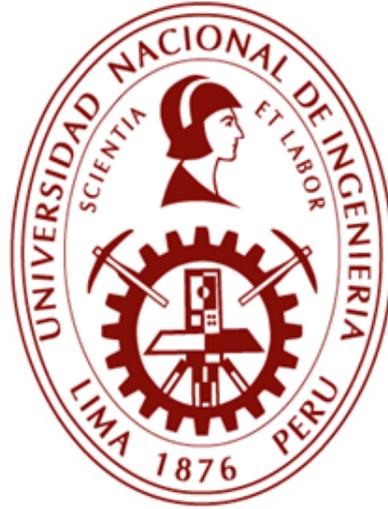


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**ANÁLISIS DE FALLAS APLICANDO LAS METODOLOGÍAS
HAZOP Y FMEA EN EL SISTEMA CONTRA INCENDIO
DE UNA REFINERÍA DE PETRÓLEO**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

ELABORADO POR

JOMAR FERNANDO MORALES ROSAS

ASESOR

Ing. JAVIER TAIPE ROJAS

**LIMA - PERÚ
2023**

DEDICATORIA

A todas las personas que han significado y significan mucho para mí, como mi tío Julio († 24.01.2021) quien fue ingeniero mecánico-electricista de la UNCP, con labor destacada en la ciudad de Arequipa, siendo uno de los más reconocidos, y que desde su experiencia me orientó en el desarrollo de esta investigación, a quien llevaré siempre en mi mente y corazón.

A mis abuelitos Víctor Rosas, Manuela Loncharich y a mi madre Liliana, por su soporte constante y cariño incondicional, que sin ellos todo hubiera sido más complicado. Hoy tengo la dicha de tenerlos a mi lado y poder celebrar junto a ellos, este nuevo peldaño que subo en la escalera de mi vida.

A mi padre Fernando, por su importante presencia en el momento indicado, para el idóneo desenlace de esta investigación.

Jomar Fernando

AGRADECIMIENTO

A Dios, por sus lecciones de vida, a veces complicadas, pero siempre aprendiendo de ellas, por protegerme y no dejarme desfallecer en las situaciones más difíciles.

A mi querida y entrañable Universidad Nacional de Ingeniería, institución académica de más alto nivel que me dio tanto a cambio de nada, teniendo la huella más bonita que se pueda llevar, refiriendo con noble orgullo *“No somos ingenieros, somos ingenieros de la UNI”*.

A mis abuelitos, padres, hermanos, tíos y a quienes estuvieron siempre pendientes por verme culminar esta etapa.

Al Ing. Omar Caamaño Pachas, jefe de Seguridad Industrial – Petroperú, quien fue una pieza clave e importante en mi desarrollo profesional, aprendiendo y orientándome desde un inicio, fue quien me entrevistó para realizar mis prácticas profesionales, donde luego estuvo a cargo de ellas, posteriormente compartiendo ambas responsabilidades como supervisores de seguridad y finalmente cuando llegó a ocupar la Jefatura.

A mi asesor, Ing. Javier Taipe Rojas, padrino de mi Promoción “Dr. Antonio Brack Egg” por su profesionalismo, trayectoria y don de gente, digno de respeto y admiración.

Al Dr. Efraín Porras Flores, investigador y decano de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil de la UNSCH, egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UNI, quien aportó de manera significativa en la metodología de investigación de la tesis.

Finalmente, agradecer a la tierra que me vio nacer y crecer, mi Huancayo querido, por su historia y valor, ciudad incontrastable, tal como dijo el inmortal Picaflor de los Andes *“Hermanoshay, amkan limatas, manam malkayqitachu, malkaami ni, ni takiqitachu, takimi ni, may chunkay shupish wanka walash mika”*.

RESUMEN

En la refinería de petróleo Conchán no existe un estudio de riesgos del sistema contra incendio, porque las normas no exigen que cuente con un estudio de riesgos específico; sin embargo, el sistema contra incendio, presenta fallas en los componentes y accesorios, cuyos efectos serán la deficiente atención a la respuesta de emergencias contra incendios. La investigación busca realizar el estudio de riesgos del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán, con la finalidad de determinar, cuáles son las fallas operativas en el sistema contra incendio, para cuantificar los peligros y estimar los niveles de riesgo. La refinería de petróleo Conchán, está ubicada en el km 26.5 de la antigua Panamericana Sur, Lurín, ocupando un terreno de 50 hectáreas; tiene 72 tanques de almacenamiento para derivados de petróleo e insumos, con la capacidad aproximada de dos millones trescientos mil barriles, contando con dos unidades de procesos de; destilación primaria y al vacío, área de despacho de combustibles, planta de ventas que atiende la demanda diaria aproximada de 300 camiones cisterna. La investigación realizada está tipificada como; observacional y de acuerdo con Salinas (1993) es aquella que se basa en la observación de fenómenos, características, situaciones, sin manipular o variar nada. Transversal, de acuerdo con Hernández (2014) porque se recolecta datos en un solo momento y en un tiempo único. Descriptivo, según Mejía, Reyes y Sánchez (2018) porque lleva a describir el estado actual o presente de las características más importantes del fenómeno que se va a estudiar. Los métodos aplicados fueron; las metodologías de HAZOP y FMEA y matrices de riesgo de OSINERGMIN. Aplicando las metodologías HAZOP y FMEA, se determinaron las fallas operativas de los componentes y accesorios del sistema contra incendio, con las matrices de riesgo de OSINERGMIN se cuantificaron los peligros y estimaron los niveles de riesgo, luego de aplicar las acciones correctivas, los niveles de riesgo pasaron de 36.4% a 4.5%, para riesgos extremos y altos, y de 63.6% a 95.5%, para riesgos moderados y bajos, notándose una disminución significativa en los niveles de riesgo.

Palabras clave: Sistema contra incendio, HAZOP, FMEA, OSINERGMIN.

ABSTRACT

At the Conchán oil refinery, there is no risk study for the fire system, because the regulations do not require it to have a specific risk study; however, the fire system presents failures in the components and accessories, the effects of which will be the deficient attention to the emergency response against fires. The investigation seeks to carry out the risks of the fire-fighting system of the Conchán oil refinery, in order to study, determine, are the operational failures in the fire-fighting system, to quantify the dangers and estimate the risk levels. The Conchán oil refinery is located at km 26.5 of the old Panamericana Sur, Lurín, occupying a 50-hectare plot; It has 72 storage tanks for petroleum derivatives and inputs, with an approximate capacity of two million three hundred thousand barrels, with two processing units; primary and vacuum distillation, fuel dispatch area, sales plant that meets the approximate daily demand of 300 tanker trucks. The research carried out is typified as; observational and according to Salinas (1993) is one that is based on the observation of phenomena, characteristics, situations, without manipulating or varying anything. Transversal, according to Hernández (2014) because data is collected at a single moment and in a single time. Descriptive, according to Mejía, Reyes and Sánchez (2018) because it leads to describing the current or present state of the most important characteristics of the phenomenon to be studied. The methods applied were; HAZOP and FMEA methodologies and OSINERGMIN risk matrices. Applying the HAZOP and FMEA methodologies, the operational failures of the components and accessories of the fire system were determined, with the OSINERGMIN risk matrices, the hazards were quantified and the risk levels were estimated, after applying the corrective actions, the levels of the risk went from 36.4% to 4.5%, for extreme and high risks, and from 63.6% to 95.5%, for moderate and low risks, noting a significant decrease in risk levels.

Keywords: Fire system, HAZOP, FMEA, OSINERGMIN.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes referenciales	2
1.1.1. Antecedentes internacionales	2
1.1.2. Antecedentes nacionales	3
1.2. Planteamiento de realidad problemática	5
1.2.1. Descripción del problema	5
1.2.2. Problema general	6
1.2.3. Problemas específicos	6
1.3. Justificación e importancia	7
1.4. Objetivos de investigación	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5. Variables	8
1.5.1. Variable de interés	8
1.5.2. Variables descriptivas	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y LEGAL	9
2.1. Marco conceptual	9
2.1.1. Sistema contra incendio	9
2.1.2. Tanque de agua contra incendio	10
2.1.3. Bomba de agua contra incendio	10
2.1.4. Sistema de extinción con espuma contra incendio	10
2.1.5. Válvula	10
2.1.6. Rociador	11
2.1.7. Indicador de nivel de agua	11

2.1.8.	Red de tubería de agua contra incendio	11
2.1.9.	Tanque bladder	11
2.1.10.	Cámara de espuma	12
2.2.	Marco referencial	12
2.2.1.	Metodología HAZOP	12
2.2.2.	Metodología FMEA	19
2.2.3.	Tipos de fallas	23
2.2.4.	Instalaciones y equipos contra incendio de una refinería de petróleo	24
2.2.5.	Características del sistema contra incendio de la Refinería de Petróleo Conchán	24
2.2.6.	Normas NFPA	40
2.2.7.	Normas API	40
2.3.	Marco legal	41
2.3.1.	Ley N°29783	41
2.3.2.	Ley N°26221	43
2.3.3.	Decreto Supremo N°005-2012-TR	44
2.3.4.	Decreto Supremo N°043-2007-EM	45
2.3.5.	Decreto Supremo N°052-1993-EM	47
2.3.6.	Resolución de Consejo Directivo N°203-2020-OS-CD	48
2.3.7.	Resolución de Consejo Directivo N°240-2010-OS-CD	51
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN		52
3.1.	Tipo y nivel de investigación	52
3.1.1.	Tipo de investigación	52
3.1.2.	Nivel de investigación	53
3.2.	Diseño de investigación	53
3.3.	Definición de variables	54
3.3.1.	Definición conceptual	54
3.3.2.	Definición operacional	54
3.4.	Operacionalización de las variables	55
3.5.	Técnicas e instrumentos de investigación	57
3.5.1.	Técnicas	57
3.5.2.	Instrumentos	57
3.5.2.1.	Validez del instrumento	57
3.6.	Técnicas de procesamiento de datos	58
3.7.	Técnicas de análisis e interpretación de la información	61

