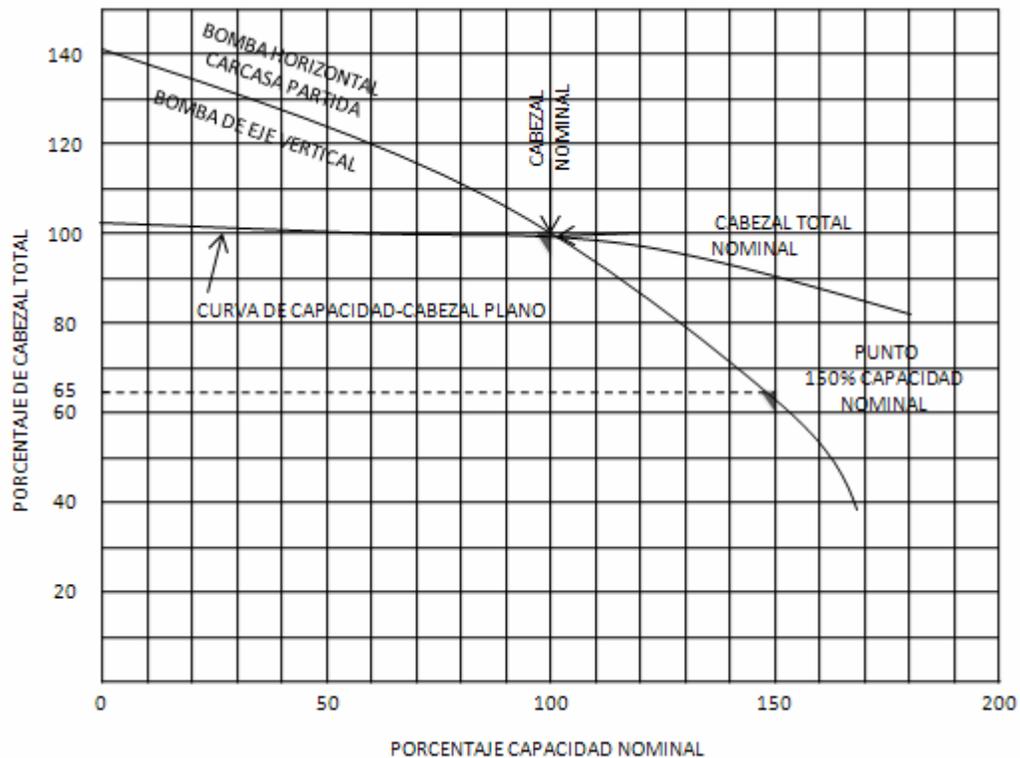


Figura 2.3: Curva característica para bombas centrífugas horizontales y Verticales. [Fuente: Norma PDVSA IR-M-03]

- 2) **Bombas de presurización** ^[4]: La red de distribución de los sistemas de agua contra incendios, se mantendrá presurizada con el objeto de disminuir el tiempo de respuesta en la actuación del sistema y para detectar rápidamente la existencia de fugas y obstrucciones en las tuberías.

La capacidad de la bomba presurizadora dependerá de la complejidad de la red de distribución, cuyo caudal se encuentra normalmente entre 50 y 100 gpm.

La presión máxima de presurización deberá establecerse lo más cercana posible a la presión de operación de la bomba principal contra incendios, a fin de evitar la ocurrencia de un eventual golpe de ariete.

- **Hidrante** ^[5]: Dispositivo de suministro de agua para la prevención y control de incendios y otras emergencias, conectado a la red de distribución. En la figura 2.4 se muestran dos hidrantes, uno (a) dotado con dos bocas de 2^{1/2} pulg y otro (b) dotado con dos bocas de 2^{1/2} pulg y una de 4 pulg.

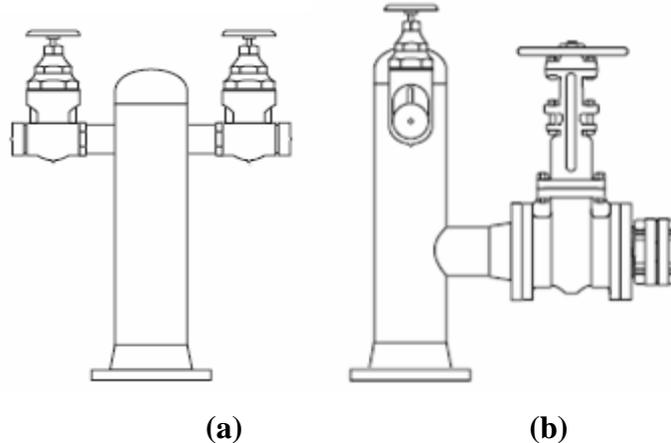


Figura 2.4: Hidrantes. [Fuente: Catálogo de TECNOFUEGO]

Espaciamiento y localización ^[5]

En el anexo 2, se indican los requerimientos mínimos que deberán seguirse para el espaciamiento y la localización de los hidrantes en diferentes instalaciones de la IPPN.

El espaciamiento y la localización de los hidrantes al igual que en los monitores deberá obedecer a un análisis de cada situación particular (radiación dispersión, etc.) basado en lo establecido en el documento PDVSA

IR-S-02, con la finalidad de ubicarlos estratégicamente de forma tal, que garanticen la protección del personal que combate el incendio, faciliten y hagan más efectiva las labores de combate y el enfriamiento de equipos.

Siempre que sea posible, los hidrantes se distribuirán de forma que el área protegida pueda ser alcanzada desde dos direcciones opuestas, a fin de permitir el combate de incendios independientemente de la dirección del viento.

- **Monitor** ^[5]: Dispositivo fijo, portátil o móvil, de accionamiento manual, remoto o automático, diseñado para descargar un caudal de agua o espuma en forma de chorro directo o niebla. En la figura 2.5 se muestra un monitor.



Figura 2.5: Monitor. [Fuente: Catálogo de TECNOFUEGO]

- **Sistemas de rociadores automáticos** ^[4]: Constituyen sistemas fijos de extinción a base de agua, que facilitan una adecuada y eficaz protección a los riesgos de incendios, que involucren básicamente materiales combustibles sólidos ordinarios. En la figura 2.6 se observan dos tipos de sistemas rociadores.

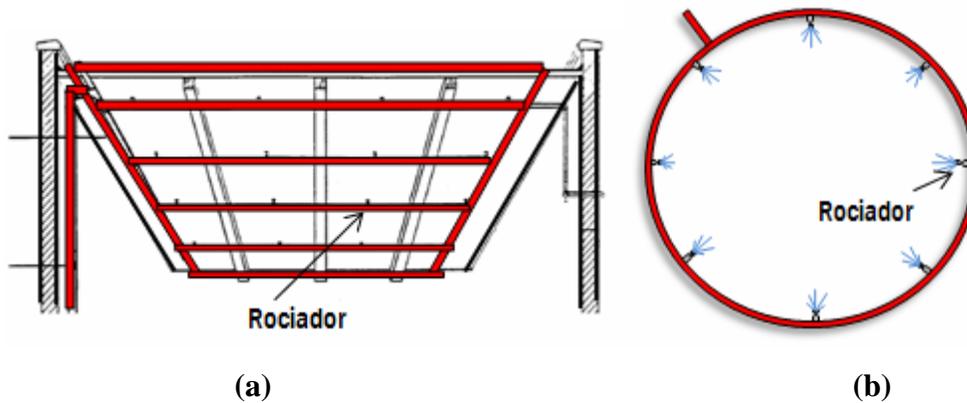


Figura 2.6: Sistema de rociadores (a) para casetas y (b) para tanques

[Fuente: Elaboración Propia]

- Sistema de agua pulverizada** ^[4]: Son sistemas que permiten la aplicación de agua en unas determinadas condiciones de distribución, tamaño de las gotas, velocidad y densidad, a partir de boquillas especialmente diseñadas para aplicaciones específicas. En la figura 2.7 se muestra el esquema de un sistema de agua pulverizada.

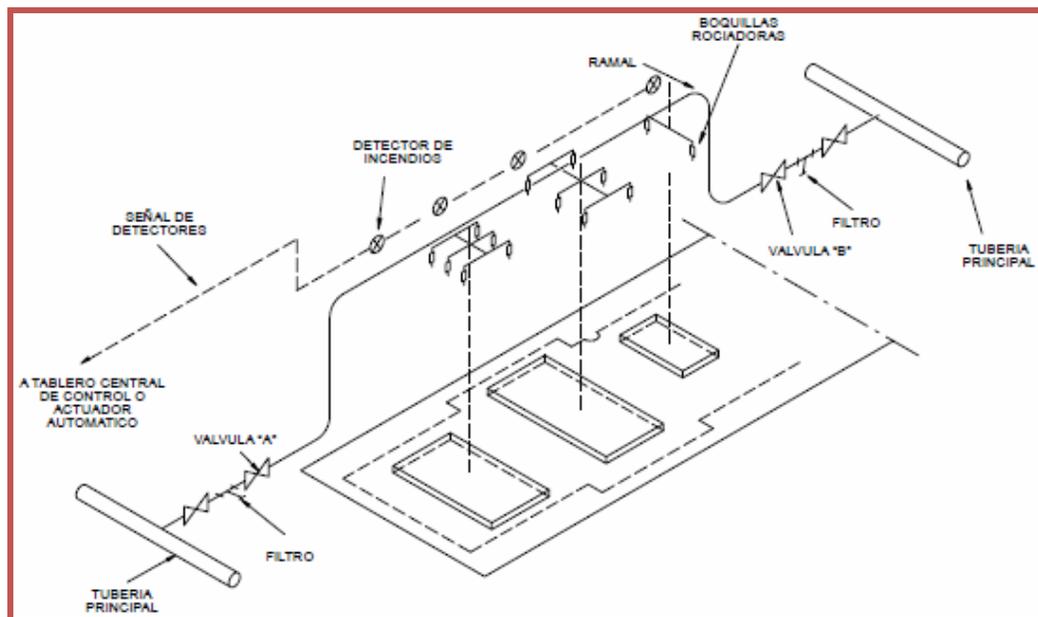


Figura 2.7: Sistema de agua pulverizada [Fuente: Norma PDVSA IR-M-03]

Estos sistemas de agua contra incendios mencionados, se usan comúnmente en la protección de equipos de proceso, tanques de líquidos y gases inflamables, equipos eléctricos y equipos rotativos. [4]

2.2.2 Triángulo y tetraedro del fuego [6]

El fuego no puede existir sin la conjunción simultánea del combustible (material que arde), comburente (oxígeno del aire) y de la energía de activación (chispas mecánicas, soldaduras, fallos eléctricos, etc.)

Si falta alguno de estos elementos, la combustión no es posible (reacción de oxidación entre un combustible y un comburente, iniciada por una energía de activación). A cada uno de estos elementos se los presenta como lados de un triángulo, llamado triángulo de fuego, que es la representación de una combustión sin llama o incandescente. Ver figura 2.8

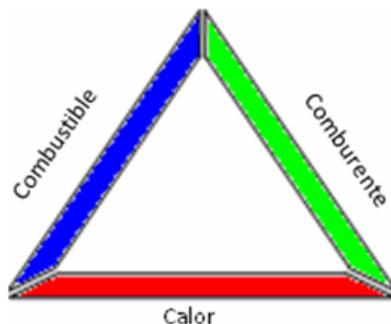


Figura 2.8: Triángulo del fuego. [Fuente: Elaboración Propia]

Existe otro factor, “reacción en cadena”, que interviene de manera decisiva en el incendio. Si se interrumpe la transmisión de calor de unas partículas a otras del combustible, no será posible la continuación del incendio, por lo que ampliando el concepto de triángulo del fuego a otro similar con cuatro factores obtendremos el tetraedro del fuego, que representa una combustión con llama. Ver figura 2.9

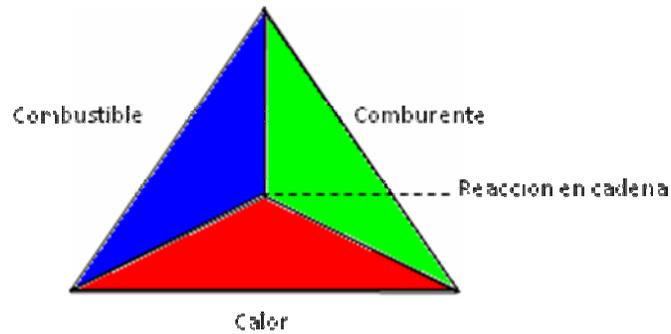


Figura 2.9: Tetraedro del fuego. [Fuente: Elaboración Propia]

2.2.2.1 Clasificación de los fuegos en función de la naturaleza del combustible^[6]

Según el tipo de combustible, los fuegos se clasifican en cuatro clases, que se corresponden con las cuatro primeras letras del alfabeto:

- **Fuegos de clase A:** Son los producidos o generados por combustibles sólidos, tales como: madera, carbón, paja, tejidos, etc. Retienen el oxígeno en su interior, formando brasas.
- **Fuegos clase B:** Son los producidos o generados por combustibles líquidos, tales como: gasolina, aceites, pinturas, grasas, etc, o aquellos sólidos que a la temperatura de ignición se encuentren en estado líquido, como asfaltos, parafinas, etc. Solamente arden en su superficie, ya que está en contacto con el oxígeno del aire.
- **Fuegos clase C:** Son los producidos o generados por sustancias gaseosas, tales como: propano, metano, hexano, butano, etc.
- **Fuegos clase D:** Son los producidos o generados por metales combustibles, tales como: magnesio, aluminio en polvo, sodio, circonio, etc. El tratamiento para extinguir estos fuegos ha de ser minuciosamente estudiado.

2.2.3 Líquidos Inflamables ^[5]

Líquidos con punto de inflamación inferior a 37,8 °C (100 °F) y una presión de vapor absoluta que no exceda 277 kPa (40 lbs/pul²), a 37,8 °C (100 °F), subdivididos de la siguiente forma:

- **Clase I:** Incluye los líquidos con punto de inflamación menor que 37,8 °C (100 °F).
- **Clase IA:** Líquidos con punto de inflamación menor que 22,8 °C (73 °F) y punto de ebullición menor que 37,8 °C (100 °F).
- **Clase IB:** Líquidos con punto de inflamación menor que 22,8 °C (73 °F) y punto de ebullición mayor o igual que 37,8 °C (100 °F).
- **Clase IC:** Líquidos con punto de inflamación mayor o igual a 22,8 °C (73 °F) y menor que 37,8 °C (100 °F).

2.2.4 Líquidos Combustibles ^[5]

Líquidos con punto de inflamación igual o mayor que 37,8 °C (100 °F) subdivididos de la siguiente forma:

- **Clase II:** Líquidos con punto de inflamación mayor o igual a 37,8 °C (100 °F) y menor que 60 °C (140 °F).
- **Clase IIIA:** Líquidos con punto de inflamación mayor o igual a 60 °C (140 °F) y menor que 93,3 °C (200 °F).
- **Clase IIIB:** Líquidos con punto de inflamación mayor o igual a 93,3 °C (200 °F).

2.2.5 Mecanismos de extinción^[6]

La falta o eliminación de uno de los elementos que intervienen en la combustión (combustible, comburente, energía de activación y reacción en cadena), daría lugar a la extinción del fuego. Según el elemento que se elimine, aparecerán distintos mecanismos de extinción:

- a) **Dilución o desalimentación:** Retirada o eliminación del elemento combustible.

- b) **Sofocación o inertización:** Se llama así al hecho de eliminar el oxígeno de la combustión o, más técnicamente, "impedir" que los vapores que se desprenden a una determinada temperatura para cada materia, se pongan en contacto con el oxígeno del aire.

Este efecto se consigue desplazando el oxígeno por medio de una determinada concentración de gas inerte, o bien cubriendo la superficie en llamas con alguna sustancia o elemento incombustible.

- c) **Enfriamiento:** Este mecanismo consiste en reducir la temperatura del combustible. El fuego se apagará cuando la superficie del material incendiado se enfríe a un punto en que no deje escapar suficientes vapores para mantener una mezcla o rango de combustión en la zona del fuego. Por lo tanto, para apagar un fuego por enfriamiento, se necesita un agente extintor que tenga una gran capacidad para absorber el calor. El agua es el mejor, más barato y más abundante de todos los existentes.

La ventilación ayuda a combatir el incendio, porque elimina el calor y humo de la atmósfera, especialmente en los niveles bajos, reduciendo al

mismo tiempo las oportunidades de una explosión por acumulación de vapores.

- d) Inhibición o rotura de la reacción en cadena:** Consiste en impedir la transmisión de calor de unas partículas a otras del combustible, interponiendo elementos catalizadores entre ellas. Sirva como ejemplo la utilización de compuestos químicos que reaccionan con los distintos componentes de los vapores combustibles neutralizándolos, como por ejemplo polvos químicos.

2.2.6 Agentes extintores

Los productos destinados a apagar un fuego se llaman agentes extintores. Se enumeran escribiendo sus características y propiedades más elementales.

- **Líquidos:** Agua y espuma.
- ✓ **Agua (H₂O)** ^[6]: Líquido incoloro e inodoro que por su fácil disponibilidad, almacenamiento y transporte constituye un agente extintor económico, práctico y efectivo en los sistemas de operaciones de extinción de incendios.

Aplicación:

- Es especialmente eficaz para apagar fuegos de clase A (sólidos), ya que apaga y enfría las brasas.
- No debe emplearse en fuegos de clase B, a no ser que esté debidamente pulverizada, pues al ser más densa que la mayoría de los combustibles líquidos, éstos sobrenadan. Como es conductora de electricidad, no debe emplearse donde pueda haber corriente eléctrica, salvo que se emplee

debidamente pulverizada, en tensiones bajas y respetando las debidas distancias.

- ✓ **Espuma** ^[5,6]: Capa homogénea estable, formada por pequeñas burbujas obtenidas mediante la mezcla de aire en una solución de agua y concentrado de espuma a través de equipos especialmente diseñados. Básicamente apaga por sofocación, al aislar el combustible del ambiente que lo rodea, ejerciendo también una cierta acción refrigerante, debido al agua que contiene.

Aplicación:

- Se utiliza en fuegos clase A y B (sólidos y líquidos).
- Es conductora de la electricidad, por lo que no debe emplearse en presencia de corriente eléctrica.

Expansión de la espuma, definición ^[7]

La expansión de la espuma se define como, la relación entre el volumen final de la espuma y el volumen inicial de la mezcla antes de aplicársele el aire. La expansión puede ser: Baja-expansión cuando esta relación es de 1 a 20 veces (con 1 litro de mezcla se producen 20 litros de espuma), Media-expansión con relaciones de 20 a 200 veces, y Alta-expansión cuando se expanden de 200 a 2000 veces más que el volumen inicial.

Cada espuma es adecuada para un tipo de protección específica. Las espumas de Baja-expansión poseen la característica de desplazarse bien sobre superficies líquidas. Las espumas de Media-expansión se utilizan para la supresión de vapores o humos tóxicos. La espuma de Alta-expansión es la

más adecuada para fuegos tridimensionales, pero también se utiliza para apagar fuegos producidos por líquidos derramados.

Tipos de concentrados de espuma ^[5]

- **Espuma de película acuosa (AFFF):** Espuma lograda a partir de un concentrado sintético de surfactantes fluorados y aditivos estabilizadores, que permite formar una película acuosa sobre la superficie del combustible, la cual suprime la generación de vapores.
 - **Espumas especiales:** Espumas especiales desarrolladas para el combate de incendios en líquidos que son solubles en agua, o que atacan químicamente a las espumas mencionadas previamente. Estos tipos de espumas son generalmente denominados “Espuma Tipo Alcohol” o “Espuma Tipo Solvente Polar”, y su composición química es muy variable.
 - **Espuma fluoroproteínica:** Espuma lograda a partir de un concentrado de proteínas hidrolizadas, modificadas con aditivos surfactantes fluorados.
 - **Espuma universal:** Espuma lograda a partir de un concentrado especialmente formulado, que permite su aplicación tanto en incendios de hidrocarburos líquidos ordinarios, como en líquidos solubles en agua o solventes polares.
- **Sólidos:** Polvos
- ✓ **Polvo químico seco (PQS) ^[6]:** Son polvos de baja toxicidad y elevado poder extintor compuestos por carbonatos (CO_3), fosfatos (PO_3) o sulfatos (SO_4) cuyas bases fundamentales son sodio (Na) o de potasio (K). Los polvos son

impulsados desde su contenedor (cilindros, esferas, matafuegos, etc) por medio de un gas inerte, CO₂ o N₂.

Aplicación:

- Son aptos para extinguir los fuegos Clase A (papel, madera, etc.), Clase B (solventes, ceras, grasas, etc.), Clase C (electricidad) por lo que son llamados triclase.
- Los PQS no son tóxicos ni conducen la electricidad a tensiones normales, por lo que pueden emplearse en fuegos en presencia de tensión eléctrica. Su composición química hace que contaminen los alimentos. Pueden dañar por abrasión mecanismos delicados.
- ✓ **Polvos especiales:** Son aptos para combatir fuegos metálicos. Por ejemplo:
 - Pypene: Compuesto por grafito granulado con el agregado de un fosfato orgánico. Se lo arroja al fuego mediante palas especiales.
 - Polvo met-lx: Compuesto de cloruro sódico con aditivos que incluyen fosfato tricálcico y estearatos metálicos. Se adiciona un material termoplástico para hacer más compacta la masa de cloruro de sodio al ser aplicado sobre el fuego.
 - Piromet: Es otro polvo compuesto por cloruro de sodio y fosfato monoamónico (ó fosfato tricálcico), se le agregan sustancias proteicas para hacer compacta la masa, arcilla y un agente estabilizador de la humedad. Se suele usar en equipos impulsados por CO₂.

Aplicación:

- No deben ser utilizados para fuegos de clase A (sólidos).
- No deben ser utilizados para fuegos de clase B (líquidos combustibles).
- No deben ser utilizados para fuegos de clase C (gases inflamables).
- Son adecuados para fuegos de clase D (metales como el magnesio, titanio, potasio, sodio y otros).

➤ **Gaseosos:** Dióxido de carbono. ^[5]

- ✓ **Dióxido de carbono:** Gas incoloro e inodoro, de densidad 1,5 veces mayor la del aire, que posee varias propiedades que lo convierten en un agente útil para la extinción de incendios.

Aplicación:

- Se emplea para apagar fuegos de sólidos (clase A, superficiales), de líquidos (clase B) y de gases (clase C). Al no ser conductor de la electricidad, es especialmente adecuado para apagar fuegos en los que haya presencia de corriente eléctrica.

Presentados los agentes extintores, la tabla 2.1 contiene el recomendado para la clase de fuego a apagar.

Tabla 2.1: Extintores adecuados, según la clase de fuego a combatir

Extintor	Clase de fuego
Agua	A
Espuma	A,B
Polvo Químico Seco	A,B,C
Polvos Especiales	D
Dióxido de Carbono	A,B,C

2.2.7 Tipos de sistemas contra incendios

❖ Según el modo de aplicación ^[6]:

- ◆ **Sistemas fijos:** El agente extintor es transportado por una conducción e impulsado sobre el fuego a través de boquillas fijas adosadas a la misma. ^[4]
- ◆ **Sistemas semifijos:** El agente extintor es transportado por una conducción e impulsado sobre el fuego a través de una manguera y lanza o monitor móvil. ^[4]
- ◆ **Sistemas móviles:** El agente extintor es transportado u impulsado sobre el fuego mediante un vehículo automotor.

❖ Según la sustancia extintora:

- **Sistema de agua ^[6]:** Es el proceso de extinción o control de un fuego mediante disminución de la temperatura. Es el agente extintor más antiguo. Apaga por enfriamiento, absorbiendo calor del fuego para evaporarse. La cantidad de calor que absorbe es muy grande.

En general es más eficaz si se emplea pulverizada, ya que se evapora más rápidamente, con lo que absorbe más calor. El agua cuando se vaporiza aumenta su volumen 1600 veces.

La aplicación de agua contra incendios en una instalación podrá realizarse a partir de hidrantes y monitores, sistemas automáticos de rociadores y/o sistemas de agua pulverizada.

- **Sistema de espuma ^[8]:** Se aplican a todas aquellas instalaciones de producción, proceso, almacenamiento y mercadeo. Existen varios tipos de sistemas de espuma:

- **Sistema fijo:** Es un sistema completo, constituido por una red de distribución, alimentada a partir de una central de espuma que contiene el tanque de concentrado y el equipo proporcionador, descargando espuma a través de dispositivos fijos sobre el área a proteger. Todos los componentes del sistema están permanentemente instalados.

- **Sistema semifijo:** Es un sistema constituido por dispositivos fijos de carga para aplicar la espuma sobre el área a proteger, unidos a una red de distribución, cuyas conexiones terminales se ubican en un lugar seguro respecto al área protegida.

La red de distribución puede contener o no el generador de espuma. El concentrado de espuma y los equipos necesarios para su dosificación requieren ser transportados al lugar cuando se desea operar el sistema.

Existen dos formas para la aplicación de espuma en tanques de almacenamiento a través de un sistema fijo o semi-fijo:

- a) **Inyección superficial:** Este método de aplicación consiste básicamente en una o más cámaras de espuma instaladas en las paredes del tanque, por debajo de la unión techo-pared, tal como se muestra en la figura 2.14. Las cámaras de espuma deben tener en su interior un sello de vidrio de 1,5 milímetros de espesor, para evitar la salida de vapores del tanque hacia las tuberías del sistema de espuma. Las cámaras se interconectan mediante una o más tuberías de distribución de solución agua-concentrado, la cual es suministrada por una estación central de espuma, (Sistema Fijo), o por camiones de bomberos que se conectan a las tuberías de distribución mediante un múltiple (Sistema Semi-Fijo). En el anexo 3 se muestra el número de cámaras a utilizar, dependiendo del diámetro del tanque.

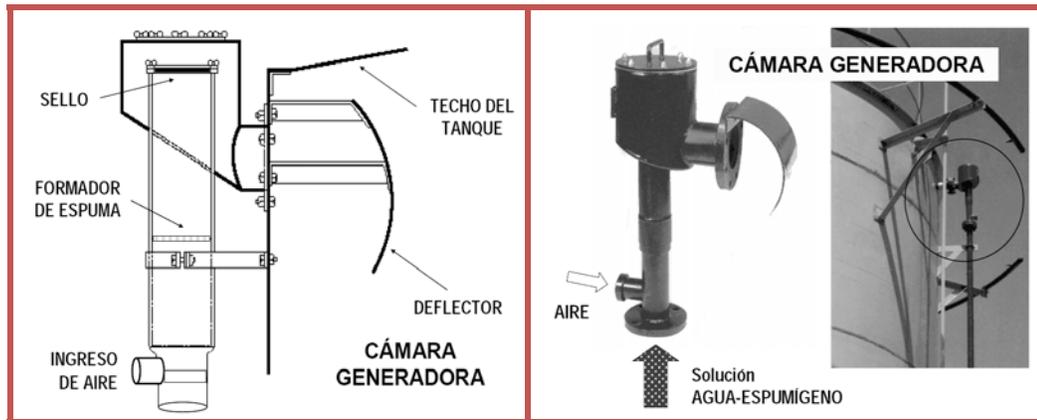


Figura 2.10: Cámara de espuma. [Fuente: Norma PDVSA IR-M-04]

Limitaciones

- ✓ La espuma aplicada puede tener dificultades para formar, o nunca formar, un sello cohesivo contra las paredes de un tanque que haya estado incendiado durante un tiempo prolongado.
- ✓ No se recomienda la instalación de cámaras de espuma en tanques atmosféricos mayores de 60 metros de diámetro.
- ✓ La explosión que precede normalmente al incendio en un tanque de techo cónico, puede dañar seriamente las cámaras de espuma, impidiendo o reduciendo la efectividad del sistema.

En la figura 2.15 se observa la aplicación de espuma por inyección superficial, para aquellos tanques que requieran protección contra incendios.

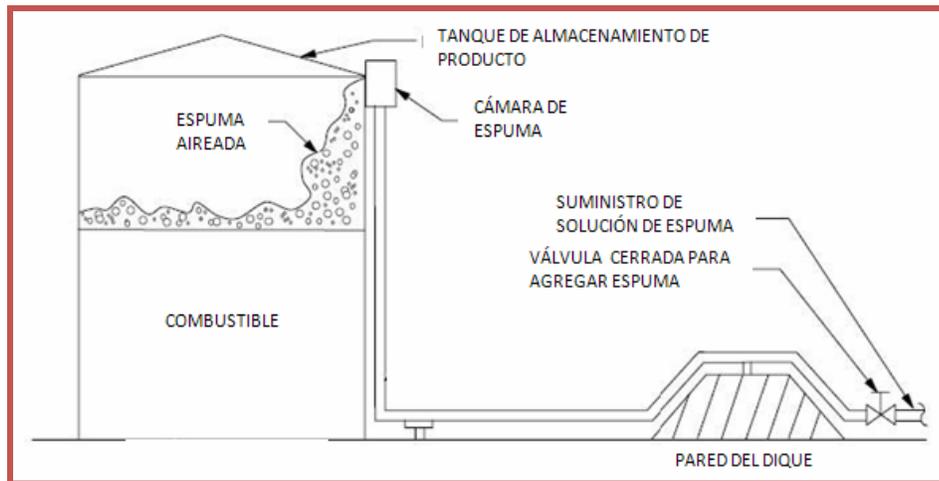


Figura 2.11: Aplicación superficial de espuma a través de cámaras en tanques de techo fijo.
[Fuente: Engineering Manual. Foam System]

b) Inyección bajo superficie: En este método de aplicación, la descarga de la espuma se produce a través de conexiones, instaladas en la parte inferior de la pared del tanque. La espuma penetra al tanque por debajo del nivel del líquido almacenado, ascendiendo por su menor densidad hasta la superficie y formando una capa sobre ésta. La figura 2.16 muestra el proceso descrito.