CAPÍTULO IV: RESULTADOS	65
4.1. Resultados aplicando la metodología HAZOP	67
4.2. Resultados aplicando la metodología FMEA	84
4.3. Análisis e interpretación de resultados	89
4.4. Diagramas resumen de riesgos extremos y altos	103
CONCLUSIONES	120
RECOMENDACIONES	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
ANEXO	124
Anexo 1 Matriz de consistencia	124
Anexo 2 Cálculo de la demanda de agua	126
Anexo 3 Informe técnico N°GRF-0003-2018	138
Anexo 4 Plan de levantamiento y seguimiento de cierre de condiciones inseguras en refinería Conchán, Petroperú	139
Anexo 5 Acta de culminación de sesiones de estudio de riesgos	143
Anexo 6 Certificado de validez de contenido del instrumento	144
Anexo 7 Cálculo de la V de Aiken	168
Anexo 8 Tablas para el procesamiento y análisis de información	171
Anexo 9 Panel de fotografías	174
Anexo 10 Listado de bombas del sistema contra incendio declarado ante OSINERGMIN.	218

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Palabras guía y significado	59
Tabla 2	Determinación de la probabilidad	62
Tabla 3	Determinación de la severidad	63
Tabla 4	Cálculo de nivel de riesgo	63
Tabla 5	Calificación de los riesgos	64
Tabla 6	Cronograma de reuniones efectuadas por el equipo multidisciplinario	65
Tabla 7	Nodo 1: Tanques de agua contra incendio	67
Tabla 8	Nodo 2: Bombas de agua contra incendio	74
Tabla 9	Nodo 3: Sistema de extinción con espuma contra incendio; tanque bladder y cámaras de espuma	79
Tabla 10	Análisis del modo y efecto de fallas de los accesorios del sistema contra incendio	84
Tabla 11	Cuantificación de peligros y estimación de riesgos	89
Tabla 12	Riesgo actual y posterior a las recomendaciones	92
Tabla 13	Resumen de riesgos detectados por nodo evaluado con HAZOP, antes de las acciones correctivas	97
Tabla 14	Resumen de riesgos detectados por accesorios evaluado con la metodología FMEA, antes de las acciones correctivas	98
Tabla 15	Resumen de riesgos detectados, utilizando las metodologías, HAZOP y FMEA, antes de las acciones correctivas	99
Tabla 16	Resumen de riesgos detectados por nodo evaluado con la metodología HAZOP, después de las acciones correctivas	100
Tabla 17	Resumen de riesgos detectados por accesorios evaluado con la metodología FMEA, después de las acciones correctivas	101
Tabla 18	Resumen de riesgos detectados, utilizando las metodologías, HAZOP y FMEA, después de las acciones correctivas	102
Tabla 19	Matriz para la metodología HAZOP	171
Tabla 20	Matriz para la metodología FMEA	171
Tabla 21	Esquema de cronograma para reuniones con el equipo multidisciplinario	171
Tabla 22	Cuantificación de peligros y estimación de riesgos	171
Tabla 23	Riesgo actual y posterior a las recomendaciones	172
Tabla 24	Resumen de riesgos detectados por HAZOP	172

Tabla 25	Resumen de riesgos detectados por FMEA	172
Tabla 26	Resumen de riesgos detectados por HAZOP y FMEA	173

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Fases del proceso de análisis HAZOP	15
Figura 2	Esquema de bombeo de agua de laguna	25
Figura 3	Casa de bombas P-105C y P-105D	26
Figura 4	Tanque de agua contra incendio TK-48 de la cota baja	26
Figura 5	Tanques de agua contra incendio TK-64 y TK-75 de la cota alta	27
Figura 6	Casa de bombas de agua contra incendio de la cota baja	27
Figura 7	Motobomba Caterpillar 3406 y Controlador Metron	28
Figura 8	Detalle de Controlador de Bomba Jockey	29
Figura 9	Procedimiento de operación para llenado de agua del tanque N° 48 desde la laguna	31
Figura 10	Procedimiento de operación para llenado de tanque N° 64 y tanque N° 48	33
Figura 11	Procedimiento de operación para rellenado de tanques N° 64 Y N° 75 con agua del tanque N° 48 en emergencia	35
Figura 12	Diagrama de tanque bladder y cámara de espuma	37
Figura 13	Resumen de resultados del cálculo de requerimiento de bombeo y almacenamiento requerido de agua del SCI	38
Figura 14	Resumen de resultados del cálculo de requerimiento de bombeo y almacenamiento requerido de espuma del SCI	38
Figura 15	Plano general de Refinería y Planta de ventas Conchán	39
Figura 16	Actividades para aplicar la metodología HAZOP	58
Figura 17	Actividades para aplicar la metodología FMEA	60
Figura 18	Porcentaje de riesgos detectados utilizando las metodologías, HAZOP y FMEA, antes y después de las acciones correctivas	102
Figura 19	Componentes que representan el peligro, evento no deseado, origen de causas, controles y consecuencias, según el método Bow-Tie	103
Figura 20	Diagrama Bow-Tie, nodo 2, bombas de agua contra incendio	104
Figura 21	Diagrama Bow-Tie, nodo 3, sistema de extinción con espuma contra incendio	105

Figura 22	Diagrama Bow-Tie, nodo 3, sistema de extinción con espuma contra incendio	106
Figura 23	Diagrama Bow-Tie, accesorio, válvulas	107
Figura 24	Diagrama Bow-Tie, accesorio, cámaras de espuma	108
Figura 25	Diagrama Bow-Tie, nodo 1, tanques de agua contra incendio	109
Figura 26	Diagrama Bow-Tie, nodo 1, tanques de agua contra incendio	110
Figura 27	Diagrama Bow-Tie, nodo 2, bombas de agua contra incendio	111
Figura 28	Diagrama Bow-Tie, nodo 3, sistema de extinción con espuma contra incendio	112
Figura 29	Diagrama Bow-Tie, nodo 3, sistema de extinción con espuma contra incendio	113
Figura 30	Diagrama Bow-Tie, nodo 3, sistema de extinción con espuma contra incendio	114
Figura 31	Diagrama Bow-Tie, nodo 3, sistema de extinción con espuma contra incendio	115
Figura 32	Diagrama Bow-Tie, accesorio, válvulas	116
Figura 33	Diagrama Bow-Tie, accesorio, rociadores	117
Figura 34	Diagrama Bow-Tie, accesorio, indicador de nivel de agua	118
Figura 35	Diagrama Bow-Tie, accesorio, sistema de dosificación proporcionador de espuma de tanque bladder	119
Figura 36 a	Fotografías de componentes y accesorios del Sistema Contra	174
105	Incendio	-217

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Según Neira (2008) un sistema de protección contra incendios es un conjunto de equipos que ayudan a prevenir y controlar cualquier tipo de incendio en edificios, empresas e industrias. Freedman (2003), precisó que la metodología del Hazard and Operability Study (HAZOP), fue desarrollada para el estudio de seguridad en los procesos químicos. General Motors Corporation (2008), señala que el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (FMEA), es una metodología analítica usada para asegurar que problemas potenciales sean considerados y abordados, dando atención a los riesgos críticos. Las matrices de valoración de riesgo, del Organismo supervisor de la inversión en energía y minería (OSINERGMIN), se utilizan para cuantificar los peligros y estimar los niveles de riesgo.

La refinería de petróleo Conchán cuenta con un estudio de riesgos, según las normas R.C.D.240-2010-OS-CD y D.S.043-2007-EM de OSINERGMIN, realizado en el año 2017; observando que el sistema contra incendio solo era una salvaguarda ante el riesgo de incendio de la refinería, presentando fallas operativas, por esta razón, se realiza el presente estudio de riesgos del sistema contra incendio.

Existen riesgos latentes por fallas operativas, en componentes y accesorios del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán, como en; tanques de agua contra incendio, bombas de agua contra incendio, sistema de extinción con espuma contra incendio, válvulas, rociadores, indicadores de nivel de agua, red de tuberías de agua

contra incendio, tanques bladder y cámaras de espuma.

Los objetivos específicos son: a. Determinar las fallas operativas presentes en los tanques de agua contra incendio, bombas de agua contra incendio y sistema de extinción con espuma contra incendio, para cuantificar los peligros y estimar el nivel de riesgo de los componentes del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán, b. Determinar las fallas operativas presentes en las válvulas, rociadores, indicadores de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanques bladder y cámaras de espuma, para cuantificar los peligros y estimar el nivel de riesgo de los accesorios del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán.

1.1. Antecedentes referenciales

1.1.1. Antecedentes internacionales

En la tesis, la metodología HAZOP aplicada al análisis de riesgos, de la Universidad Nacional Autónoma de México, señala lo siguiente:

El objetivo general es analizar e identificar riesgos de operatividad en procesos críticos de servicios petroleros, mediante la aplicación de la metodología HAZOP, partiendo de la premisa de que los problemas de operatividad se producen por causa de una desviación de las condiciones de operación. En relación a la metodología, se utilizaron métodos históricos, que permitieron determinar los accidentes o fallas presentadas con anterioridad en la empresa. Se trabajó con métodos empíricos, basados en la experiencia, considerando los incidentes y métodos analíticos para comprender los datos obtenidos. Dentro de las conclusiones más relevantes, se tiene que, después de estudiar los distintos métodos para determinar el riesgo, la metodología HAZOP, es la más óptima y completa para su aplicación en cualquier proceso que se realice a nivel industrial. De igual forma, se comprendió que la información debe ser actualizada constantemente y cualquier cambio importante, debe ser registrado y aplicado de forma inmediata. En relación a la medición, se debe considerar que esta la determinan el grupo de expertos, considerando la estructura, la experiencia del personal y la metodología aplicada (Juárez, 2014).

En la tesis, análisis de riesgos, peligros, HAZOP y árbol de fallas, para subir los niveles de eficiencia en el mantenimiento y disponibilidad de equipos en subestaciones de distribución. de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, se afirma lo siguiente:

El objetivo general es analizar la eficiencia de una subestación de distribución, utilizando una terminología más sencilla, que permita estudiar el amplio espectro de riesgos potenciales. Las conclusiones son; que las metodologías implementadas HAZOP (Hazard and Operability Analysis) y FTA (Faul Tree Analysis), indican que el sub sistema de mayor atención es la subestación, la normativa de las metodologías es común para cualquier análisis dentro de cualquier ingeniería, la técnica estadística debe estar acuerdo a la realidad de cada proceso, hacer la inspección física de los elementos de un sistema, con la finalidad de elevar nivel de confiabilidad del sistema (Trujillo 2015).

En el trabajo de fin de máster, análisis de criticidad, efectos y modos de fallo (fmeca) en un aerogenerador offshore, de la Universidad Politécnica de Cartagena, se afirma lo siguiente:

Los objetivos y utilidad del análisis de criticidad, efectos y modos de fallo, tienen como fin identificar y analizar los posibles fallos de un sistema antes de que ocurran, de esta forma se eliminarán o minimizarán los fallos, pudiendo obtener un sistema con fiabilidad, seguridad y calidad. Es importante mencionar que el análisis de criticidad, efectos y modos de fallo (fmeca) se puede utilizar para evaluar y optimizar los planes de mantenimiento (Moreno, 2020).

1.1.2. Antecedentes nacionales

En la tesis, análisis de modos y efecto de falla en los Scooptrams de la empresa minera ATACOCHA, de la Universidad de Nacional del Centro de Perú, señala lo siguiente:

El objetivo general fue analizar los modos y efecto de falla (AMEF) en el funcionamiento de los scooptrams, para mejorar el tiempo de servicio en la Empresa Minera ATACOCHA. Dentro de los aspectos metodológicos es de tipo básica y nivel descriptivo, en relación al diseño se considera la técnica Scooptrams, el instrumento de recolección de datos fue ficha de disponibilidad para cada sistema o equipo. Dentro de las conclusiones se puede mencionar que, se encontraron fallas críticas en el sistema del motor y el sistema hidráulico. Asimismo, al realizar el análisis de modos y efectos de fallas se logró mejorar el tiempo de respuesta de los tres Scooptrams de análisis logrando una optimización de la disponibilidad, además señalar que en el mes de marzo se obtuvo una mayor disponibilidad el equipo pesado R1300G – D46 que fue de un 91.28% (Guerra, 2017).

En la tesis, reducción de incidentes en compañías operadoras de petróleo en el Perú mediante la implementación de un sistema de gestión de riesgos, de la Universidad Nacional de Ingeniería, se afirma lo siguiente:

El objetivo general fue implementar un sistema de gestión de riesgos para la reducción forma significativa la ocurrencia de incidentes ocupacionales en una empresa petrolera en un periodo de un año, asignándose para ello un presupuesto de \$200.000. Se estructuraron 10 secciones: Integración (30 elementos), Calidad (23 elementos), Seguridad del Proceso y Operaciones (27 elementos), Seguridad Ocupacional (31 elementos), Salud, Higiene y Medicina Ocupacional (18 elementos), Prevención y Protección contra Incendios (15 elementos), Inocuidad de los Alimentos (22 elementos), Protección Física (16 elementos), Protección Ambiental (14 elementos), y Responsabilidad Social (11 elementos). Es preciso mencionar también, que la implementación espera la reducción significativa de la frecuencia de los accidentes, lo que se convierte en retorno de la inversión, tomando en consideración la motivación del personal, ahorro de costos por atenciones médicas producto de los accidentes, entre otros; también la disminución de materiales, mayor proyección de la empresa, lo que incide en los niveles de competitividad, además de cumplir con los estándares de calidad internacional (Romero, 2016).

En la tesis, elaboración de estudio de riesgos como herramienta de gestión para evaluar y reducir los riesgos durante las actividades de perforación exploratoria en selva, acorde a RCD 240-2010 OS/CD, de la Universidad Nacional de Ingeniería, señala lo siguiente:

El objetivo de la investigación fue analizar los riesgos existentes durante la perforación de pozos de exploración en la selva peruana, estableciendo medidas de prevención y protección para reducir la ocurrencia y consecuencia de los eventos que puedan afectar al personal, instalaciones y al medio ambiente. La metodología utilizada es semicuantitativa, identificando a través de técnicas los riesgos de esta actividad. Asimismo, se puede afirmar que esta metodología facilita la descripción de los procesos que se realizan durante la perforación de pozos exploratorios, para la identificación y estimación adecuada de riesgos. Este proceso debe contar con la identificación, descripción, estimación, frecuencias y cuantificación de las consecuencias que generan los posibles eventos. Dentro de las conclusiones más importantes se tiene que el análisis (modelo) de los incidentes en el tanque diésel y descontrol (blowout), tienen un nivel de riesgo medio, teniendo como guía los resultados de la matriz de riesgo. Del mismo modo, se señala que, después de aplicar el método HAZID, con la

participación del personal se determinaron las desviaciones del proceso de perforación, lo que permitió tomar las medidas necesarias en cada caso. En relación a las consecuencias que pueden surgir de un evento en la plataforma de toxicidad, como consecuencia de una fuga de Sulfuro de Hidrógeno H₂S y Dióxido de Carbono CO₂, los resultados indican que, en la simulación, no se observaron las concentraciones ingresadas, es decir el valor es cero (Canales, 2015).

En la tesis, sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional, en la operación y mantenimiento de un sistema de transporte de hidrocarburos por ductos, de la Universidad Nacional de Ingeniería, señala lo siguiente:

El objetivo general de la investigación fue describir el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional que se desarrolló para la etapa de operación y mantenimiento de los ductos que transportan Gas Natural (NG) y Líquidos de Gas Natural (NGL), del proyecto Camisea. La investigación tiene varias fases dentro de las cuales se tiene la explicación del sistema de gestión y muestra algunos de los sistemas de gestión de seguridad más conocidos en la industria. En el funcionamiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional de COGA, identifican los componentes (Compromiso y Liderazgo, Análisis de Riesgo, Normas y Procedimientos, Inducción y Adiestramiento, y Planes de Respuesta y Control de Emergencias.), además de esto toma en cuenta los mecanismos y procedimientos que se desarrollaron para su implementación y desarrollo en la organización. Exponiendo los resultados obtenidos después de la implementación de los diferentes elementos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional de COGA (Gallo, 2014).

1.2. Planteamiento de la realidad problemática

1.2.1. Descripción del problema

La refinería de petróleo Conchán, está ubicada en el km 26.5 de la antigua panamericana sur, constituida por 72 tanques de almacenamiento, sumando una capacidad aproximada de 2'300,000 barriles, contando con dos unidades de procesos; unidad de destilación primaria y otra al vacío. En esta refinería, los productos que se procesan y almacenan son altamente inflamables, por lo que, existe riesgo de incendio.

La unidad de destilación primaria, procesa el petróleo crudo para obtener gasolina, nafta, solvente y diésel. La unidad de destilación al vacío procesa el crudo reducido,

procedente de la unidad de destilación primaria, para obtener asfaltos y gasóleos, cuenta con un área de despacho de combustibles, planta de ventas, donde se atiende la demanda diaria aproximadamente de 300 camiones cisternas de 10,000 galones de capacidad. El sistema contra incendio en una refinería de petróleo es indispensable, para poder controlar el riesgo de incendio, sin embargo, no se cuenta con un estudio de riesgos propio del sistema contra incendio, debido a que no hay una exigencia legal, solo se considera que los equipos cuenten con la certificación correspondiente, lo cual no exime de que se presenten fallas en el sistema contra incendio, no pudiéndose controlar alguna emergencia de manera eficiente, con lo que podría desencadenar una catástrofe de incendio y explosión en la refinería siendo necesario contar con un estudio de riesgos propio del sistema contra incendio, para que en caso de que se presente una emergencia de incendio, se atienda de manera eficiente y segura.

El estudio pretende determinar las fallas operativas del sistema contra incendio de la refinería de petróleo, utilizando las metodologías HAZOP y FMEA, para cuantificar los peligros y estimar los niveles de riesgo, con las matrices de riesgo de OSINERGMIN, optando por las medidas de control que se requieran, con la finalidad de minimizar o eliminar las posibles fallas operativas, detectadas en sus componentes y accesorios como; tanques de agua contra incendio, bombas de agua contra incendio, sistema de extinción con espuma contra incendio, válvulas, rociadores, indicadores de nivel de agua, red de tuberías, tanques bladder, cámaras de espuma y garantizar el correcto funcionamiento eficiente del sistema contra incendio, salvaguardando la integridad física de las personas, como de las instalaciones.

1.2.2. Problema general

¿Cuáles son las fallas operativas presentes en los componentes y accesorios, para cuantificar los peligros y estimar el nivel riesgo del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán?

1.2.3. Problemas específicos:

- a. ¿Cuáles son las fallas operativas presentes en los tanques de agua contra incendio, bombas de agua contra incendio y sistema de extinción con espuma contra incendio, para cuantificar los peligros y estimar el nivel de riesgo de los componentes del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán?

- b. ¿Cuáles son las fallas operativas presentes en las válvulas, rociadores, indicadores de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanques bladder y cámaras de espuma, para cuantificar los peligros y estimar el nivel de riesgo de los accesorios del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán?

1.3. Justificación e importancia

La metodología HAZOP se ha aplicado a plantas de procesos químicos, petroquímicos, industriales y otros; pero no fue aplicado a un sistema contra incendio de una refinería de petróleo, porque nuestras normas no exigen su aplicación. Entonces, el presente estudio aporta a llenar el vacío de conocimiento que existe, con la aplicación del análisis de riesgos de procesos HAZOP al sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán.

La investigación tiene su elemento central en la aplicación sistemática de las metodologías HAZOP y FMEA; la metodología HAZOP, permite evaluar en los componentes, las posibles desviaciones durante su operatividad, evaluando los riesgos posibles, la metodología FMEA, evaluará sistemáticamente todas las causas y consecuencias o eventos no deseados que conducen a una falla en los accesorios. La metodología que planteamos en la investigación, se podrá utilizar en otras refinerías de petróleo en sistemas contra incendio, donde puedan aplicar los procedimientos realizados y, tener resultados esperados de seguridad en las operaciones de sistemas contra incendio.