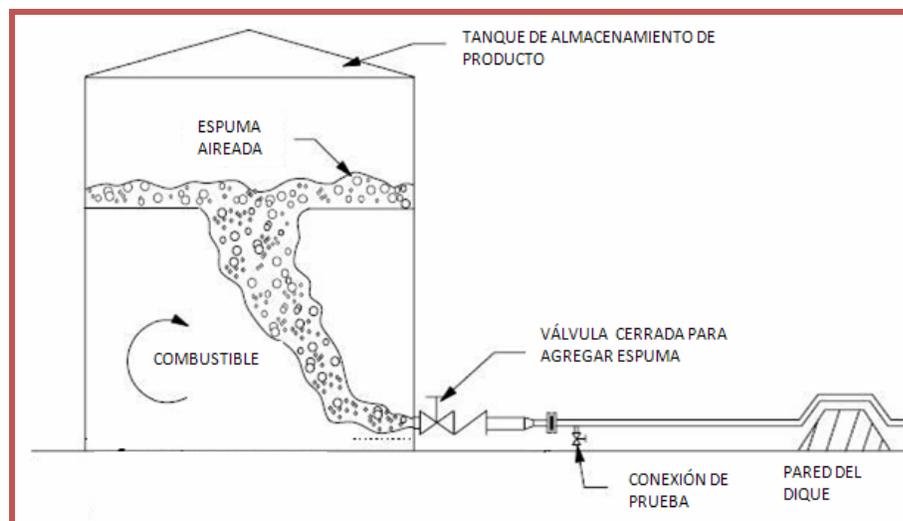


Figura 2.12: Aplicación de espuma bajo superficie en tanques de techo fijo. [Fuente: Engineering Manual. Foam System]

En instalaciones nuevas, la inyección de espuma bajo superficie, deberá hacerse a través de una línea dedicada exclusivamente a esta aplicación.

En instalaciones existentes, donde por razones operacionales el tanque a proteger no pueda ser sacado fuera de servicio, podrá aceptarse como alternativa temporal, la inyección de espuma a través de la tubería de producto del tanque. En la figura 2.17 se muestra un arreglo para este caso. Esta es una solución temporal, que deberá modificarse en la primera oportunidad en que el tanque sea sometido a reparaciones y/o mantenimiento. Es importante señalar que esta alternativa elimina la posibilidad de transferir el contenido del tanque, mientras se está aplicando espuma.

Para proteger tanques atmosféricos de techo cónico con diámetros mayores de 60 metros (200 pies), se recomienda el método de inyección bajo superficie sobre cualquier otro, salvo que las características propias del líquido almacenado, justifiquen la utilización de otro método de protección.

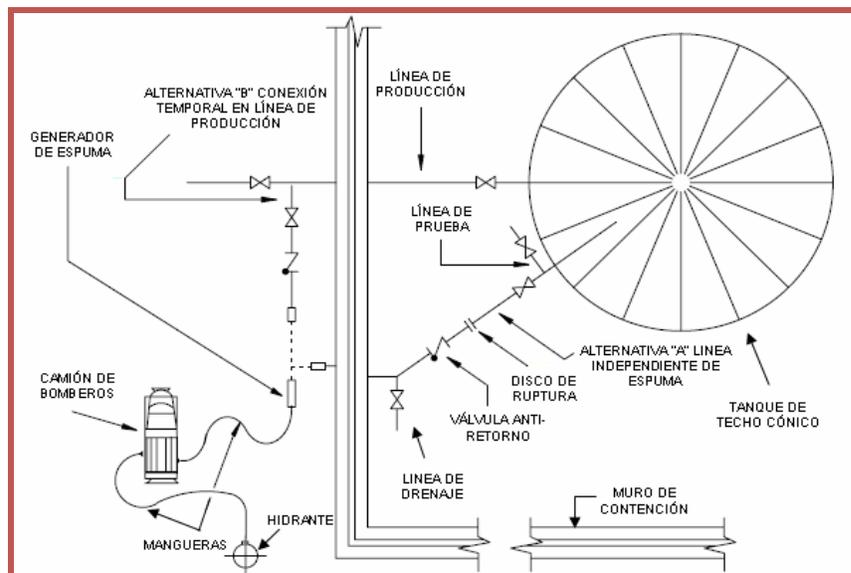


Figura 2.13: Arreglo típico para el método de inyección de espuma bajo superficie. [Fuente: Norma PDVSA IR-M-04]

Limitaciones

- ✓ Los sistemas de inyección bajo superficie, no podrán instalarse en tanques de techo cónico que contengan:
 - Líquidos Inflamables Clase IA.
 - Líquidos Inflamables y Combustibles del tipo de Solventes Polares o Miscibles en agua.
 - Líquidos Combustibles de Viscosidad mayor de 25 S.S.F a 50 °C.

- **Sistemas móviles:** Incluye todas aquellas unidades montadas sobre ruedas, bien sean autopropulsadas o remolcadas por un vehículo auxiliar. Estos sistemas requieren su conexión a la red de agua contra incendios, de donde obtienen el agua y la presión requeridas para la formación de la espuma. En la figura 2.18 se observan estos sistemas móviles.



Figura 2.14: Sistemas móviles de espuma. [Fuente: Artículo técnico-Sistemas de espuma]

- **Sistemas portátiles:** Incluye todos aquellos sistemas cuyos componentes deben ser transportados a mano. La figura 2.19 muestra un dispositivo portátil en funcionamiento.



Figura 2.15: Sistema portátil para aplicación de espuma de espuma. [Fuente: Artículo técnico-Sistemas de espuma]

- **Sistemas especiales de extinción de incendios**^[9]
 - **Sistemas de dióxido de carbono (CO₂):** El dióxido de carbono (CO₂) es un gas, el cual no es combustible y no reacciona con la mayor parte de las sustancias. El CO₂ como agente no conductor de la electricidad puede emplearse en incendios de equipos eléctricos energizados. El CO₂ no deja residuos ya que se vaporiza al estar en contacto con el aire, eliminando la necesidad de limpieza que otros agentes pueden causar.
 - **Sistema de polvo químico seco (PQS):** Los sistemas fijos a base de polvo químico seco, están constituidos por una fuente de almacenamiento del polvo y un arreglo de tuberías con boquillas o toberas, que descargan el agente sobre el área del incendio. El mecanismo de extinción de estos agentes, se basa fundamentalmente en la interrupción de la reacción de combustión que se produce en todo incendio.
 - **Sistemas de vapor de ahogo:** Estos sistemas tienen aplicación en aquellas instalaciones nuevas o existentes que dispongan de facilidades para la

generación y distribución de vapor de agua. El uso del vapor de agua como agente extinguidor de incendios, se basa en la exclusión del oxígeno necesario para proseguir la reacción de combustión.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la realización de trabajos o estudios de investigación, existen varios tipos o formas para llevarlos a cabo.

Antes de describir el tipo de investigación utilizada, es importante destacar que la empresa carece de información del sistema contra incendios existente, ya que no existen documentos y planos donde se plasme e indiquen los diámetros de la red de distribución, ubicación de los equipos y dispositivos que permiten la protección de los mismos.

Debido al párrafo anterior, el presente estudio se basó en su inicio en un tipo de investigación exploratoria ya que se buscó información válida que permitió familiarizarse con absoluta propiedad en el área en estudio, identificando las variables más importantes. En pocas palabras, la aplicación de este estudio exploratorio ayudó a obtener, con relativa rapidez, ideas y conocimientos del problema para después estudiarlo a mayor profundidad.^[10]

Es importante mencionar que el estudio no sólo fue del tipo exploratorio ya que no se podrían obtener resultados, es por esta razón que el estudio pasó de una investigación exploratoria a descriptiva, para especificar de esta manera, propiedades, características y rasgos importantes del problema analizado.

3.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de la investigación es de tipo bibliográfico y de campo. Bibliográfico, porque se hizo uso de lectura y consultas de libros, tesis, y cualquier otro tipo de información escrita que se consideró importante y necesaria para realizar la investigación. De campo, porque el mismo objeto de estudio sirvió como fuente de información, logrando apreciar directamente el área de trabajo, ya que se realizaron visitas a la planta para el acopio de material, estableciendo una interacción entre los objetivos del estudio y la realidad.

3.3 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Para el cumplimiento de los objetivos descritos en la presente investigación, se realizó el siguiente procedimiento:

3.3.1 Primera etapa: Recopilación de información

Para la elaboración del proyecto se realizó en primer lugar la búsqueda de información bibliográfica. Se revisaron libros, tesis de temas referentes a sistemas contra incendios, normas y estándares de PDVSA, que sirvieron para la realización del estudio haciendo de éste un sistema eficiente.

Por otra parte, se utilizó la entrevista no estructurada, la cual fue dirigida a operadores y personal que labora en la planta, con el propósito de obtener respuestas a interrogantes que surgieron a lo largo del proceso de investigación. El tipo de entrevista fue informal, ya que en este caso el esquema a interrogantes a plantear y la secuencia de las mismas fue abierta y flexible.

Cabe destacar que estas entrevistas fueron realizadas en el ambiente de estudio para que los datos suministrados de forma libre fuesen veraces y confiables, puesto

que este personal es el encargado de realizar las actividades de la planta y poseen un amplio conocimiento del sistema.

La información recopilada fue la siguiente:

El sistema contra incendios está diseñado para proteger: una planta de servicio eléctrico, la planta EPM-1, la planta MPE-1 (que consta de una zona de calentamiento (A) y una zona de almacenamiento (B)) y la estación MOR-ERO (esta última formará parte integral de la Planta MPE-1). (Ver figura 3.1)

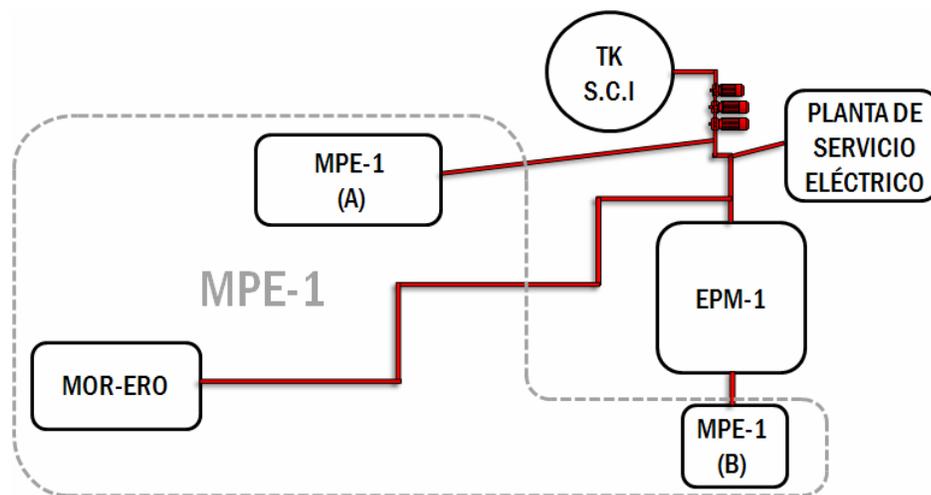


Figura 3.1: Esquema general del sistema contra incendios. [Fuente: Elaboración Propia]

El sistema de almacenamiento de agua contra incendios consta de un (1) tanque (TK) con las siguientes características mostradas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Características del tanque del sistema contra incendios

Diámetro	Altura	Capacidad
100 ft (30,48 m)	32 ft (9,75 m)	40000 Bls

El tanque presenta una conexión para su llenado con agua proveniente del río. Cumpliendo con la reposición del 50% de agua contra incendios de la tasa máxima de descarga. Recomendado por la norma PDVSA IR-M-03. Punto 6.1.1. ^[4]

En la figura 3.2 se puede observar el tanque del SCI, donde se indica la tubería de llenado y una tubería de retorno de agua, ésta última se debe a un sistema de recirculación de caudal para evitar sobrepresiones en el sistema de bombeo.

En caso de necesitar mayor cantidad de agua que la almacenada, actualmente los operadores de la planta utilizan el agua empleada para el procesamiento del crudo almacenada en el tanque TK-109002. Ver plano SCI-01 en anexo 10.



Figura 3.2: Tanque del sistema contra incendios. [Fuente: Propia]

El Sistema de bombeo de agua contra incendios tiene una capacidad total de 3600 gpm. En la figura 3.3 se observa la caseta de bombas del SCI que consta de:

- Una (1) bomba jockey con capacidad de 100 gpm.
- Una (1) bomba principal eléctrica con capacidad de 1800 gpm.

- Una (1) bomba principal diesel con capacidad de 1800 gpm.
- Una (1) bomba diesel adicional con capacidad de 2501 gpm.

Esta configuración existente de las bombas cumple con lo establecido en la norma PDVSA IR-M-03, contando con la bomba de presurización (jockey), dos bombas principales cada una surtiendo el 50% del caudal de diseño (eléctrica y diesel) y una bomba diesel adicional.^[4]



Figura 3.3: Caseta de bombas del sistema contra incendios. [Fuente: Propia]

Procedimiento general para el funcionamiento automático de las bombas del sistema contra incendios existente:

- El sistema debe mantenerse presurizado a 150 psi en la línea de agua. Esta presión se obtiene con la bomba jockey.
- En caso de accionar uno o varios hidrantes o monitores, el interruptor de presión de la bomba jockey detecta la caída de presión y se acciona automáticamente, operando dentro de su rango de 120-150 psi.

- Una vez restablecida la presión de 150 psi, la bomba jockey se desactivará automáticamente.
- Si la presión disminuye a menos de 150 psi, el interruptor de la bomba eléctrica principal la activará, automáticamente. Una vez en operación esta bomba solo puede ser desactivada manualmente.
- Si la presión de la tubería cae en un rango entre 0 y 100 psi, en el caso de usar varios hidrantes y monitores simultáneos, se accionará automáticamente la bomba diesel, la cual solo puede ser desactivada manualmente.
- En caso de falla o mantenimiento de una de las dos bombas principales, entra en servicio la bomba diesel adicional.

3.3.2 Segunda etapa: Familiarización con las instalaciones existentes en la planta.

Durante ésta etapa se realizaron visitas a las diferentes áreas de trabajo de la planta (MPE-1, EPM-1, planta de servicio eléctrico y estación MOR-ERO), con la finalidad de relacionarse con el sistema existente. Identificando los componentes del sistema contra incendios, las instalaciones que actualmente requieran protección, los tipos de aplicación y la configuración del sistema (ruteo de tuberías).

Esta familiarización permitió evaluar el sistema en dos partes:

- Una parte “A” para verificar el requerimiento de agua, realizado a través de dos estudios:

Primer estudio. Para determinar la cantidad de agua agregada actualmente a cada equipo con los dispositivos instalados.

Segundo estudio. Consiste en determinar mediante cálculos el requerimiento mínimo de agua basado en norma, incluyendo modificaciones y nuevos equipos. Con la finalidad de establecer comparaciones con el primer estudio y verificar si actualmente cumple con los requerimientos mínimos de agua.

- Una parte “B” para verificar la red de distribución.