El interés por integrar ambas metodologías en el sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán, tiene la finalidad de proponer medidas o recomendaciones, que permitan minimizar los niveles de riesgo de las operaciones del sistema, aportando una nueva forma de evaluar los riesgos del sistema contra incendio.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar las fallas operativas presentes en los componentes y accesorios, para cuantificar los peligros y estimar el nivel de riesgo del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán.

1.4.2. Objetivos específicos:

- a. Determinar las fallas operativas presentes en los tanques de agua contra incendio, bombas de agua contra incendio y sistema de extinción con espuma contra incendio, para cuantificar los peligros y estimar el nivel de riesgo de los componentes del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán.

- b. Determinar las fallas operativas presentes en las válvulas, rociadores, indicadores de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanques bladder y cámaras de espuma, para cuantificar los peligros y estimar el nivel de riesgo de los accesorios del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán.

1.5. Variables**1.5.1. Variable de interés**

Sistema contra incendio

1.5.2. Variables descriptivas

Tanque de agua contra incendio

Bomba de agua contra incendio

Sistema de extinción con espuma contra incendio

Válvula

Rociador

Indicador de nivel de agua

Red de tubería de agua contra incendio

Tanque bladder

Cámara de espuma

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y LEGAL

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Sistema contra incendio

De acuerdo con Neira (2008), en su libro prevención contra incendios, afirma que:

Un sistema de protección contra incendios es un conjunto de equipos y conocimientos que ayudan a prevenir y controlar cualquier tipo de incendio en edificios, empresas, industrias y cualquier tipo de construcción. Los inicios de los modernos sistemas de protección contra incendios, se produjeron en fábricas textiles de Nueva Inglaterra, en torno de 1830, donde se concibió el primer rociador automático, siendo este uno de los medios de protección contra incendios más eficientes en la actualidad. A partir de la década de 1950, la investigación en protección contra incendios ha intensificado el desarrollo de sistemas y equipos de extinción como, por ejemplo; extintores, rociadores sistemas de extinción por CO₂, polvo químico, agua pulverizada, agua nebulizada, sistemas de detección, alarmas, etc. (p. 45).

De acuerdo con Sánchez (2012), en su libro de instalaciones petrolíferas, indica que “Existen cuatro medios fundamentales para la lucha contra incendios: utilización de agua, espuma, extintores y material móvil” (p. 8).

2.1.2. Tanque de agua contra incendio

De acuerdo con Gutiérrez y Romero (2021), en su libro prevención y control de incendios, señalan que:

El almacenamiento de agua contra incendio puede ser en cisternas subterráneas, tanques a nivel del suelo, o tanques elevados, deben almacenar cantidad suficiente de agua para satisfacer las demandas en caso de incendio, esto dentro de un tiempo determinado, hay diferentes tipos de tanques de agua contra incendio diseñados para funcionar en las condiciones necesarias. (p. 92).

2.1.3. Bomba de agua contra incendio

De acuerdo con Ybirma (2017), en su artículo de bombas contra incendios, tipos y características afirma que “Las bombas contra incendio son equipos eléctricos o mecánicos que proporcionan el flujo y presión de agua requerida a la red contra incendio, a través de tuberías para extinguir el fuego” (p .1).

2.1.4. Sistema de extinción con espuma contra incendio

De acuerdo con Fernández (2015) en su investigación sobre sistemas de protección contra incendios en hidrocarburos indica que:

El sistema de extinción de espuma está compuesto por los siguientes elementos:

- a. Sistema de dosificación o tanque bladder, compuesto por depósito de almacenamiento de concentrado de espuma y equipo de dosificación de concentrado de espuma.
- b. Sistema de distribución de espuma, compuesto por tuberías contra incendio.
- c. Cámaras de espuma.
- d. Rociadores agua-espuma. (p. 57).

2.1.5. Válvula

De acuerdo con Borrás (2020), en su artículo de tuberías y accesorios contra incendios, indica que:

Se define como un elemento mecánico con el cual se apertura, detiene o regula el pase de líquidos o gases, mediante llaves o volantes que abren o cierran de forma parcial o total, la circulación de un fluido. Las válvulas hay que entenderlas dentro del contexto de una instalación con tuberías, accesorios y bombas. (p .1).

2.1.6. Rociador

De acuerdo con Ybirma (2017), en su artículo rociadores contra incendios – evolución y desarrollo, sostiene que “Un rociador contra incendio es un dispositivo de control o supresión de incendios que permite que el agua se descargue sobre un área específica, deprimiendo el calor producido por la combustión, controlando la temperatura” (p .1).

2.1.7. Indicador de nivel de agua

De acuerdo con Cortés (2015), en su artículo de instrumentos de medición de nivel, indica que:

Es un sistema de medición de nivel, se ubica a la largo de una regleta enumerada, indicando a que nivel se encuentra el agua dentro del tanque, está operado por un flotador ubicado en el líquido de un tanque, mediante una conexión mecánica, magnética o hidráulica. El flotador como el indicador de nivel, pueden atascarse principalmente por un eventual depósito de sólidos en el tubo guía del flotador o en la regleta del indicador de nivel. (p. 5).

2.1.8. Red de tubería de agua contra incendio

De acuerdo con Berzosa (2015), en su análisis de instalación contra incendios de un terminal de hidrocarburos, sostiene que la red de tuberías de agua contra incendio:

Consiste en un conjunto de tuberías diseñados para la extinción de fuego a través de agua o concentrado de espuma, incluyen equipos de impulsión como bombas contra incendios, los que garantizan un adecuado caudal y presión de agua, las tuberías deben disponer de válvulas de bloqueo en número suficiente para aislar cualquier sección que sea afectada por una rotura, manteniendo el resto de la red a la presión de trabajo. (p. 40).

De acuerdo con Fernández (2015) en su investigación sobre sistemas de protección contra incendios en hidrocarburos sostiene que “La red general de tuberías son las tuberías principales que alimentan a todo el sistema contra incendio, procedentes del sistema de bombeo y del abastecimiento de agua para protección contra incendios” (p. 52).

2.1.9. Tanque bladder

De acuerdo con Pérez (2017), en su diseño hidráulico de un sistema contra incendio de 2000 gpm para tanques de almacenamiento de hidrocarburo, sostiene que:

Un tanque bladder es un tanque que contiene concentrado de espuma dentro de una membrana de caucho, donde usa el flujo y presión del agua para desplazar el concentrado de espuma desde el interior de la membrana hacia el exterior, inyectando por la red contra incendio, el concentrado de espuma. (p. 45).

2.1.10. Cámara de espuma

De acuerdo con Rodríguez (2020), sistema de protección contra incendio a base de espuma, afirma que:

Es un dispositivo para formar e inyectar espuma sobre una superficie líquida al interior de un tanque de almacenamiento, este agregado fluye libremente sobre la superficie del líquido encendido, formando un manto fuerte y continuo, excluyendo al aire y evitando el ingreso de partículas volátiles. La misma presenta resistencia a la rotura por efectos del viento o corrientes de aire, por efectos del calor o la llama y además es capaz de reagruparse en caso de una ruptura mecánica. (p. 8).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Metodología Hazard and Operability Study

Para definir el origen de la metodología, Freedman (2003), precisó que:

La metodología del Hazard and Operability Study (HAZOP), fue desarrollada en el Reino Unido en la década del 60, por la compañía Imperial Chemical Industries, en el estudio de procesos químicos. Las demás metodologías de análisis de riesgos han surgido a partir de ésta. El análisis de HAZOP se basa en identificar elementos clave:

- a) La fuente o causa del riesgo.
- b) La consecuencia, impacto o efecto resultante de la exposición a este riesgo.
- c) Las salvaguardas existentes o controles, destinados a prevenir la ocurrencia de la causa o mitigar las consecuencias asociadas.
- d) Las recomendaciones o acciones que pueden ser tomadas si se considera que las salvaguardas o controles son inadecuados o directamente no existen. (p. 60).

Como señala la guía para realización de estudios HAZOP “Es una técnica estructurada y sistemática de análisis de riesgos que permite identificar peligros potenciales y problemas operacionales en procesos químicos, generalmente documentados a través de diagramas de procesos e instrumentos” (Repsol YPF, 2018, p. 4).

Es pertinente mencionar lo que indica la guía:

El método HAZOP se centra en el análisis de las desviaciones de las variables o parámetros característicos de la operación de una instalación respecto de la intención del proceso. La metodología HAZOP utiliza palabras clave; No, Más, Menos, etc., que aplicadas a los parámetros de proceso; Caudal, Presión, Temperatura, etc., dan lugar a desviaciones; Mas caudal, Menos presión, etc., de la intención o condición normal de proceso. Una vez determinadas las desviaciones de las variables de proceso, se determina la lista de posibles causas que las provocan, el escenario que se puede derivar y sus consecuencias (Repsol YPF, 2018, p. 6).

2.2.1.1. Fases del proceso de análisis HAZOP

Es importante mencionar que, la metodología HAZOP implica una serie de fases que se realizan antes y durante el proceso de su aplicación, dentro de ellas pueden mencionarse la fase de definición, preparación, examen y documentación y fase de seguimiento, las cuales se describen, a continuación.

2.2.1.1.1. Fase de definición

De acuerdo con Manufacturing Technology Committee, en su guía de capacitación en gestión de riesgos (2019), indica lo siguiente “La fase de definición generalmente comienza con una identificación preliminar del riesgo. Miembros del equipo de evaluación HAZOP multidisciplinario, especialistas en el tema se encargan de la identificación” (p. 4).

2.2.1.1.2. Fase de preparación

La preparación consiste en una serie de actividades a realizar, de acuerdo con la guía de capacitación en gestión de riesgos de Manufacturing Technology Committee (2019) precisa que:

La fase de preparación típicamente incluye las siguientes actividades:

- a) Identificación y localización de datos e información de apoyo.
- b) Identificación de la audiencia y usuarios de los resultados del estudio.
- c) Preparación de la gestión del proyecto (por ejemplo: agendar reuniones, transcribir procedimientos, etc.).
- d) Consenso sobre el formato de plantilla para registrar los resultados del estudio.
- e) Consenso sobre las palabras guía de HAZOP que se utilizarán durante el estudio. (p. 4)

2.2.1.1.3. Fase de examen

Esta fase es una de las más importantes debido a que consiste en la búsqueda sistemática de la desviación o falla. Para Manufacturing Technology Committee (2019):

La Fase de examen comienza con la identificación de todos los elementos (partes o pasos) del sistema o proceso a examinar, por ejemplo:

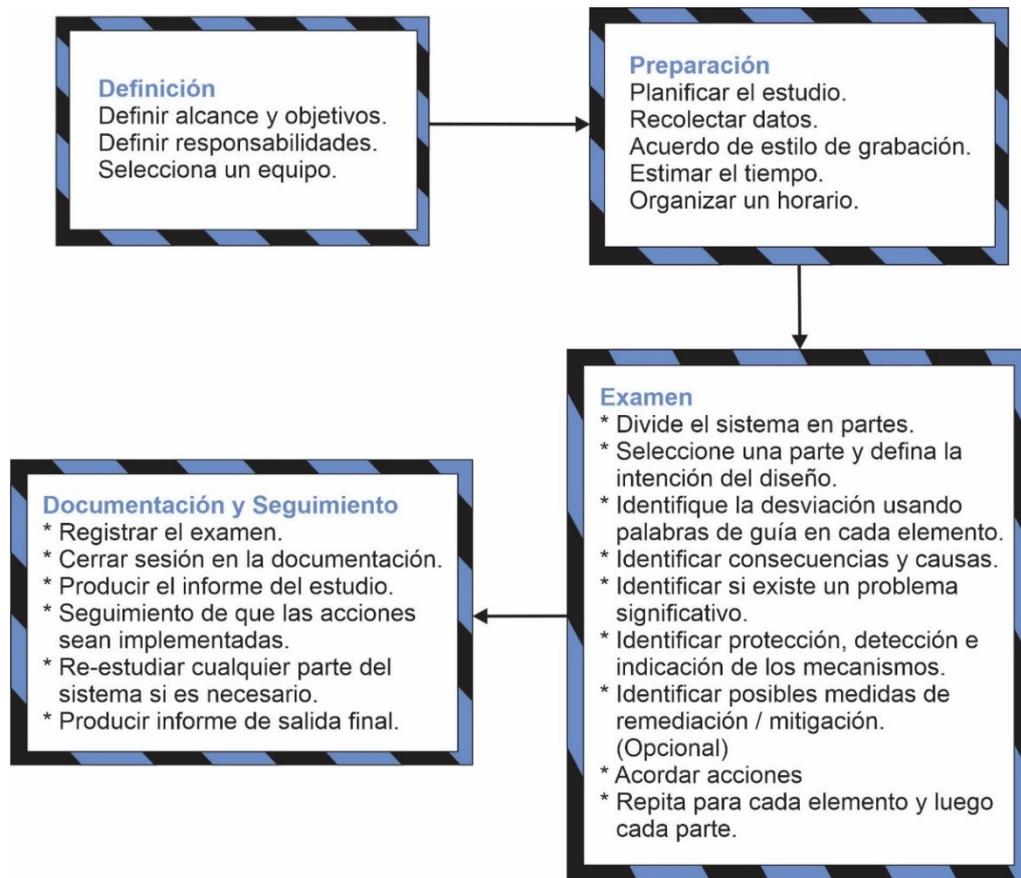
- a) Los sistemas físicos pueden dividirse en partes más pequeñas según sea necesario.
 - b) Los procesos pueden dividirse en pasos o fases discretos.
 - c) Partes o pasos similares pueden agruparse para facilitar la evaluación.
- (p.5)

2.2.1.1.4. Fase de documentación y seguimiento

Para Manufacturing Technology Committee en su guía de capacitación en gestión de riesgos (2019), indica que:

Los equipos de evaluación de riesgos pueden modificar la plantilla según sea necesario en función de factores tales como:

- a) Requisitos reglamentarios.
- b) Necesidad de una clasificación de riesgo o priorización más explícita (por ejemplo, desviación de calificación probabilidades, severidades y / o detección).
- c) Políticas de documentación de la empresa.
- d) Necesidades de trazabilidad o preparación para la auditoría.
- e) Otros factores. (p.7)

Figura 1*Fases del proceso de análisis HAZOP*

Fuente: Manufacturing Technology Committee (2019)

2.2.1.2. Descripción de nodos

En relación al tema se cita en la guía para la realización de estudios HAZOP, lo siguiente, “En la metodología HAZOP, el proceso se divide en partes más pequeñas (o subsistemas) denominados «Nodos», los cuales tienen una finalidad común (caudal, presión, temperatura, etc.)” (Repsol YPF, 2018, p.8).

Es decir, los nodos son unidades más pequeñas que representan partes de la estructura. Como señala distinguen dos tipos de nodos:

Nodos de proceso Cada nodo agrupa a líneas y equipos analizando la evolución del proceso por deriva de las condiciones de operación. El tratamiento de parámetros, desviaciones y causas cumplirá, como mínimo.

Nodos globales Agrupan a toda la instalación sujeta a HAZOP para su análisis “de tubería hacia fuera”, intentando identificar las circunstancias externas al proceso (implantación, fugas, etc.) que pueden condicionar la aparición o el

desarrollo de situaciones de accidente. El tratamiento de parámetros, desviaciones y causas cumplirá, como mínimo. (Repsol YPF, 2018, p. 8)

2.2.1.3. Desviación

En la guía para la realización de estudios HAZOP, las desviaciones deben “ser realistas y consistentes con el estudio y deben ser entendidas por todos los miembros del grupo. Para ciertos procesos/nodos algunas desviaciones pueden no ser realistas, por lo que no se debe perder el tiempo en ellas” (Repsol YPF, 2018, p. 12).

De acuerdo con la guía para la realización de estudios HAZOP:

Las desviaciones de aplicación obligatoria son aquellas que de manera sistemática deben ser planteadas en las sesiones HAZOP por el facilitador para cada nodo. En caso de que su aplicación al nodo en cuestión no tenga sentido (por ejemplo, nivel aplicado a una línea de trasiego siempre llena) no tiene por qué aparecer reflejada en la tabla HAZOP, aunque (opcionalmente) puede quedar registrado su planteamiento en la sesión. (Repsol YPF, 2018, p. 12).

2.2.1.4. Causas

Para cualquier empresa encontrar las causas es de suma importancia; de esta manera, en la guía para la realización de estudios HAZOP, señala que “La determinación de las causas de las desviaciones de los parámetros del proceso es la parte más determinante del estudio HAZOP, ya que es sobre lo que se debe actuar en primer lugar” (Repsol YPF, 2018, p. 13).

La empresa entonces, considera de gran utilidad, la aplicación de la metodología en encontrar las causas de una posible falla. Como lo señala, existen tres tipologías básicas de causas que deben ser analizadas “Fallos de los equipos o instrumentos, fallos humanos y eventos externos” (Repsol YPF, 2018, p.13).

De acuerdo con la guía para la realización de estudios, señala que:

Las causas deben estar definidas con el suficiente nivel de detalle en su formulación para identificar adecuadamente las consecuencias. Para ello las causas deben dar información sobre el modo de fallo considerado en los equipos o instrumentos, indicando claramente en qué posición opera el elemento causante de la desviación (válvula abierta o cerrada, bomba en marcha o paro, error de operador que deja una válvula cerrada o abierta). (Repsol YPF, 2018, p.13)

Como indica la guía “Se entiende que una causa es creíble cuando se tiene constancia de la misma por vía directa (experiencia propia), por vía indirecta (referencia de terceros), por extrapolación de casos menos severos o razonamiento lógico (evidencia del riesgo)” (Repsol YPF, 2018, p.13)

2.2.1.5. Escenario

Según la guía para la realización de estudios HAZOP “Un escenario es una situación identificada en un proceso que puede ocasionar daño en caso de que se desarrolle completamente y sin control. Un escenario puede expresarse como una situación de accidente con consecuencias evidentes” (Repsol YPF, 2018, p.15).

Como expresa la guía para la realización de estudios HAZOP “La clara identificación de los escenarios es fundamental para realizar una correcta valoración del riesgo y definir las salvaguardias necesarias, y también para posteriores análisis de riesgo específicos (LOPA, Informe de Seguridad, ACR, etc.)” (Repsol, 2018, p.15).

Es pertinente indicar que “Durante el HAZOP se deberán identificar aquellos escenarios de peligro que estén de acuerdo con los objetivos del estudio, independientemente de las consecuencias a las que se pueda llegar” (Repsol YPF, 2018, p.15).

2.2.1.6. Consecuencias

De acuerdo con la guía para la realización de estudios HAZOP, una vez establecidos cada uno de los escenarios es necesario identificar cada una de las consecuencias “Efectos sobre la salud de los trabajadores. Efectos sobre la salud del público situado en el exterior del emplazamiento. Impacto medioambiental. Daño a la propiedad incluyendo pérdida de imagen de la compañía” (Repsol, 2018, p.16). Visto de esta forma, los efectos o consecuencias de algún fallo en el sistema afectan de forma interna y externa a la empresa.

2.2.1.7. Salvaguardas

De acuerdo con la guía para la realización de estudios HAZOP, señala que: Para cada uno de los escenarios (causas/consecuencias) detectados será necesario identificar de forma exhaustiva todas las salvaguardas existentes en la instalación e identificar en la medida de lo posible sobre qué actúan: causas, eventos habilitadores, mitigación de consecuencias. Las salvaguardas han de ser expuestas en un orden coherente. (Repsol YPF, 2018, p.16)

Tal como indica la guía las salvaguardas se clasifican en prevención y mitigación, estas a su vez se dividen en organizativas y técnicas. Las salvaguardas de prevención organizativas implican “Procedimiento operativo, instrucciones escritas, controles documentales antes de realizar una operación; inspección en campo; observación planeada y mantenimiento” (Repsol YPF, 2018, p.16).

Mientras las salvaguardas de prevención técnicas comprenden “Sistema básico de control de proceso; sistema instrumentado de seguridad; PSV; discos de rotura y sistemas de despresurización a antorcha” (Repsol YPF, 2018, p.16).