Como complemento del estudio realizado durante las visitas, se determinó la siguiente observación:

- ✓ Planta de servicio eléctrico:

La norma PDVSA IR-M-03, tabla N°1, punto 1.m (ver anexo 1) establece que el sistema de protección requerido para estos equipos es el agua, cuya aplicación podrá realizarse a partir de sistemas fijos de agua pulverizada, monitores, hidrantes y/o carretes de mangueras.

De acuerdo a una inspección, esta pequeña área se encuentra bien protegida ya que la misma está dotada de varios hidrantes y sistemas de agua pulverizada para protección de los equipos en caso de incendios.

3.3.3 Tercera etapa: Descripción general de las instalaciones existentes a proteger y determinación del tipo de sistema contra incendios a utilizar en cada área de la planta.

Para la realización de esta etapa se especificó la cantidad y los tipos de equipos a proteger que se encuentran en operación en cada una de las plantas, con el propósito de verificar si la protección aplicada es la adecuada, y establecerla en aquellos equipos donde esté ausente.

En la figura 3.4 se observan los equipos existentes y se indica a que planta pertenecen (ver con detalle plano SCI-01 en anexo 10). Cabe destacar que los dos tanques de la estación MOR-ERO, se encuentran actualmente fuera de servicio, debido a que eran utilizados para almacenamiento de orimulsión, cuyo cierre de producción fue establecido por Ministerio de Energía y Petróleo.

Para la nueva filosofía de la planta se realizarán modificaciones como la reubicación y aumento en cantidad (dos equipos adicionales de 5 existentes) de las bombas P-201, la instalación de un tanque de 150000 Bls, dos deshidratadores y la puesta en funcionamiento de los dos tanques de la estación MOR-ERO para almacenamiento de crudo. En el plano SCI-02 en anexo 10, se pueden observar todos los equipos incluyendo modificaciones y nuevas instalaciones.

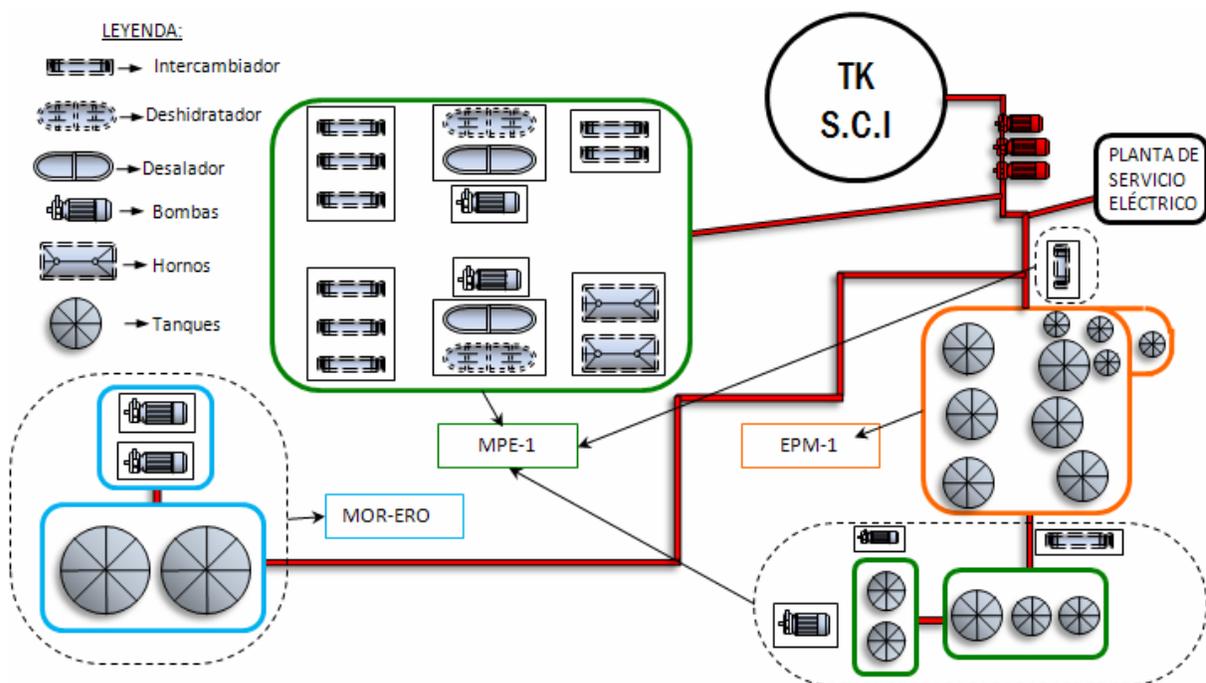


Figura 3.4: Equipos existentes y su ubicación. [Fuente: Elaboración Propia]

Se revisaron los manuales de diseño de PDVSA. Partiendo del Manual de Ingeniería de Riesgos. (Criterios de Análisis Cuantitativo de Riesgos. PDVSA IR-M-02). El cual permitió determinar los diferentes tipos de sistemas contra incendios (Sistema de Agua Contra Incendios PDVSA IR-M-03 y Sistema de Espuma Contra Incendios PDVSA IR-M-04) así como el tipo de aplicación que se requiere en cada una de las áreas presente.

La información obtenida de los manuales nombrados en el párrafo anterior permitió elaborar la siguiente tabla 3.2, donde se establece el tipo de sistema contra incendios que se debe aplicar a cada equipo presente en la planta. Esto sirvió para verificar el tipo de SCI aplicado actualmente y para aplicar el adecuado a los nuevos equipos.

Tabla 3.2: Tipo de sistema contra incendios que se debe utilizar en cada área de la planta, basado en las especificaciones de PDVSA IR-M-03 e IR-M-04

Área	Sistema contra incendios				
	Extintores Portátiles	Gabinete de manguera	Agua pulverizada	Hidrantes y Monitores	Espuma
Bombas de transferencia			x	x	x
Bombas de carga			x	x	x
Tanques			x	x	x
Hornos				x	
Intercambiadores				x	
Deshidratadores				x	
Desaladores				x	

[Fuente: Elaboración Propia]

3.3.4 Cuarta etapa: Protección contra incendios que posee cada área, tipo de sistema instalado y cantidad total de agua que se agrega actualmente a cada equipo en caso de incendios.

De acuerdo a una evaluación por medio de visitas realizadas a la planta, se obtuvo que la protección existente concuerda con lo establecido en la tabla 3.2. Sin embargo, la aplicación de espuma por medio de inyección bajo superficie debe sustituirse por inyección superficial en los tanques TK-20001 y TK-20002 ubicados en la planta MPE-1 (basado en norma, debido al líquido almacenado). También se requiere una mejor distribución de hidrantes-monitores para protección de los intercambiadores E-207, terminar el sistema de rociadores de espuma de la caseta N°1 y colocar dos monitores ausentes en la caseta de bombas N°2.

Además se debe brindar protección contra incendios adecuada por medio de agua y espuma a los tanques de la estación MOR-ERO ya que el producto almacenado anteriormente (orimulsión), no requiere protección contra incendios, a pesar de estar instalados dos hidrantes-monitores para cada uno. En el plano SCI-01, anexo 10 se puede observar los tanques y los dispositivos extintores instalados.

Para calcular la cantidad de agua agregada actualmente a cada equipo con los dispositivos instalados, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones establecidas en la norma PDVSA IR-M-03. Punto 6.5.1 y 6.6.1:

- Un hidrante exterior típico maneja un flujo de 185 gpm por cada boca de descarga de 2^{1/2} pulg, a una presión de 100 Lbs/pulg².^[4]
- Los monitores están dotados con boquillas de tipo chorro-niebla, con capacidad mínima de 500 gpm a una presión de 100 Lbs/pulg².^[4]

En la figura 3.5 se muestra un esquema de un hidrante y un hidrante-monitor (hidrante con monitor conectado en la parte superior mediante bridas), especificando para cada uno el caudal manejado.

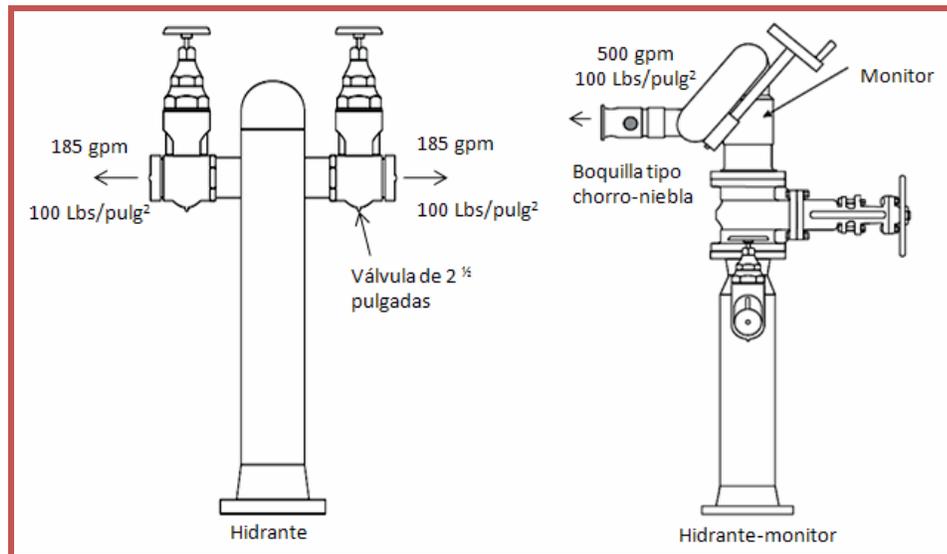


Figura 3.5: Caudal manejado por hidrante y monitor. [Fuente: Catálogo de TECNOFUEGO]

A continuación se presenta el procedimiento empleado para determinar la cantidad de agua agregada actualmente con los dispositivos instalados en los diferentes equipos.

a) Intercambiadores, deshidratadores, desaladores, hornos y bombas

Para estos equipos, el procedimiento empleado es el siguiente: Por ejemplo, se tiene un equipo bordeado con la tubería del SCI, la cual tiene instalados dos hidrantes-monitores opuestos como se muestra en la figura 3.6



Figura 3.6: Equipo protegido por dos hidrantes-monitores. [Fuente: Elaboración Propia]

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores de la norma PDVSA IR-M-03, se determina el dispositivo instalado y con ello la cantidad de agua manejada por el mismo:

- Dispositivo instalado: 2 hidrantes-monitores, cada hidrante dotado de 2 bocas de 2^{1/2} pulgadas.
- Cantidad de agua a utilizar: $(500 \text{ gpm} \times 2) + (185 \text{ gpm} \times 4) = 1740 \text{ gpm}$
(0,1098 m³/s).

Ver ejemplo de cálculo en Anexo 5 (a).

b) Tanques

En el caso de los tanques se realiza el procedimiento anterior, tomando en cuenta además la aplicación de agua por el anillo rociador y el agua para la aplicación de espuma. Ver ejemplo en Anexo 5 (b).

3.3.5 Quinta etapa: Evaluación del requerimiento de agua contra incendios necesario para las diferentes secciones de la planta, enmarcado bajo la norma PDVSA IR-M-03 e IR-M-04

En esta etapa se presentaron los requerimientos de agua mínima para cada una de las secciones existentes en la planta, basándose en las normas PDVSA IR-M-03 e I-RM-04. Esto con la finalidad de verificar si la cantidad de agua almacenada en el tanque del sistema contra incendios y la agregada a cada equipo con los dispositivos instalados actualmente (calculada en la cuarta etapa), es la apropiada.

A continuación se presenta el procedimiento para el cálculo de agua en cada uno de los equipos:

a) Caudal (Q) de agua requerido en el área de los Intercambiadores, deshidratadores, desaladores y hornos:

Tasa de aplicación: Aplica lo indicado en la tabla 1, punto 1.g de la norma PDVSA IR-M-03. 0,25 gpm/pie² sobre el área de piso proyectada por los equipos. ^[4] (Ver anexo 1)

$$Q = Q_e$$

$$Q_e = A \times q$$

Donde:

Q_e = Consumo de agua para enfriamiento.

A = Área de piso proyectado por los equipos.

q = Tasa de aplicación.

Ver ejemplo en Anexo 5 (c).

b) Caudal (Q) de agua requerido en el área de bombas

Tasa de aplicación ^[4]:

- El punto 1.i, tabla 1 de la norma PDVSA IR-M-03 “SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIOS”. 0,50 gpm/ft² sobre el área de piso proyectada por los equipos.

- Según la norma PDVSA IR-M-04, “SISTEMA DE ESPUMA CONTRA INCENDIOS”. 0,10 gpm para concentrado de película acuosa (AFFF), sobre el área de piso de la estación de bombas. ^[7]

Ver ejemplo en Anexo 5 (d).

c) Caudal (Q) de agua requerido en el área de Tanques:

Según la norma PDVSA IR-M-03 “SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIOS” (tabla 1, punto 1.C). (Ver anexo 1)

- Agua para el enfriamiento de las paredes del tanque incendiado y los tanques adyacentes. ^[4]
- Espuma para la extinción de incendios en la superficie del tanque. ^[4]

Tasa de aplicación:

- 0,2 gpm/ft² para el enfriamiento del tanque incendiado. Considerando el 50 % de toda la superficie de la pared del tanque. ^[4]
- 0,1 gpm/ft² para enfriamiento de tanques adyacentes. Considerando la totalidad del techo y solo el 50 % de las paredes. ^[4]

Ver anexo 5 (e)

Según la norma PDVSA IR-M-04 “SISTEMA DE ESPUMA CONTRA INCENDIOS” Todo tanque atmosférico de techo cónico, igual o mayor a 60 ft (18m) de diámetro que almacenen: ^[7]

- a. Líquidos inflamables clase I.
- b. Líquidos combustibles clase II.

- c. Petróleo crudo.
- d. Líquidos combustibles clase IIIA (cuando la temperatura este en un rango de hasta 8 °C (15°F), como máximo, por debajo de su punto de inflamación)

Deberán protegerse con sistemas fijos o semi-fijos de espuma.

Además del sistema fijo o semi-fijo de inyección instalado en el tanque, deberá disponerse de protección adicional para extinguir incendios de líquidos derramados cerca del tanque.

La protección adicional se podrá efectuar por medio de mangueras conectadas a las tuberías de distribución del sistema de espuma del tanque, o a sistemas móviles de espuma.

Para este caso se utilizan sistemas móviles de espuma, que requieren conexión a la red de agua contra incendios, de donde obtienen el agua y la presión requeridas para la formación de espuma.

Los puntos 6.5 y 6.6 de la norma PDVSA IR-M-03 exigen la instalación de hidrantes y monitores como sistemas de protección de respaldo. El número a instalarse, dependerá del requerimiento de agua establecido para el tanque en estudio.^[4]

Ver ejemplo en Anexo 5 (f).

d) Determinación del volumen de agua a ser almacenado

El volumen total de agua a ser almacenado deberá contar con la capacidad para garantizar por lo mínimo seis (6) horas de suministro continuo:

$$V = Q \times T$$

Donde:

V: Volumen de agua requerido.

Q: Caudal de diseño requerido.