De igual forma las salvaguardas de mitigación organizativas son “Procedimientos de emergencia; plan de emergencia de la instalación; plan de emergencia exterior a la instalación” (Repsol YPF, 2018, p. 17). Por su parte, las salvaguardas de mitigación técnicas son “Sistema de fire and gas; válvulas de corte de emergencia; drenaje; contención; ignifugado y protección activa contra incendios” (Repsol YPF, 2018, págs. 16, 17).

2.2.1.8. Evaluación del riesgo

De acuerdo con la guía para la realización de estudios HAZOP, señala que:

Si bien el método HAZOP concentra los esfuerzos en la identificación de peligros, surge la necesidad de valorar hasta qué punto estos peligros pueden manifestarse de manera más o menos probable, así como la magnitud de los daños o consecuencias que las mismas puedan producir. A esta acción se le denomina: “Evaluación del Riesgo” asociado al peligro identificado. (Repsol YPF, 2018, p. 17).

Indiscutiblemente, la valoración del riesgo es imprescindible para determinar las acciones que se llevarán a cabo. Según la guía señala que “Una correcta valoración del riesgo ayuda a determinar un valor del Nivel de Integridad de la Seguridad (SIL) en los casos en que se utilicen Sistemas Instrumentados de Seguridad (SIS)” (Repsol YPF, 2018, p. 17).

2.2.1.9. Recomendaciones

De acuerdo a la guía para la realización de estudios HAZOP, respecto a las recomendaciones, indica que se debe “Definir adecuadamente las prioridades de las acciones de mejora propuestas. Las recomendaciones son las medidas encaminadas a

reducir los riesgos y/o mitigar las consecuencias que el grupo ha identificado durante las sesiones de trabajo” (Repsol YPF, 2018, p. 17).

2.2.2. Metodología Análisis del Modo y Efecto de Falla

Para definir el origen de la metodología, análisis del modo y efecto de falla (FMEA), el instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo de España, en su nota técnica de prevención N° 679 (2004) precisó que:

El FMEA fue elaborado por la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), en la década de los 60, siendo conocido como el procedimiento militar americano MIL-STD-16291 titulado “Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad”. En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores. (p. 1).

La primera vez que se aplicó el método FMEA, fue en la industria espacial, para encontrar fallas que podrían presentarse durante el funcionamiento de las naves, posteriormente se usó en la industria automotriz, siendo esta herramienta clave para el diseño de nuevas piezas, obteniendo mejoras en la seguridad. (Martínez, 2004, p. 54).

De acuerdo con el manual de análisis de modos y efectos de fallas potenciales (FMEA), cuarta edición, de General Motors Corporation (2008), señala que:

El FMEA es una metodología analítica usada para asegurar que problemas potenciales sean considerados y abordados, el resultado más visible es la documentación de conocimientos en forma colectiva de grupos multifuncionales o multidisciplinarios. Cada FMEA debiera asegurar que se ha dado la atención a cada componente o accesorio dentro del producto o ensamble. Para componentes, accesorios y procesos críticos relacionados con la seguridad se les debiera dar una alta prioridad. (p. 2).

El instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, de España, en su nota técnica de prevención N° 679 (2004), señala que:

Este método a pesar de su enorme sencillez es usualmente aplicado a elementos de equipos o procesos de producción, detectando los fallos que puedan acontecer por sus consecuencias, para evitar repercusiones importantes en los resultados esperados. El principal interés de la metodología FMEA es el de

resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias. (p. 1).

2.2.2.1. Modo de falla

De acuerdo con el manual FMEA, de General Motors Corporation (2008), afirma que “El modo de falla es definido como la forma o manera en la cual un producto o proceso podría fallar para cumplir con la intención del diseño o requerimiento del proceso” (p. 12). Desde esta perspectiva, se comprende que una falla está relacionada con la funcionalidad para la cual se diseña o utiliza.

2.2.2.2. Causas potenciales de falla

Las causas potenciales de falla están referidas a todos aquellos eventos que puedan ocurrir, es decir, son proyecciones a futuro. Para General Motors Corporation (2008), “Una causa potencial de una falla es definida como una indicación de cómo la falla podría ocurrir, descrita en términos de algo que podría ocurrir, de algo que podría ser corregido o controlado” (p.12).

Asimismo, General Motors Corporation (2008), señala que “La identificación de las causas raíz del modo de falla, en suficiente detalle, permite la identificación de controles apropiados y planes de acción. Un análisis de causas potenciales por separado es ejecutado para cada causa si existen causas múltiples” (p.12).

2.2.2.3. Efectos potenciales de falla

De acuerdo con el manual FMEA, de General Motors Corporación (2008), señala que “Los efectos potenciales de fallas son definidos como efectos de modos de fallas. Los efectos o impactos de las fallas son descritos en términos de lo que se podría notar o experimentar” (p.12).

De acuerdo con Moreno (2017) indica que “El reconocimiento de fallas potenciales y soluciones de un proceso, es a través de la recopilación de la mayor cantidad de información pertinente posible, con la finalidad del rediseño del proceso”. (p.16)

2.2.2.4. Identificación y evaluación del riesgo

De acuerdo con el manual FMEA, de General Motors Corporación (2008), afirma que:

Uno de los pasos importantes en el proceso del análisis es la evaluación de riesgos, y está determinado por la criticidad o severidad, que es una evaluación

del nivel de impacto de una falla, y la ratio de fallo esperado u ocurrencia, que es con qué frecuencia la causa de una falla puede presentarse. (p.23)

2.2.2.5. Acciones recomendadas

De acuerdo con el manual FMEA, de General Motors Corporación (2008), indica lo siguiente:

La intención de las acciones recomendadas es reducir el riesgo global y la probabilidad de que el modo de falla ocurra. Las acciones recomendadas abordan la reducción de la severidad y la ocurrencia. Lo siguiente puede ser usado para asegurar que se tomen acciones apropiadas, incluyendo y sin limitarse a:

- a) Que se logre el aseguramiento de los requerimientos de diseño incluyendo confiabilidad.
- b) Revisión de dibujos y especificaciones de ingeniería.
- c) Confirmación de incorporaciones en los procesos de ensamble/manufactura.
- d) Revisión de FMEAs relacionados, planes de control e instrucciones de operaciones. (p.13)

2.2.2.6. Aplicación del diseño FMEA

Se llevará a cabo una vez instalado el equipo multidisciplinario, siguiendo los siguientes pasos:

Paso 1: Identificar componentes, accesorios y funciones asociadas

En primer lugar, se identifican los elementos a evaluar, de acuerdo con General Motors Corporation (2019):

El primer paso de un FMEA es identificar todos los componentes o accesorios que se evaluarán. Esto puede incluir todas las partes que constituyen el producto o, si el enfoque es solo una parte de un producto. Las partes que componen los subconjuntos aplicables deben describirse brevemente su función. (p.2)

Paso 2: Identificar los modos de falla

De acuerdo con General Motors Corporation (2019):

Se identifican los modos de falla potencial para cada parte. Los modos de falla pueden incluir, pero no se limitan a:

- a) Fallas completas
- b) Fallas intermitentes

- c) Fallas parciales
- d) Fallas en el tiempo
- e) Operación incorrecta
- f) Operación prematura
- g) No dejar de funcionar en el asignado hora
- h) Falta de función en el asignado hora. (p.3)

Es decir, se elabora una lista de las posibles fallas, estas dependerán de la empresa o industria en la cual se aplique el diseño y lo que identifique el equipo multidisciplinario.

Paso 3: Identificar la (s) causa (s) del modo de falla

Al identificar las causas se debe tener presente lo señalado por General Motors Corporation (2019) el cual señala que “Para cada modo de fallo, se identifican las causas. Estas causas pueden ser deficiencias de diseño que resultan en fallas de rendimiento o inducen errores de fabricación” (p.4).

Paso 4: Identificar los efectos de los modos de falla

De acuerdo con General Motors Corporation (2019) “Para cada modo de falla identificado, se enumeran las consecuencias o efectos sobre el producto, la propiedad y las personas” (p.3).

Paso 5: Determinar la severidad o criticidad del modo de falla

Para determinar la severidad o criticidad se deben tomar en cuenta ciertas condiciones, según General Motors Corporation (2019) señala que “La clasificación de severidad o criticidad, indica la importancia del impacto que tiene el efecto en el cliente. La severidad puede variar desde insignificante hasta riesgo de fatalidad” (p. 9).

Se deben tomar en cuenta todos los escenarios posibles, de acuerdo con General Motors Corporation (2019) “Las clasificaciones de gravedad se pueden personalizar en muy peligrosas, peligrosas y poco peligrosas, siempre que están bien definidos, documentados y aplicados consistentemente” (p. 3).

Paso 6: Determinar la probabilidad de ocurrencia o ratio de falla

Como afirma General Motors Corporation (2019):

Este paso implica determinar o estimar la ratio de falla o la probabilidad de que ocurra una causa de falla determinado. La probabilidad de ocurrencia se puede determinar a partir de datos de campo o historia de productos anteriores. Si esta

información no está disponible, se realiza una calificación subjetiva basada en la experiencia y el conocimiento de los expertos multidisciplinarios. (p. 4)

Paso 7: Determinar acciones para reducir el riesgo de modo de falla

Dirigido a las acciones correctivas o recomendaciones que deben aplicarse de inmediato. De acuerdo con General Motors Corporation (2019):

Tomar medidas para reducir el riesgo de fracaso es el aspecto más crucial de un FMEA, debe revisarse para determinar dónde se deben tomar las medidas correctivas, así como qué medidas se deben tomar y cuándo. Se identificarán algunos modos de falla para la acción inmediata, mientras que otros se programarán con fechas de finalización específicas. A la inversa, algunos modos de falla pueden no recibir atención o ser programados para ser reevaluados en una fecha posterior (p. 5).

2.2.3. Tipos de fallas

Existen una variedad de tipos de fallas, las más comunes son, fallas de componentes, de accesorios, desviaciones en condiciones normales de operación y errores humanos o de organización, los cuales se describen a continuación.

2.2.3.1. Fallas de componentes o accesorios

Las fallas en los componentes o accesorios se refiere a elementos utilizados que no reúnen las condiciones necesarias, por tanto, son susceptibles a variaciones, de acuerdo con Juárez (2015) afirma que está establecido por:

Un diseño inapropiado frente a la presión interna, fuerzas externas, corrosión del medio, temperatura, fallos de elementos como bombas compresoras, ventiladores, agitadores, fallos en sensores de presión y temperatura, controles de nivel, reguladores de flujo, unidades de control computarizados, fallos en sistemas específicos de seguridad, en juntas y conexiones, etc. (p. 7).

Estos elementos varían dependiendo de cada empresa o industria, lo importante es comprender que, los componentes o accesorios del diseño deben ser de calidad y adecuados a los estándares.

2.2.3.2. Desviaciones en condiciones normales de operaciones

Las empresas o industrias, tienen mecanismos de funcionamiento establecidos, cuando estos se modifican se produce un desviación en sus procesos, de acuerdo con Juárez (2015), estas alteraciones son "Incontroladas de los parámetros

fundamentales del proceso (presión, temperatura, flujo, concentraciones), fallos en la adición manual de componentes químicos, fallos en los servicios (insuficiente enfriamiento, calefactor o vapor, nitrógeno, aire comprimido, fallos en la parada o puesta en marcha)” (p. 8).

2.2.3.3. Errores humanos y de organización

Los errores humanos hacen referencia a todas aquellas acciones que pueden afectar la operatividad de la industria, tal como indica Juárez (2015) son “Errores de operación, desconexión de sistemas de seguridad a causa de frecuentes falsas alarmas, confusión de sustancias peligrosas, errores de comunicación, incorrecta reparación o trabajo de mantenimiento y realizar trabajo no autorizados” (p. 8). Desde la perspectiva humana, existen muchos factores o eventualidades que pueden afectar la operatividad de la industria.

2.2.4. Instalaciones y equipos contra incendio de una refinería de petróleo

Según el reglamento de normas para la refinación y procesamiento de hidrocarburos, decreto supremo N°051-93-EM, indica que:

Las Refinerías y Plantas de Procesamiento de Hidrocarburos deberán ser provistas de instalaciones y equipos para la lucha contra incendio acordes con su tamaño, complejidad y características de los productos que manufacturan, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos. (artículo 63).

De acuerdo con Cabrera y Alomá (2015), un sistema contra incendio en una refinería de petróleo, consta principalmente de:

Una reserva de agua, almacenada en tanques de acero apoyados en tierra o en cisternas, una estación de bombas que tiene equipos de bombeo principales, rociadores, cámaras de espuma, hidrantes, platillos orificios, equipo suministrador de líquido espumógeno, redes de tuberías, entre otros. (p. 35).

2.2.5. Características del Sistema contra incendio de la Refinería de petróleo Conchán

La refinería de petróleo Conchán y su planta de ventas disponen de un sistema de captación de agua contra incendio, tanques de agua contra incendio, un sistema de bombeo de agua contra incendio, incluido el sistema de bombeo para llenado de los tanques de agua contra incendio, una red contra incendio a base de agua, monitores, hidrantes, rociadores, un sistema de extinción con espuma contra incendio que incluye

tanques bladder y manifolds, dos camiones contra incendio de concentrado de espuma y extintores.

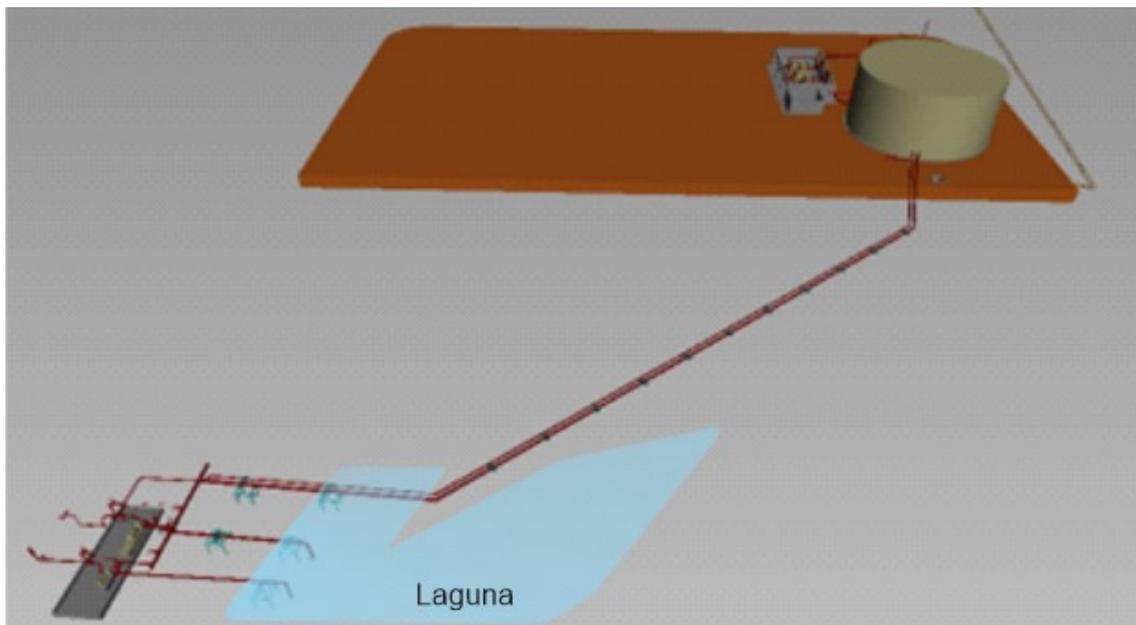
a. Sistema de captación de agua contra incendio

El agua contra incendio es suministrada desde una laguna ubicada dentro de la refinería, es parte de los Humedales de Lurín, las filtraciones producto de su cercanía al mar hacen que esta laguna se mantenga con agua todos los días del año conservando una profundidad promedio de 1.80m. Es de esta laguna de donde dos bombas; la P105-C y la P105-D, bombean el agua hacia el sistema de tanques de agua contra incendio TK-48, TK-64 y TK-75. En caso que se presenten emergencias, las bombas P-105C y P-105D inyectan agua a la red contra incendio directamente desde la laguna.

Es de esta laguna de donde dos bombas; la P105-C y la P105-D, bombean el agua hacia el sistema de tanques de agua contra incendio TK-48, TK-64 y TK-75.

Figura 2

Esquema de bombeo de agua de laguna



Fuente: Petroperú (2017)

Las bombas P-105 C/D actúan como respaldo de los tanques de almacenamiento de agua contra incendio, en caso de agotarse el agua de los tanques, estas bombas inyectan agua a la red contra incendio directamente desde la laguna, en la siguiente figura podemos apreciar su casa de bombas.

Figura 3*Casa de bombas P-105C y P-105D***b. Tanques de agua contra incendio**

El sistema de tanques de agua contra incendio está conformado por los tanques TK-48, TK-64 y TK-75 los cuales cuentan con una capacidad de almacenamiento de 20 000 barriles, 20 000 barriles y 30 000 barriles, respectivamente.

El tanque TK-48 está ubicado en la cota baja de la refinería (7 m.s.n.m.), a 200 m de la caseta de bombeo de la laguna. Los tanques TK-64 y TK-75 están ubicados en la cota alta de la refinería (58 m.s.n.m.).

Figura 4*Tanque de agua contra incendio TK-48 de la cota baja*

Figura 5

Tanques de agua contra incendio TK-64 y TK-75 de la cota alta

**c. Sistema de bombeo de agua contra incendio**

En la refinería se dispone de dos sistemas de bombeo de agua contra incendios; uno principal ubicado en la cota baja de las instalaciones y otro ubicado en la cota alta. El cuarto de bombas CI principal está ubicado directamente a la salida del tanque TK-48 y se encuentra conectado mediante un manifold principal a los tanques TK-64 y TK-75. El cuarto de bombas CI principal cuenta con tres bombas: P-201, P-202 y P-203 de 341 BHP de potencia, con una presión de descarga de 150 psig, de 2500 gpm de capacidad de bombeo y que giran a una velocidad de 1760 rpm, las cuales están conectadas a un manifold de 16" de diámetro.

Figura 6

Casa de bombas de agua contra incendio de la cota baja



Así mismo, para mantener presurizado el sistema se cuenta con una electrobomba jockey, la cual mediante un sistema de control en base a un presóstato mantiene la presión del sistema en 150 psig. Se ha comprobado que la presión en el punto más alejado del sistema es de 70 psig, la cual constituye una pérdida de carga de más del 50% producto del desnivel mencionado previamente de 52.5m y de los accesorios que conforman el sistema tales como válvulas, codos, reducciones etc.

Para el control de las motobombas P-201, P-202 y P-203 se cuenta con controladores individuales marca METRON, los cuales son adecuados para el arranque manual y automático de bombas de agua CI, y son activados mediante un interruptor conectado a la tubería de descarga de la bomba.

Figura 7

Motobomba Caterpillar 3406 y Controlador Metron



Para el control de la bomba jockey, se cuenta con un tablero controlador, el cual es activo por un presóstato ubicado a la salida de la bomba P-203, el cual detecta una caída de presión inferior a 125 psi, activando la bomba jockey cuando se llegue a este límite inferior.

Figura 8

Detalle de controlador de bomba Jockey



El cuarto de bombas contra incendio de la cota alta está ubicado directamente a la salida de los tanques TK-64 Y TK-75. El cuarto de la cota alta cuenta con dos bombas contra incendio: P-205 y P-207. Las bombas CI de este cuarto están conectadas a un manifold de 16" de diámetro. En el cuarto se ha dejado un espacio de reserva para una motobomba adicional. Dichas bombas tienen una capacidad de 2.500 gpm, una presión de descarga de 150 psi y una potencia de 410 BHP. Asimismo, para mantener presurizado el sistema se cuenta con una electrobomba jockey, la cual mediante un sistema de control en base a un presóstato mantiene la presión del sistema en 171 psi. Para el control de las motobombas P-205 y P-207 se cuenta con controladores individuales, los cuales son adecuados para el arranque manual y automático de bombas de agua CI, y son activados mediante un interruptor conectado a la tubería de descarga de la bomba.

d. Procedimiento de operación para llenado de tanques de agua

Al tanque de agua N°48 con agua de la laguna, operando con bomba P – 105 C

1. Abrir válvula N°3 para llenar línea de abastecimiento a bombas y cebarlas.
2. Verificar que válvula N°10 esté cerrada.
3. Abrir válvula N°2.
4. Abrir válvula N°4.
5. Abrir válvula N°6 A para cebar línea succión de la laguna.
6. Arrancar bomba P-105 C. al verificar que ha llenado línea de succión.
7. Abrir válvula N°6.
8. Abrir lentamente válvula N°9 – Manteniendo una presión de 100 PSI.