T: Tiempo mínimo de almacenamiento de agua requerido en la Planta (T= 6 horas)

$$V = \text{Caudal}(gpm) \times 6\text{horas} \times \frac{60 \text{ min}}{1\text{hora}} = \text{Valor}(gal)$$

$$V = \text{Valor}(gal) \times \frac{1Bl}{42 gal} = \text{Resultado}(Bl)$$

3.3.6 Sexta etapa: Comprobación de la red de tubería y sistema de bombeo.

En esta etapa se utilizaron criterios de la norma PDVSA IR-M-03 para verificar el diámetro y configuración del sistema de tuberías, tomando en cuenta que la velocidad máxima del agua en el ducto debe ser de 3 m/s (10 pie/s). Así como la determinación de la capacidad del sistema de bombeo basándose en el equipo con mayor consumo de agua, es decir, el elemento crítico.

Según la norma PDVSA IR-M-03. Parágrafo 6.4.2.a. “En el cálculo hidráulico, normalmente se utiliza una combinación de los métodos de Hardy-Cross y Hazen-Williams, con C=100 para tuberías de acero al carbono y C=140 para tuberías revestidas internamente con concreto”.^[4]

Para verificar la red de tuberías del sistema actual se utilizó este método de las aproximaciones sucesivas introducido por Hardy Cross. ^[11] Ver ejemplo en anexo 5 (g).

En la figura 3.7 se observa un esquema general de la red de distribución actual, indicando el dimensionamiento existente. Ver con detalle, plano SCI-01 en anexo 10.

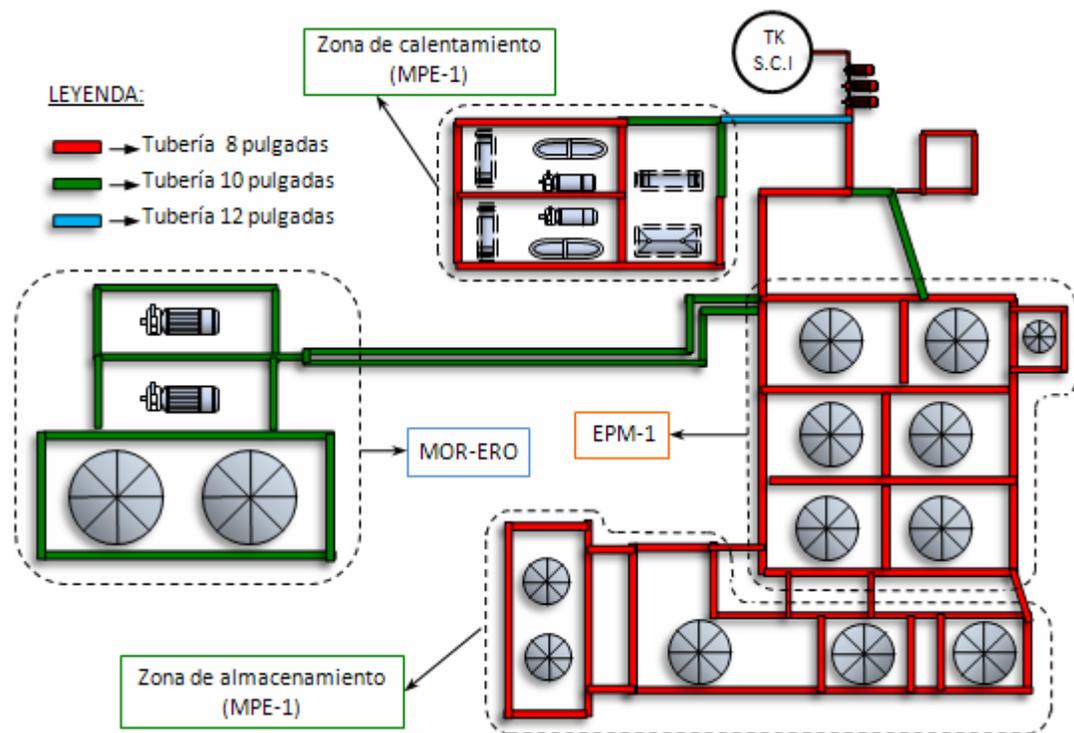


Figura 3.7: Red general del sistema de tuberías existente. [Fuente: Elaboración Propia]

Para comprobar el sistema de bombeo existente se realizó lo siguiente:

Una vez obtenidos los requerimientos de agua para cada equipo, se escoge el mayor consumo, que sería el caudal de diseño, para determinar la capacidad de bombeo y compararla con la existente.

Atendiendo a los resultados de la evaluación, se presentó la propuesta para tomar los correctivos necesarios y adecuar el sistema cumpliendo con las especificaciones establecidas en las normas de sistemas contra incendios.

3.3.7 Séptima etapa: Estimación de costos.

La adecuación del sistema contra incendios, se basó en ofrecer una acción para acometer un proceso de mejoras en el mismo, a través de cambios significativos, para así hacer de éste una unidad de alto desempeño, eficiente y eficaz para solucionar los problemas que se puedan presentar.

Para la puesta en marcha de la propuesta planteada, es importante determinar la inversión inicial que debe realizar la empresa en la implantación de la propuesta.

Esta etapa consiste en estimar los costos de los recursos necesarios (materiales y equipos) para completar las actividades del proyecto. Esta aproximación de costo se estimó considerando ciertas variaciones, como lo fue la alternativa de utilizar equipos existentes con el propósito de mejorar la administración del presupuesto del proyecto.

Cabe destacar, que esta información fue suministrada por las diferentes empresas nacionales que prestan servicios, como son: TUBOACERO C.A, MCT C.A, MARGEL C.A, SOLTUCA, VEMACERO C.A, TUVANOSA, KAINOS C.A y TECNOFUEGO C.A.

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se exponen, discuten e interpretan los datos y resultados obtenidos del presente estudio. Una vez recogidos los datos y planteado el proceso de estudio, se procede al análisis de los datos y al estudio de la principal información obtenida de dicho análisis.

Como la evaluación de la planta se realizó en dos partes (previamente establecida en la segunda etapa del CAPÍTULO III), primero se presentan los resultados de la verificación del requerimiento de agua (parte A) y luego de la red de distribución (parte B).

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Parte “A”: Verificación del requerimiento de agua

A continuación se presentan datos necesarios que permitieron determinar la cantidad de agua que requiere cada equipo:

En la tabla 4.1 se muestran las áreas de piso proyectada por cada uno de los equipos (excluyendo tanques, porque no se emplea en ellos) que se encuentran operando dentro de la planta, cuya área fue utilizada para calcular la cantidad de agua que requiere cada uno, de acuerdo a la norma PDVSA IR-M-03.

Para determinar la cantidad de agua para protección de los tanques de acuerdo a la norma PDVSA IR-M-03 e IR-M-04, la tabla 4.2 presenta las características de los mismos en funcionamiento y el producto contenido.

Con la información de las dos tablas mencionadas (tabla 4.1 y tabla 4.2), se obtuvo el requerimiento de agua para cada caso, presentado en la tabla 4.3 (Estudio N°2), mostrado en metros cúbicos por segundos para comparar los caudales con el estudio N°1 y en barriles para establecer la capacidad de almacenamiento exigida, lo que permitió verificar el tanque del SCI existente, que tiene una capacidad de 40000 barriles.

El análisis de la tabla 4.3 se realizó de la siguiente manera, primero se examinó el sistema actual para estudiar cualquier incumplimiento de normas y segundo se estableció una comparación entre el requerimiento de agua actual y el requerido a través de normas.

Tabla 4.1: Área de piso proyectada por los equipos.

Equipo	Área (m ²)
E-101	92,70
E-204, E-203 , E-202, E-201, E-205 [Tren A]	480
E-211 [Tren A]	61,48
E-207	298,36
E-211, E-201, E-202, E-203, E-204 [Tren B]	504
E-103	181,5
D-201,DS-201,DS-202[Tren A]	1157,08
Deshidratador nuevo	231,42
D-201,DS-201,DS-202[Tren B]	1280,67
[TrenB]+deshidratador nuevo	1431,1
F-201	970,34
P-201 Estudio N°2 Reubicación	756
P-202 y P-203 [Tren A]	114
P-202 y P-203 [Tren B]	114
P-003	95,90
Caseta N°1	735,5
Caseta N°2	640

Tabla 4.2: Dimensión de los tanques y producto almacenado.

Tanque	Diámetro (m)	Altura (m)	Producto
TK-109001	40	12,19	Crudo
TK-96001 TK-96002	39,60	12,19	Crudo
TK-20001 TK-20002	24,38	7,19	Diluyente
TK-150000. Nuevo	45,36	16,81	Diluyente
TK-217001 TK-217002	54,86	14,63	Crudo
TK-55001 TK-55002	34	12,19	Crudo
TK-80001 TK-80002 TK-80003 TK-80004	33,53	14,02	Crudo
TK-10008	12,19	15,24	Crudo
TK-20010	18,28	12,19	Diluyente
TK-20012 TK-20013	18,28	12,19	Crudo

- ❖ Comparación de la cantidad de agua que surte el sistema actual con la requerida a través de cálculos.

Tabla 4.3 Comparación del requerimiento de agua, Estudio N°1 y Estudio N°2 (1/2).

Equipos	Estudio N°1		Estudio N°2	
	Caudal (m ³ /s)	Volumen (Bls)	Caudal (m ³ /s)	Volumen (Bls)
E-101	0,0350	4757,14	0,0157	2138,14
E-204, E-203 , E-202, E-201, E-205 [Tren A]	0,1647	22371,42	0,0815	11071,37
E-211 [Tren A]	0,0549	7457,14	0,0104	1418,06
E-207	0,1098	14914,29	0,0507	6881,83
E-211, E-201, E-202, E-203, E-204 [Tren B]	0,1331	18085,71	0,0856	11625
E-103	0,0350	4757,14	0,0308	4186,37
D-201, DS-201, DS-202 [Tren A]	0,2196	29828,57	0,1964	26688,60
Equipo Nuevo	No existe	No existe	0,0393	7457,14
D-201, DS-201, DS-202 [Tren B]	0,1647	22371,42	0,2174	29539,29
[Tren B] +Nuevo	No existe	No existe	0,2430	34114,29
F-201	0,2196	29828,57	0,1647	22381,37
P-201. Estudio N°2 Reubicación	0,0350	4757,14	0,3067	41668,62
P-202 y P-203 [Tren A]	0,0736	9994,29	0,0462	6280,62
P-202 y P-203 [Tren B]	0,0736	9994,29	0,0462	6280,62
P-003	0,1285	17451,42	0,0335	4554,77
TK-109001	0,6846	93006,77	0,5545	75339,26
TK-96001	0,4630	62906,06	0,3866	52526,4
TK-96002	0,4198	57034,63	0,3866	52526,4
TK-20001	0,2345	31859,31	0,1990	27039,60
TK-20002	0,2345	31859,31	0,1990	27039,60
TK-150000. Nuevo	No existe	No existe	0,5446	73991,83
Caseta N°1	0,2186	14850	0,3055	20751,51
Caseta N°2	0,3043	20668,28	0,2595	17625,38
TK-217001	0,1565	21257,14	0,9267	125894,83
TK-217002	0,1565	21257,14	0,9267	125894,83

Tabla 4.3 Comparación del requerimiento de agua, Estudio N°1 y Estudio N°2 (2/2).

Equipos	Estudio N°1		Estudio N°2	
	Caudal (m ³ /s)	Volumen (Bls)	Caudal (m ³ /s)	Volumen (Bls)
TK-55001	0,2937	39899,83	0,3087	41944,46
TK-55002	0,3883	52756,97	0,4197	57024,00
TK-80001	0,3340	45375,60	0,3319	45089,83
TK-80002	0,3059	41561,31	0,3319	45089,83
TK-80003	0,3024	41089,89	0,3319	45089,83
TK-80004	0,2674	36332,74	0,3319	45089,83
TK-10008	0,0738	10031,91	0,1008	13692,17
TK-20010	0,1660	22557,77	0,1359	18458,40
TK-20012	0,0981	13328,57	0,1359	18458,40
TK-20013	0,1185	16095,09	0,1359	18458,40

- : Equipos pertenecientes a la Planta MPE-1.
- : Equipos pertenecientes a la Estación MOR-ERO.
- : Equipos pertenecientes a la Estación EPM-1.
- : Requieren mayor capacidad de agua almacenada en el tanque del SCI.

▪ **Análisis del arreglo existente (Estudio N°1)**

Los equipos TK-109001, TK-96001, TK-96002, TK-55002, TK-80001, TK-80002 y TK-80003, requieren un almacenamiento de agua mayor al existente, ya que el tanque del sistema contra incendios tiene una capacidad para almacenar un volumen de 40000 Bls.

El máximo requerimiento de agua en caso de un incendio actualmente se encuentra en el área de tanques. Específicamente TK-109001 con una exigencia de aproximadamente 0,6846 m³/s.

Según la norma PDVSA IR-M-03. Punto 6.1.1. El volumen total de agua a ser almacenado debe contar con la capacidad para garantizar por lo mínimo seis (6) horas de suministro continuo a la demanda máxima de diseño^[6]. Por eso es necesario que el tanque existente almacene un volumen de 93006,77 Bls de agua para cubrir una contingencia de incendios en el tanque 109001. La capacidad actual del tanque es de 40000 Bls por tanto no se garantiza el suministro de agua.

La capacidad actual del sistema de bombeo es de 0,2271 m³/s (3600 gpm) y se requiere una capacidad mínima de 0,6846 m³/s (10850,79 gpm). De igual forma la capacidad de bombeo es insuficiente para el abastecimiento de los siguientes equipos: TK-96001, TK-96002, TK-20001, TK-20002, TK-55001, TK-55002, TK-80001, TK-80002, TK-80003, TK-80004 y Caseta N°2.

Los tanques 217001 y 217002 no tienen sistema de enfriamiento de las paredes, ni protección con espuma, debido a lo descrito anteriormente, que los mismos eran utilizados para almacenamiento de orimulsión (líquidos inflamables de clase III). Cuyo líquido no necesita protección a menos que la temperatura de almacenamiento se encuentre en un rango de hasta 8°C como máximo por debajo del punto de inflamación, el cual no es este caso.

En la planta EPM-1, el único tanque con protección completa es el TK-20010, ya que el TK-20012 no tiene protección por enfriamiento a través de rociadores ni aplicación de espuma y los demás están ausentes de sistemas de enfriamiento por anillos rociadores.

- **Análisis comparativo de ambos estudios**

En la primera columna de la tabla 4.3 se observan los equipos existentes y las modificaciones a realizar, como por ejemplo, se aprecia los deshidratadores y desaladores del tren A y la instalación de un nuevo equipo separado de estos, cuyos consumos de agua se especifican en el Estudio N°2. De igual forma ocurre con los pertenecientes al tren B cuya diferencia es que la instalación del nuevo equipo, es justo al lado de los existentes, aumentando el área de proyección y a su vez el consumo de agua. En el caso de los tanques de la estación MOR-ERO se aprecia cómo están actualmente (Estudio N°1) y en caso de usarlos para almacenamiento de crudo (Estudio N°2).

La mayoría de los equipos pertenecientes a la estación MPE-1 y MOR-ERO, requieren mayor cantidad de agua en el sistema actual (Estudio N°1) que en los valores obtenidos a través de cálculos (Estudio N°2). Esto implica que la cantidad de dispositivos instalados para la aplicación de agua actualmente y específicamente en esos equipos, es apta en caso de una emergencia.

En el caso contrario, donde los valores son mayores en el Estudio N°2, como los desaladores y deshidratadores (Tren B), caseta de bombas N°1, equipos nuevos y modificación, el sistema actual tiene insuficiencia para protección de los equipos nombrados. Para ello se deben hacer las correcciones pertinentes para adecuar y colocar sistemas contra incendios para aquellos equipos que no posean.

Con el uso de los tanques TK-217001 y TK-217002, estos tendrían la mayor exigencia de agua ($0,9267 \text{ m}^3/\text{s}$). Requiriendo una capacidad de bombeo de 14688 gpm, y un almacenamiento de agua 125894,83 Bls.

En la planta EPM-1, los valores obtenidos a través de cálculos incluyen toda la protección establecida por las normas, mientras que en el sistema actual el único tanque con protección completa es el TK-20010. Razón por la cual el requerimiento de agua es mayor con los valores obtenidos en el Estudio N°2.

4.1.2 Parte “B”: Verificación de la red de distribución

En esta parte los resultados son presentados por plantas, comenzando por la MPE-1, luego MOR-ERO y finalizando con EPM-1.

Para cada planta se indica una serie de tablas que contienen información sobre el tramo de tubería, dimensionamiento y velocidad del agua con el diámetro existente. Estableciendo además el diámetro por norma que debe usarse en caso de exceder la velocidad máxima (3m/s) establecida por la norma PDVSA IR-M-03.

Una vez presentadas las tablas pertinentes de cada planta, se muestran los análisis correspondientes.

En la figura 4.1 se expone un esquema general de las tuberías que deben ser cambiadas debido a que la velocidad del agua en ellas supera los 3 m/s. Además se observan las tuberías nuevas que permitirán brindar protección al nuevo tanque de 150000 Bls y a las bombas P-201 reubicadas. Para mayor detalle cada título de tabla tiene una referencia, ya sea al plano SCI-01 o al plano SCI-02 en el anexo 10.

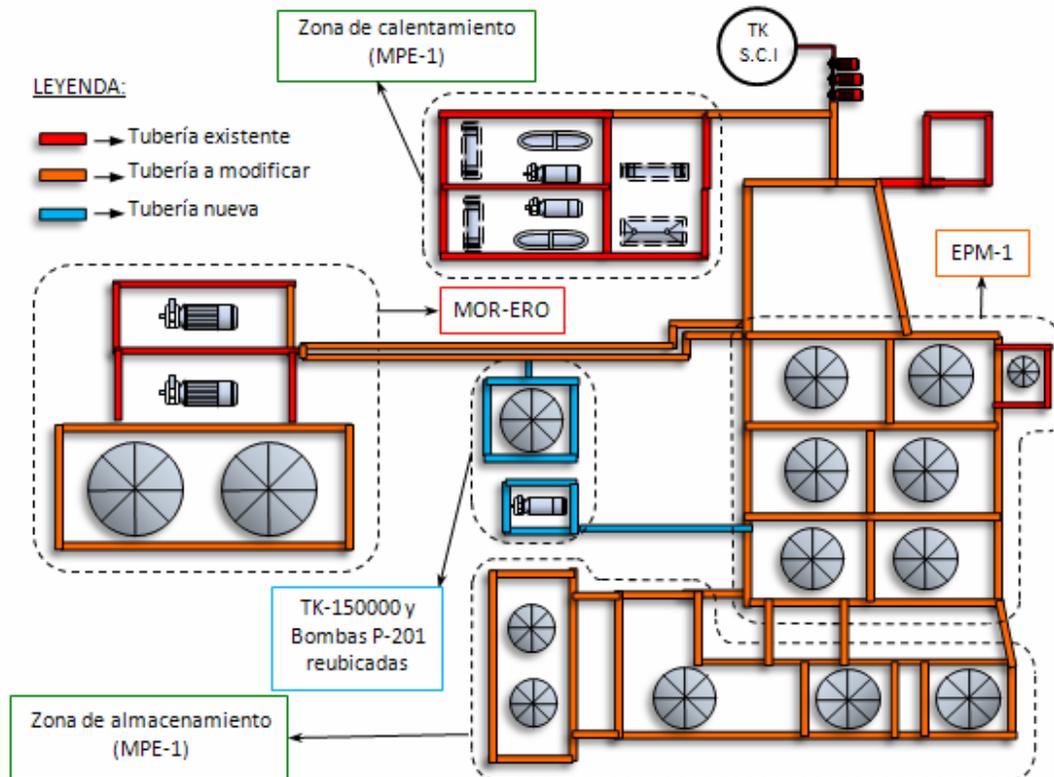


Figura 4.1: Red general del sistema de tuberías modificadas [Fuente: Elaboración Propia]

❖ Planta MPE-1

Los resultados en la planta MPE-1 son mostrados en dos zonas (calentamiento y almacenamiento). Como se observó en la figura 3.7, la mayoría de los diámetros de las tuberías y anillos principales son de 8 pulgadas.

En la zona de calentamiento se muestran dos tablas: tabla 4.4 donde se presentan resultados de lo existente y la tabla 4.5 donde se exponen los nuevos resultados debido a modificaciones realizadas en ésta zona.

En la zona de almacenamiento se muestran tablas que contienen información similar a las anteriores, donde la tabla 4.5 se refiere al anillo principal que encierra a cada tanque, la tabla 4.7 muestra la tubería principal que debería tener cada uno de

ellos, la tabla 4.8 se refiere al sistema de rociadores, para enfriamiento de las paredes de los tanques. En la figura 4.2 se presenta la identificación de las tuberías.

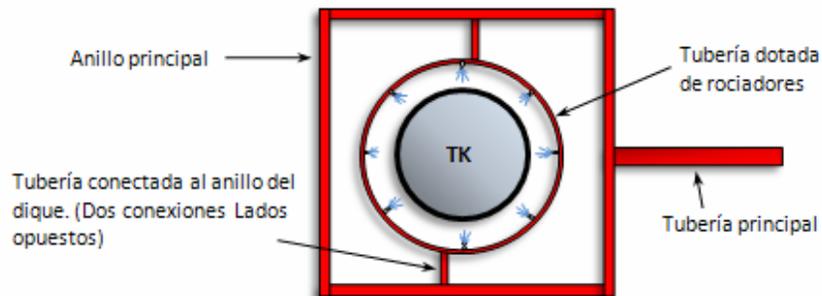


Figura 4.2: Identificación de tuberías [Fuente: Elaboración Propia]

La tabla 4.9, tabla 4.10, tabla 4.11 se refieren al dimensionamiento de la red para el nuevo tanque de 150000 bls y las tablas 4.12, tabla 4.13 se deben al dimensionamiento de la red para la reubicación de las bombas P-201.

♦ **Zona de calentamiento**

Tabla 4.4: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente, zona de calentamiento MPE-1 (Ver plano SCI-01 en anexo 10)

Tubería	Diámetro Existente (in)	Velocidad con D. Exist (m/s)
T-1	12	3,02
T-2	10	2,86
T-3	10	1,48
T-4	8	2,31
T-5	8	2,31
T-6	8	1,34
T-7	8	2,69
T-8	8	1,78
T-9	8	1,78
T-10	8	0,72
T-11	8	0,97
T-12	8	1,05

Tabla 4.5: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente incluyendo modificaciones, zona de calentamiento MPE-1 (Ver plano SCI-01 en anexo 10)

Tubería	Diámetro Existente (in)	Velocidad con D. Exist (m/s)	Diámetro por norma (in)	Velocidad con D. norma (m/s)
T-1	12	3,45	16	1,94
T-2	10	3,42	12	2,37
T-3	10	1,54	x	x
T-4	8	2,41	x	x
T-5	8	2,41	x	x
T-6	8	1,57	x	x
T-7	8	2,66	x	x
T-8	8	2,69	x	x
T-9	8	0,01	x	x
T-10	8	0,84	x	x
T-11	8	0,84	x	x
T-12	8	0,86	x	x

♦ **Zona de almacenamiento de la planta MPE-1**

Tabla 4.6: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido por norma en anillos principales de los tanques de la planta MPE-1. (Ver plano SCI-01 anexo 10). (1/2)

Tanque	Tubería	Diámetro Existente (in)	Velocidad con D. Exist (m/s)	Diámetro por norma (in)	Velocidad con D. norma (m/s)
109001	T-13	8	10,77	16	2,69
	T-14		10,77	16	2,69
	T-15		1,75	x	x
	T-16		5,40	12	2,40
	T-17		6,49	12	2,88
	T-18		7,30	14	2,38
	T-19		10,41	16	2,60
96001	T-20	8	7,21	16	1,80
	T-21		2,55	x	x
	T-22		3,97	10	2,54
	T-23		7,11	16	1,78

Tabla 4.6: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido por norma en anillos principales de los tanques de la planta MPE-1. (Ver plano SCI-01 en anexo 10). (2/2)

Tanque	Tubería	Diámetro Existente (in)	Velocidad con D. Exist (m/s)	Diámetro por norma (in)	Velocidad con D. norma (m/s)
96002	T-24	8	7,03	16	1,75
	T-25		2,02	x	x
	T-26		4,87	12	2,16
	T-27		5,96	12	2,65
20001 20002	T-28	8	4,01	10	2,57
	T-29		0,86	x	x
	T-30		3,24	10	2,07
	T-31		3,24	10	2,07

De acuerdo al requerimiento de agua y cumpliendo con la norma, la tubería principal del sistema contra incendios hacia el tanque TK-109001, y las principales de los demás tanques, deberían tener la siguiente dimensión:

Tabla 4.7: Dimensión de la tubería principal para los tanques de la planta MPE-1

Tanque	Tubería principal	Un tubo
109001	Diámetro por norma (in)	22
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,80
96001	Diámetro por norma (in)	18
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,83
96002	Diámetro por norma (in)	18
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,56
20001 20002	Diámetro por norma (in)	16
	Velocidad con D. norma (m/s)	1,81

Tabla 4.8: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido por norma en el sistema de rociadores de los tanques de la planta MPE-1. (Ver plano SCI-01 en anexo 10).

Tanque	Dimensionamiento	Tubería conectada al anillo del dique	Tubería dotada de rociadores
109001	Diámetro Existente (in)	6	4
	Velocidad con D. Existente (m/s)	3,0109	3,3827
	Diámetro por norma (in)	6	6
	Velocidad con D. norma (m/s)	3,0109	1,5054
96002 96001	Diámetro Existente (in)	6	3
	Velocidad con D. Existente (m/s)	2,8461	5,608
	Diámetro por norma (in)	6	4
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,8461	3,1
20001 20002	Diámetro Existente (in)	6	3
	Velocidad con D. Existente (m/s)	1,0274	2,0666
	Diámetro por norma (in)	6	3
	Velocidad con D. norma (m/s)	1,0274	2,0666

Tabla 4.9: Diámetro para la tubería del anillo principal del tanque 150000. (Ver plano SCI-02 en anexo 10)

Tubería	Diámetro por norma (in)	Velocidad por norma (m/s)
T-79	16	2,36
T-80		1,02
T-81		0,65
T-82		1,22
T-83		1,85

Tabla 4.10: Diámetro de la tubería principal del tanque 150000. (Ver plano SCI-02 en anexo 10).

Tanque	Tubería principal	Un tubo
150000	Diámetro por norma (in)	20
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,69

Tabla 4.11: Velocidad del agua en las tuberías a través de norma para el sistema de rociadores del tanque 150000. (Ver plano SCI-02 en anexo 10).

Tanque	Dimensionamiento	Tubería conectada al anillo del dique	Tubería dotada de rociadores
150000	Diámetro por norma (in)	8	6
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,6488	2,3573

Tabla 4.12: Diámetro para las tuberías de las bombas P-201. Reubicadas (Ver plano SCI-02 en anexo 10)

Tubería	Diámetro por norma (in)	Velocidad por norma (m/s)
T-91	12	1,93
T-92		1,18
T-93		1,26
T-94		2,28

Tabla 4.13: Dimensión de la tubería principal para las bombas P-201. Reubicadas (Ver plano SCI-02 en anexo 10)

Bombas	Tubería principal	Un tubo
P-201	Diámetro por norma (in)	16
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,37

Análisis de la red de distribución de la planta MPE-1

En la zona de calentamiento de la planta MPE-1 (tabla 4.4), actualmente las velocidades en las tuberías no son mayores de 3 m/s, solo existe un tramo crítico (tubería principal) donde la velocidad es 3,02 m/s siendo esta aceptable, por lo tanto el dimensionamiento actual de la red es apropiado. Sin embargo con la instalación del nuevo equipo en los deshidratadores y desaladores pertenecientes al tren B, se requiere un consumo mayor de agua en esta área de la planta, pasando de 3480 gpm (0,2204 m³/s) a 3980 gpm (0,2520 m³/s), aumentando las velocidades en el tramo 1 (tubería principal que alimenta esta zona) a 3,45 m/s y en el tramo 2 a 3,42 m/s (tabla 4.5). Requiriendo sustituir el diámetro existente a uno de 16 in para la tubería principal y de 12 in para el tramo 2 (tabla 4.5), de esta manera las velocidades en las tuberías serían menores a la máxima establecida por la norma.

En la zona de almacenamiento (tabla 4.6), se observa que la mayoría de las velocidades existentes en las tuberías alrededor del dique son mayores al tope establecido por la norma PDVSA IR-M-03 (3 m/s), por tanto se requieren diámetros de tuberías mayores al existente. Considerando para la dimensión del anillo formado en el dique, el mayor diámetro obtenido en los tramos evaluados (identificados de color rojo).

Por tener actualmente el tanque 109001 el mayor consumo de agua en caso de incendios. Debería existir una tubería que parta desde la sala de bombas hasta la ubicación de éste, formando un anillo a su alrededor, cuya tubería sería la principal del sistema, de donde se realizarían tomas para la protección del resto de los equipos.

En la tabla 4.7 se establece el diámetro de tubería principal por norma para cada uno de los tanques. En la instalación no existe una configuración como la descrita en

el párrafo anterior, mucho menos el diámetro de tubería que se requiere, ya que la existente es de 8 pulgadas como se observa en la figura 3.7.

En la tabla 4.8 se aprecia que el dimensionamiento existente del sistema de rociadores, específicamente de las tuberías conectadas al anillo principal a cada uno de los tanques, cumplen con la norma. Mientras que el diámetro de la tubería existente dotada de rociadores para los tanques; 109001, 96001 y 96002, deberían ser mayor al existente, para que las velocidades no superen la velocidad máxima establecida (3 m/s).

En las tablas 4.9, 4.10 y 4.11 se establecen bajo norma, los diámetros de la red contra incendios para la instalación del nuevo tanque de 150000 Bls.

Las bombas P-201 son reubicadas en una fosa, adicionando dos bombas para tener un total de siete. El dimensionamiento del anillo principal para este arreglo se especifica en la tabla 4.12, donde se requiere un diámetro de 12 pulg para que la velocidad sea menor al valor tope (3 m/s) establecido en la norma. En la tabla 4.13 se establece el diámetro de la tubería principal que alimenta estos equipos, el cual debe ser de 16 pulg.

❖ Estación MOR-ERO

Al igual que en la planta MPE-1, los resultados en este caso son presentados por dos zonas que son: la sala de bombas y el área de almacenamiento.

En la figura 3.7 previa, se puede observar el esquema general de la planta. La siguiente figura 4.3 muestra la red de distribución (10 pulg) y las dos áreas presentes en la estación MOR-ERO.

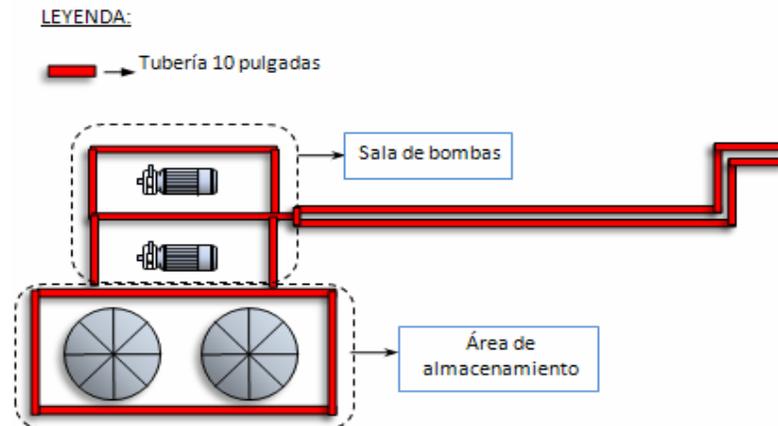


Figura 4.3: Estación MOR-ERO [Fuente: Elaboración Propia]

Para cada área, el proceso es el mismo explicado en la planta MPE-1. En la sala de bombas, la tabla 4.14 se refiere a los resultados de la verificación del anillo principal alrededor de cada caseta de bombas y la tabla 4.15 se debe a la tubería principal de las mismas.

En el área de almacenamiento, cabe destacar que se realizó el estudio para implementar el sistema de protección contra incendios de los tanques, ya que los mismos serán puestos en funcionamiento requiriendo protección con agua y espuma. Lo existente no es adecuado debido a que el producto (orimulsión) que almacenaban,

no requería protección, sin embargo están instalados dos hidrantes-monitores para cada uno, en un anillo principal con diámetro de 10 pulg alrededor de los tanques.

Las tablas 4.16, 4.17 y 4.18 contienen los resultados para la nueva protección donde la tabla 4.16 muestra el dimensionamiento del anillo principal alrededor de ambos tanques debido a su cercanía, la tabla 4.17 presenta el diámetro del tubo principal y en la tabla 4.18 se expone el dimensionamiento del sistema de rociadores.

- **Sala de bombas**

Tabla 4.14: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido a través de norma en las Casetas de bombas. (Ver plano SCI-01 en anexo 10)

Bombas	Tubería	Diámetro Existente (in)	Velocidad con D. Exist (m/s)	Diámetro por norma (in)	Velocidad con D. norma (m/s)
Caseta N°1	T-32	10	2,67	x	x
	T-33		0,28	x	x
	T-34		0,96	x	x
	T-35		1,66	x	x
Caseta N°2	T-36		2,71	x	x
	T-37		1,08	x	x
	T-38		1,08	x	x
	T-39		3,31	12	2,30

Tabla 4.15: Diámetro de la tubería principal para las Casetas de bomba. (Ver plano SCI-01 en anexo 10)

Bombas	Tubería principal	Dos tubos
Caseta N°1	Diámetro por norma (in)	10
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,16
Caseta N°2	Diámetro por norma (in)	10
	Velocidad con D. norma (m/s)	3

- **Área de Almacenamiento**

Tabla 4.16: Diámetro para las tuberías de los tanques TK-217001 y TK-217002 almacenando crudo (Ver plano SCI-02 en anexo 10)

Tubería	Diámetro por norma (in)	Velocidad por norma (m/s)
T-74	20	2,66
T-75		1,29
T-76		1,92
T-77		1,92

Tabla 4.17: Dimensión de la tubería principal para los tanques TK-217001 y TK-217002. (Ver plano SCI-02 en anexo 10)

Tanque	Tubería principal	Un tubo
217001	Diámetro por norma (in)	30
217002	Velocidad con D. norma (m/s)	2,71

Tabla 4.18: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido a través de norma para el sistema de rociadores de los tanques de la estación MOR-ERO. (Ver plano SCI-02 en anexo 10)

Tanque	Dimensionamiento	Tubería conectada al anillo del dique	Tubería dotada de rociadores
217001 217002	Diámetro por norma (in)	8	6
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,6488	2,3573

Análisis de la red de distribución de la estación MOR-ERO

En la tabla 4.14 se observa que actualmente la red de distribución de la caseta N°1 cumple con la norma, debido a que las velocidades son menores al tope establecido (3 m/s), por otro lado la caseta N°2 no cumple con la norma en el tramo 39, donde la velocidad es 3,31 m/s es decir mayor a la recomendada por la norma. Los demás tramos cumplen con lo establecido en ella.

Las tuberías principales para alimentar estas casetas se especifican en la tabla 4.15, donde se establece previo a un cálculo basado en norma, que las mismas deben ser, mínimo de 10 pulgadas. Actualmente existen dos tuberías de 10 pulgadas, es decir concuerda con los valores mínimos establecidos.

Poniendo en funcionamiento los tanques 217001 y 217002 de la estación MOR-ERO, para almacenamiento de crudo, estos serían la zona más crítica a proteger en toda la planta. Requiriendo una tubería principal del sistema contra incendios de 30 in (tabla 4.17), que parta desde la sala de bombas hasta ellos. Formando un anillo a su alrededor con una tubería de diámetro de 20 pulg (tabla 4.16) para que la velocidad sea menor al máximo valor establecido por la norma.

Para el sistema de rociadores ausente actualmente en estos tanques de MOR-ERO, se requieren dos tuberías conectada al anillo del dique (en lados opuestos) de 8 pulgadas y una tubería dotada de rociadores de 6 pulgadas (tabla 4.18).

❖ Planta EPM-1

En la figura 3.7 mostrada anteriormente se puede observar que esta planta es una zona de almacenamiento de crudo, y el dimensionamiento actual es de 8 pulg. En la siguiente tabla 4.19 se muestran los resultados de la verificación del anillo principal de cada tanque, luego en la 4.20 se expone la tubería principal que deberían tener y en la tabla 4.21 se presentan los resultados del sistema de rociadores existente.

Tabla 4.19: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido por norma en anillos principales de los tanques de la planta EPM-1 (Ver plano SCI-01 en anexo 10). (1/2)

Tanque	Tubería	Diámetro Existente (in)	Velocidad con D. Exist (m/s)	Diámetro por norma (in)	Velocidad con D. norma (m/s)
80001	T-40	8	5,77	12	2,56
	T-41		0,53	x	x
	T-42		3,47	10	2,22
	T-43		3,47	10	2,22
	T-44		3,47	10	2,22
	T-45		4,56	10	2,9
80002	T-46	8	4,87	12	2,16
	T-47		2,70	x	x
	T-48		2,70	x	x
	T-49		2,70	x	x
	T-50		3,50	10	2,24
	T-51		4,59	10	2,93
80003	T-52	8	4,81	12	2,14
	T-53		2,75	x	x
	T-54		3,45	10	2,21
	T-55		4,54	10	2,90
80004	T-56	8	4,5	10	2,89
	T-57		1,63	x	x
	T-58		1,8	x	x
	T-59		3,75	10	2,40
55001	T-60	8	4,87	12	2,16
	T-61		0,66	x	x
	T-62		1,28	x	x
	T-63		4,2	10	2,69
55002	T-64	8	6,57	12	2,92
	T-65		1,2	x	x
	T-66		3,49	10	2,23
	T-67		5,44	12	2,42
	T-68		5,44	12	2,42

Tabla 4.19: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido por norma en anillos principales de los tanques de la planta EPM-1 (Ver plano SCI-01 en anexo 10). (2/2)

Tanque	Tubería	Diámetro Existente (in)	Velocidad con D. Exist (m/s)	Diámetro por norma (in)	Velocidad con D. norma (m/s)
20012	T-69	8	1,49	x	x
	T-70		0,41	x	x
	T-71		0,56	x	x
	T-72		1,53	x	x

Tabla 4.20: Dimensión de la tubería principal para los tanques de la planta EPM-1.

Tanque	Tubería principal	Un tubo
80001	Diámetro por norma (in)	16
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,58
80002	Diámetro por norma (in)	16
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,36
80003	Diámetro por norma (in)	16
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,34
80004	Diámetro por norma (in)	16
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,07
55001	Diámetro por norma (in)	16
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,27
55002	Diámetro por norma (in)	16
	Velocidad con D. norma (m/s)	3
20012	Diámetro por norma (in)	8
	Velocidad con D. norma (m/s)	3

Tabla 4.21: Velocidad del agua en las tuberías con diámetro existente y el requerido a través de norma para el sistema de rociadores de los tanques de la planta EPM-1. (Ver anexo 10).

Tanque	Dimensionamiento	Tubería conectada al anillo del dique	Tubería dotada de rociadores
80001 80002 80003 80004	Diámetro Existente (in)	No existe	No existe
	Velocidad con D. Existente (m/s)	x	x
	Diámetro por norma (in)	6	4
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,7958	3,0357
55001 55002	Diámetro Existente (in)	No existe	No existe
	Velocidad con D. Existente (m/s)	x	x
	Diámetro por norma (in)	6	4
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,4396	2,7407
20010	Diámetro Existente (in)	4	3
	Velocidad con D. Existente (m/s)	2,9506	2,6667
	Diámetro por norma (in)	4	3
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,9506	2,6667
20012 20013	Diámetro Existente (in)	No existe	No existe
	Velocidad con D. Existente (m/s)	x	x
	Diámetro por norma (in)	4	3
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,9506	2,6667
10008	Diámetro Existente (in)	No existe	No existe
	Velocidad con D. Existente (m/s)	x	x
	Diámetro por norma (in)	4	3
	Velocidad con D. norma (m/s)	2,4546	2,1709

Análisis de la red de distribución de la planta EPM-1

El dimensionamiento existente de la red de la planta EPM-1 es de 8 pulgadas y la protección de los tanque 80001, 80002, 80003, 80004, 55001, 55002, 10008, 20010 y 20013 (los tres últimos se encuentran contenidos en el dique de los tanques 55001 y 55002. Ver plano SCI-01 en anexo 10.) por medio de hidrantes-monitores y aplicación de espuma es adecuada. El único inconveniente se encuentra en la ausencia de anillos de enfriamiento de las paredes de los tanque anteriores (excluyendo el 20010), y el dimensionamiento de la red de distribución, ya que se requieren diámetros de tuberías mayores al existente, para evitar velocidades mayores al tope establecido por la norma 3 m/s (ver tabla 4.19). Considerando para la dimensión del anillo formado en el dique, el mayor diámetro obtenido en los tramos evaluados (identificados de color rojo).

Además debería existir una tubería conectada a la tubería principal del sistema hasta la ubicación de éstos, formando un anillo a su alrededor. En la instalación no existe una configuración como esta y mucho menos el diámetro de tubería que se requiere (tabla 4.20). En el caso del tanque 20012, tablas 4.19 y 4.20 se aprecia que las velocidades en las tuberías son menores a 3 m/s cumpliendo con lo establecido en la norma.

En la tabla 4.21 se presentan los diámetros requeridos para las tuberías del sistema de rociadores para cada tanque de la planta EPM-1, donde el único con esta protección es el tanque 20010 y su instalación concuerda con los resultados de la inspección.

4.2 PROPUESTA

Los resultados obtenidos de la evaluación, evidencian la necesidad de modificar gran parte del sistema contra incendios, para devolverle al mismo sus condiciones de funcionamiento y fiabilidad requeridas. Entre las acciones propuestas, especificando bajo normas técnicas vigentes (PDVSA IR-M-03 e IR-M-04), se han incluido la modificación de los siguientes componentes: abastecimiento de agua, red, sistema de bombeo, sistemas de anillos rociadores y sistemas de espuma. La modificación de estos componentes se realizó tomando en consideración los resultados del estudio N°2 mostrados en la tabla 4.3.

4.2.1 Abastecimiento de agua

De acuerdo al máximo requerimiento de agua descrito anteriormente en el análisis de la tabla 4.3 específicamente estudio N°2 (CAPÍTULO IV), el tanque del SCI debe tener una capacidad de almacenamiento de 125894,83 Bls para combatir el máximo riesgo. La capacidad existente es de 40000 Bls, por tanto se requiere la construcción de un tanque de aproximadamente 86000 Bls para cubrir la demanda, o solo la construcción de uno con la capacidad total de almacenamiento requerida. Quedará de parte de la empresa (PDVSA) tomar la decisión para este caso en el diseño del tanque de almacenamiento.

4.2.2 Red

De los resultados obtenidos en la tabla 4.4 (Estudio N°2. CAPITULO IV), se determinó el dimensionamiento adecuado para la red de distribución, que permitirá la protección de todos los equipos.

En la figura 4.4 se expone la nueva configuración y dimensionamiento de la red cumpliendo con la norma (velocidades en las tuberías no sobrepasan los 3 m/s).

4.2.3 Sistema de bombeo

Para la adecuación del SCI, se tiene un requerimiento máximo de 3336 m³/h (14688 gpm) de agua. El sistema de bombeo tendrá una capacidad de 14688 gpm.

Para cumplir con la norma PDVSA IR-M-03, impulsando un 50% del caudal de diseño a través de motor eléctrico y el otro 50% a través de motor diesel cumpliendo con el rango de capacidades. Se requieren un total de seis (6) bombas para el SCI, de las cuales, las cuatro principales estarán instaladas en paralelo para mantener la misma presión a medida que aumenta el caudal. La configuración sería la siguiente:

- Una bomba presurizadora (bomba Jockey) con capacidad de 100 gpm (0,0063 m³/s).
- Dos bombas eléctricas principales con capacidad de 3672 gpm (0,23 m³/s) cada una.
- Dos bombas diesel principales con capacidad de 3672 gpm (0,23 m³/s) cada una.
- Una bomba diesel adicional con capacidad de 3672 gpm (0,23 m³/s).

Nota: Se tenía pensado utilizar las bombas existentes, pero debido a la falta de información de las mismas (como las curvas y las placas adosadas a ellas donde se establecen las características del equipo), se ha descartado esta posibilidad. Por tal razón se utilizará un nuevo sistema de bombeo, compuesto por las bombas mencionadas anteriormente.

4.2.3.1 Selección de las bombas: Para la selección de estos equipos se requiere el caudal de diseño que ya lo tenemos (14688 gpm) y la altura de bombeo, cuyo valor se determinó de la siguiente manera:

- ♦ Montando la trayectoria principal del sistema contra incendios (Ver figura 4.5) en el simulador PIPEPHASE versión 8.1, partiendo desde la descarga de las bombas (punto D) hasta el anillo de los tanques de la estación MOR-ERO, considerando que todo el caudal es manejado por el hidrante monitor más lejano, se obtiene la presión y la velocidad en la descarga de las bombas. Ver simulación en Anexo13.

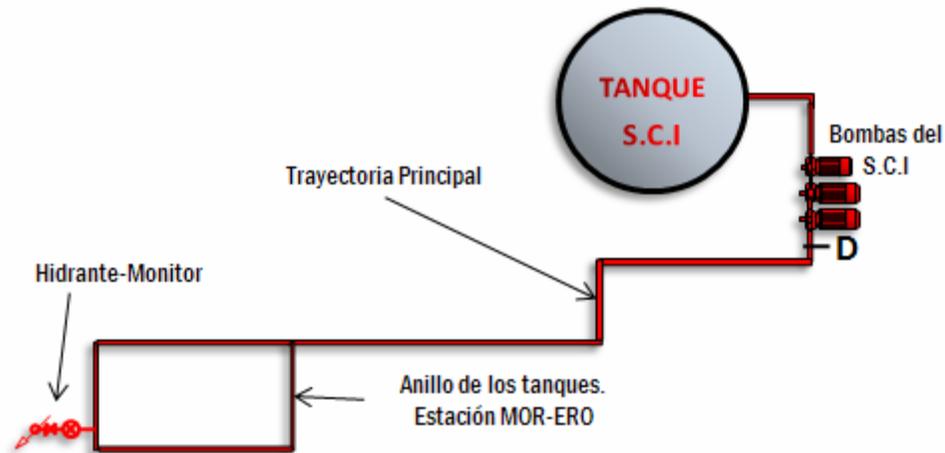


Figura 4.5: Configuración de la nueva tubería principal del SCI [Fuente: Elaboración Propia]

- Aplicando la ecuación de Bernoulli entre la superficie del líquido en el tanque (considerando condiciones críticas donde la altura del líquido es 6 pie, punto A) y la descarga de las bombas, punto D, se obtiene la altura útil o altura de bombeo. Ver figura 4.6

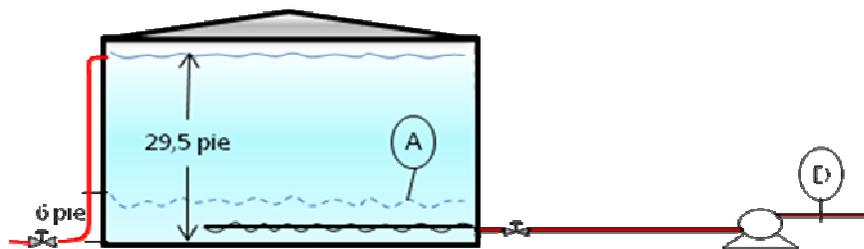


Figura 4.6: Puntos donde se realiza el Bernoulli [Fuente: Elaboración Propia]

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A + H_B - H_T = \frac{P_D}{\gamma} + \frac{V_D^2}{2g} + Z_D$$

$$H_B = \frac{P_D}{\gamma} + \frac{V_D^2}{2g} + H_T - Z_A$$

Donde:

P_D : Presión de descarga: 119,3 psi (822547,2751 N/m²)

V_D : Velocidad en la descarga: 7,29 pie/s (2,2220 m/s)

Z_A : Altura del líquido: 29,5 pie (9 m)

g : Gravedad: 9,81 m/s²

γ : Peso específico: 9810 N/m³

H_T : Pérdida de carga, m

$$H_T = \frac{10,675 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$$

Donde:

D : Diámetro de la tubería: 30 pulgadas (0,7620 m)

Q : Caudal del flujo en el conducto: 14688 gpm (0,9267 m³/s)

C : Coeficiente de rugosidad de Hazen & Williams ($C= 100$ tuberías de acero al carbono), adimensional.

L : Longitud de tubería, mas la longitud equivalente de los accesorios, m.

Longitud equivalente

Accesorio	Longitud equivalente
Codo 30 in	36 pie (10,9728 m)
Proyección. Int. de entrada de tubería 30 in	175 pie (53,34 m)

Longitud (L): $12 + 10,9728 + 53,34 = 76,3128 \text{ m}$

$$H_T = \frac{10,675 \times 0,9267^{1,85} \times 76,3128}{100^{1,85} \times 0,7620^{4,87}} = 0,5339 \text{ m}$$

$$H_B = \frac{822547,2751 \text{ N} / \text{m}^2}{9810 \text{ N} / \text{m}^3} + \frac{(2,2220 \text{ m} / \text{s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m} / \text{s}^2} + 0,5339 \text{ m} - 1,82 \text{ m} = 82,8133 \text{ m}$$

Teniendo las especificaciones de caudal y la altura de bombeo del sistema en estudio. Se contactó al fabricante, para ubicar el punto de funcionamiento H, Q en las curvas características de las bombas, con la finalidad de determinar la eficiencia y la potencia del motor de accionamiento.

OBSERVACIÓN: Las bombas diesel de 3672 gpm fueron cotizadas tal cual las solicitadas, ahora las bombas eléctrica de 3672 gpm como se necesita de más de 400 hp, la empresa KAINOS C.A no tenía el precio para el motor, tendrían que pedir a Patterson que solicite precios a diferentes fabricantes tales como WEG, U.S. Motors o LINCOLN para poder cotizar motores de ese tamaño, esto llevaría un tiempo. Por lo tanto se cotizó para un arreglo de dos pares de bombas en paralelo de 2000 gpm cada una para que entonces cada par sume 4000 gpm. En el anexo 8 se Adjuntan las curvas de las bombas, donde por leyes de afinidad se obtuvo el diámetro del impulsor para cada una de las bombas.

El punto de operación para las bombas diesel es:

Q		HB	
(m ³ /s)	(gpm)	(m)	(pie)
0,23	3672	82,81	271,68

El punto de operación para las bombas eléctricas requeridas es:

Q		HB	
(m ³ /s)	(gpm)	(m)	(pie)
0,12	1836	82,81	271,68

Las bombas son fabricadas por PATTERSON PUMP COMPANY cuyas características son las siguientes:

Bomba eléctrica:

- Capacidad máxima: 2000 GPM.
- Revoluciones: 1780 RPM.
- Modelo: 10x8 M.
- Rango de presión: 65-152 PSI.
- Diámetro del impulsor: 15,83 pulgadas.

Bomba diesel:

- Capacidad máxima: 4000 GPM.
- Revoluciones: 1750 RPM.
- Modelo: 12x8 MAA.
- Rango de presión: 98-188 PSI.
- Diámetro del impulsor: 16,55 pulgadas.

4.2.4 Estimación de Costos

Para la puesta en marcha de la propuesta planteada, es importante determinar la inversión inicial que debe realizar la empresa en la implantación de la misma. El

costo de ésta tiene un valor aproximado de 9.992.978,1 BsF. Cabe destacar que ésta inversión se estableció tomando en consideración el uso de tuberías y dispositivos (hidrantes, monitores, válvulas, codos) que serán aprovechados para el nuevo sistema, reduciendo de esta manera una parte de los costos.

En el anexo 9 se muestra la determinación de los costos individuales de los equipos que formarán el sistema propuesto, indicando además aquellos que serán utilizados del sistema existente. Finalmente se describe el total de la inversión que debe emplear la empresa, la cual, es necesaria para el seguimiento y cumplimiento de los objetivos y metas del sistema contra incendios.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En lo referente a la evaluación del sistema existente y a los resultados obtenidos del estudio, se concluye:

1. Al estudiar el sistema contra incendios existente se detectaron irregularidades tales como: deficiencia en la capacidad de almacenamiento y bombeo de agua para cubrir varias exigencias y velocidades en tuberías mayores a la establecida por la norma, debido al uso de tuberías con diámetros inferiores al requerido actualmente.
2. La evaluación del sistema contra incendios permitió hallar la inexistencia de anillos de enfriamiento en los tanques de la planta EPM-1 y la inyección de espuma inadecuada en los tanques 20001 y 20002 de la planta MPE-1.
3. La red de distribución existente no tiene una buena configuración debido a que no existe tubería principal hacia el tanque 109001 por tener mayor demanda de agua, de donde se realizarían conexiones para los diferentes equipos.
4. El análisis de la situación actual permitió realizar una propuesta para modificar gran parte del sistema existente, tomando en cuenta las nuevas instalaciones y modificaciones, devolviéndole al mismo las condiciones operacionales establecidas en las normas de sistemas contra incendios.
5. El máximo consumo de agua para el nuevo sistema se encuentra en los tanques (217001 y 217002) de la estación MOR-ERO con una exigencia de

aproximadamente $0,9267 \text{ m}^3/\text{s}$, requiriendo una capacidad de almacenamiento de 125894,83 Bls y una capacidad de bombeo de 14688 gpm.

6. La puesta en marcha de este proyecto permite la existencia de información del sistema contra incendios presentando documentos y planos del mismo.
7. Para la puesta en marcha de la investigación realizada, se estableció la inversión inicial que debe ejecutar la empresa para llevar a cabo la propuesta, el cual después de sus respectivos cálculos arrojó como resultado un total de 9.992.978,1 BsF, que servirán para ofrecer las mejoras al sistema.

5.2 RECOMENDACIONES

En función de las conclusiones derivadas de este estudio, surgen las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda sustituir la aplicación de espuma bajo superficie, por inyección superficial a través de cámaras, en los tanques TK-20001 y TK-20002 de la planta MPE-1, culminar la instalación del sistema de rociadores de espuma de la caseta N°1 y la instalación de los dos monitores ausentes pertenecientes a la protección de la caseta de bombas N°2 en MOR-ERO. Así como mejorar el espaciamiento y localización de hidrantes-monitores para tratar de cubrir la mayor parte del área de los intercambiadores E-207.
- Se recomienda tomar medidas para implantar la propuesta, con la finalidad de que el sistema cumpla con criterios acordes a las normas, permitiendo adecuarlo a las nuevas instalaciones y modificaciones, antes de ocurrir accidentes, evitando de esta manera daños o pérdidas tanto materiales como humanas. Además el sistema estará en condiciones de ajustarse a demandas que se puedan presentar en el futuro.

- Una vez implantada la propuesta, se recomienda su seguimiento y evaluación, a la hora de realizar modificaciones o instalaciones de nuevos equipos que alteren el sistema, con el propósito de realizar los ajustes adecuados en esas circunstancias.
- Debido a la falta de datos, tales como: planos donde se indique la configuración y diámetros de la red de distribución, ubicación de equipos y documentos donde se establezcan apuntes del SCI existente, se recomienda realizar la propuesta con la finalidad de que exista información del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jiménez E. y Díaz C. **“Diseño del Sistema de Alimentación de Combustible y Sistemas de Protección Contra Incendios de una Planta Turbogas”**. Tesis de grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Mecánica, Universidad De Oriente, Núcleo de Anzoátegui, Puerto la Cruz (1984).
2. Mongue Y. **“Evaluación del Sistema de Agua Contra Incendios y Exploración de un Plan de Emergencia Operacional en la Planta ACOGAS. Lagoven, S.A”**. Tesis de grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Mecánica, Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui Puerto la Cruz (1996).
3. Grimaldi-Simonds, **“La Seguridad Industrial y su Administración”**, (1996).
4. Manual de ingeniería de riesgos **“Sistemas De Agua Contra Incendio”**. PDVSA IR-M-03. Volumen 1. Marzo, (1999).
5. Manual de ingeniería de riesgos **“Definiciones”**. PDVSA IR-S-00. Volumen 1. Marzo, (1999).
6. Rodríguez N. y José A. **“Instalaciones de Protección Contra Incendios”**. España, (2008). Disponible en:
<http://www.ingenieriarural.com/Instalaciones/GeneralidadesProtecciónIncendios.pdf>

7. Martin Workman. Artículo técnico **“Sistema de espuma-baja expansión, media expansión y alta expansión”**. Marzo (2006). Disponible en:
<http://www.vikingspain.com/documentos.asp>
8. Manual de ingeniería de riesgos **“Sistemas de espuma contra incendio”**. PDVSA IR-M-04. Volumen 1. Marzo, (1999).
9. Manual de ingeniería de riesgos **“Sistemas Especiales De Extinción De Incendios”**. IR-M-05. Volumen 1. Marzo, (1999).
10. Sabino C. **“El proceso de investigación”**. Editorial Panapo. Venezuela, (2002).
11. Mataix, C. **“Mecánica de los Fluidos y Máquinas Hidráulicas”**. 2da Edición, Editorial Harla S.A. México, (1982).

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	ADECUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA PLANTA MPE-1 EN PDVSA-MORICHAL AL SUR DEL ESTADO MONAGAS
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Lira S., Jesús J.	CVLAC: 15.323.351 E MAIL: jesuose@gmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Evaluar

Identificar

Establecer

Describir

Representar

Elaborar

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Mecánica

RESUMEN (ABSTRACT):

El presente trabajo se realizó con el propósito de verificar el sistema contra incendios de la planta MPE-1, para adecuarlo a las nuevas instalaciones y modificaciones. Con la instalación de nuevos equipos en la planta, el sistema contra incendios fue creciendo a través de conexiones realizadas desde el sistema hasta los equipos instalados, sin tomar en consideración la capacidad de bombeo y almacenamiento de agua. En primer lugar se detalló el sistema existente, describiendo cada uno de sus componentes y equipos a proteger, determinando la cantidad de agua que se agrega actualmente a cada equipo debido al tipo de sistema instalado. Seguidamente se calculó la cantidad de agua que requiere cada equipo y se verificó la red de distribución de acuerdo a normas técnicas vigentes que permitieron presentar la problemática definiendo si el sistema contra incendios actual cumple con las especificaciones establecidas en ella. Para ello se presentaron los resultados estableciendo una comparación de lo existente con lo requerido a través de normas, realizando un análisis que permitió determinar la criticidad del sistema. Con ello se sugirieron modificaciones al sistema de manera que cumpla con las especificaciones establecidas en las normas de sistemas contra incendios.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Attardi. Michele	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input checked="" type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC:	10.105.195			
	E_MAIL	Attardims@pdvsa.com			
	E_MAIL				
Orlando Ayala	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input checked="" type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC:	11.420.758			
	E_MAIL	Omayala@gmail.com			
	E_MAIL				
Moreno, Jesús	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC:	3.424.523			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Bittar, Simón	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC:	3.957.961			
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO	MES	DÍA
2009	06	01

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS-SCI. doc	Application/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G
H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v
w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.**

ALCANCE:

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ing. Mecánico

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Mecánica

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS:

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo quién lo participará al Consejo Universitario”.

Jesús J. Lira S.

AUTOR

Orlando Ayala

TUTOR

Simón Bittar

JURADO 1

Jesús Moreno

JURADO 2

POR LA SUBCOMISION DE TESIS