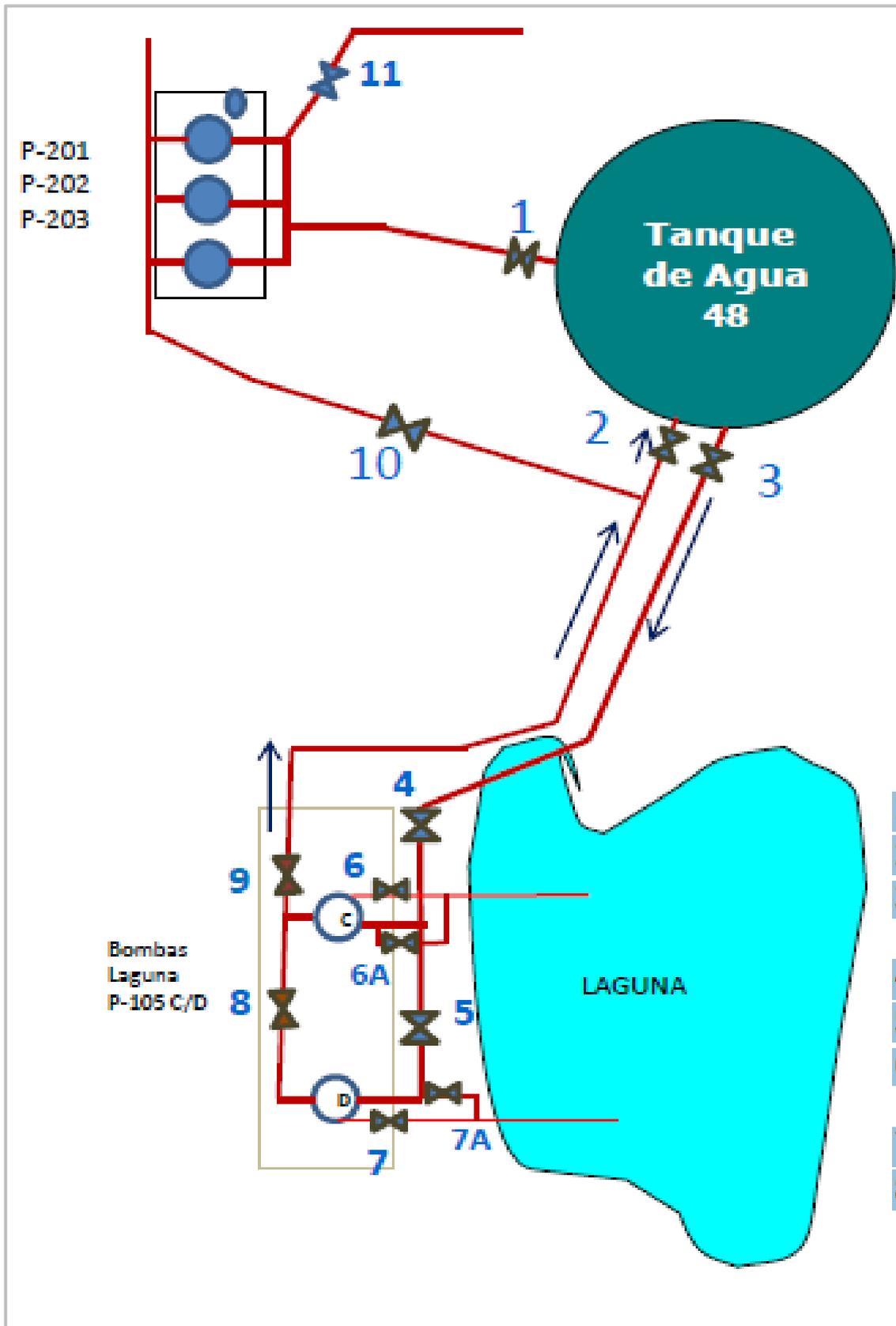
9. Cerrar Válvula N°6 A.
10. Verificar nivel de llenado al tanque N°48.
11. Lleno el Tk. N°48, parar la bomba y cerrar válvulas.

Al tanque de agua N°48 con agua de la laguna, operando con la bomba P – 105 D

1. Repetir los pasos del N°1 al N°4 del Proced. De la P- 105-C.
2. Abrir válvula N°7 A para cebar succión de la laguna.
3. Arrancar bomba P-105 C. al verificar que ha llenado línea de succión.
4. Abrir válvula N°7.
5. Cerrar Válvula N°7 A.
6. Abrir lentamente válvula N°8 – Manteniendo una presión de 100 PSI.
7. Verificar nivel de llenado al tanque N°48.
8. Lleno el Tk. N°48, parar la bomba y cerrar válvulas.

Figura 9

Procedimiento de operación para llenado de agua del tanque N°48 desde la laguna



Al tanque de agua N°64 con agua de la laguna operando con bombas P – 105 C/D, por gravedad

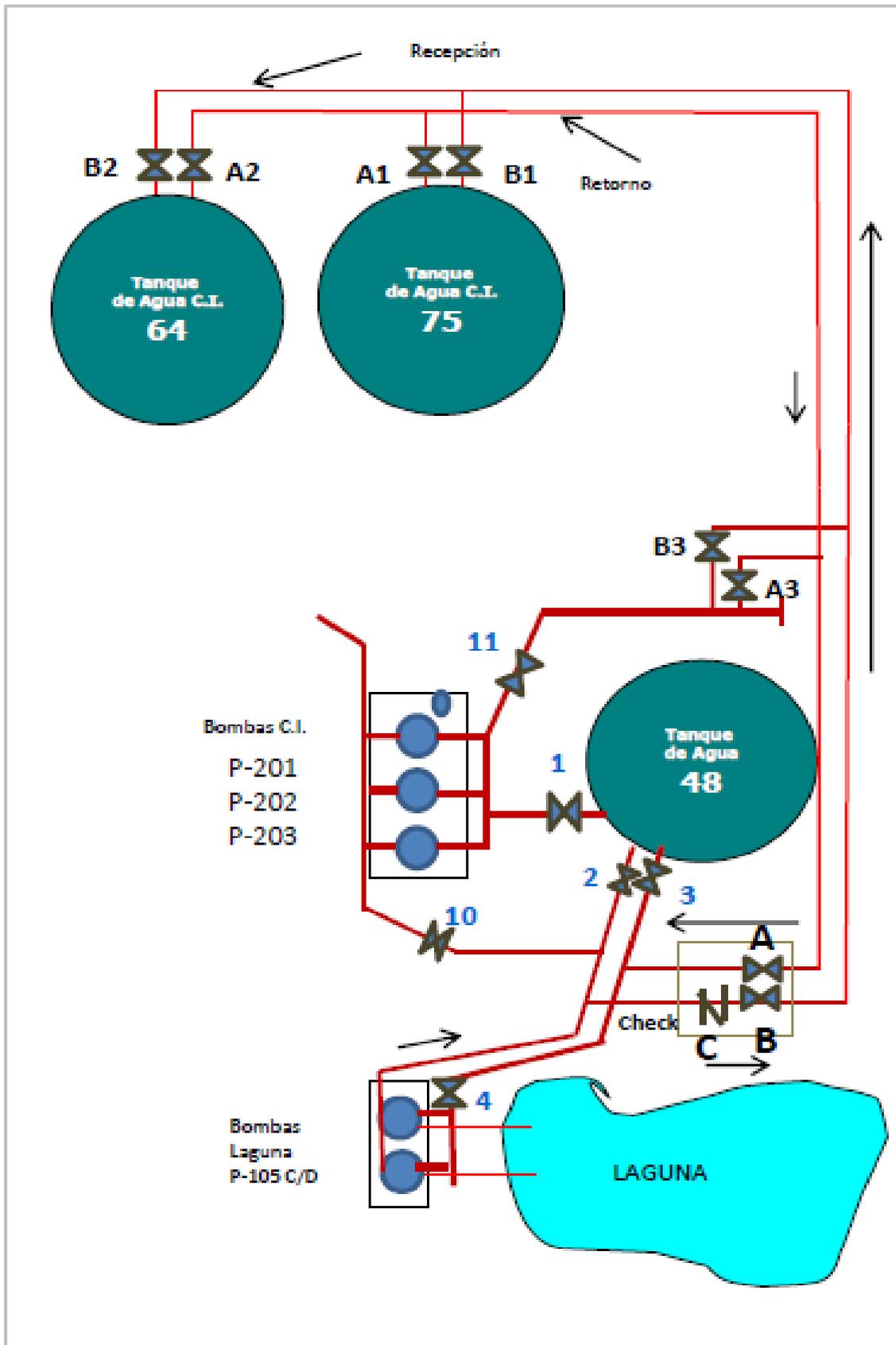
1. Abrir válvula B-2 en el tanque N°64.
2. Verificar válvulas N°2 y 3 en el tanque N°48 cerradas.
3. Verificar válvula N°10 cerrada.
4. Abrir válvula B.
5. Aplicar procedimiento de Bombeo con Bombas P-105 C / D en la laguna. Mantener presión de descarga 120 PSI.
6. Se inicia el llenado. Verificar nivel.

Al tanque de agua N°48 con agua del tanque N°75 por gravedad

1. Abrir válvula A-1 en el tanque N°75.
2. Verificar válvulas N°2 y 3 en el tanque N°48 cerradas.
3. Verificar válvula N°10 cerrada.
4. Verificar válvula N°4 cerrada.
5. Abrir válvula A.
6. Lentamente abrir válvula N°3
7. Se inicia el llenado. Verificar nivel.

Figura 10

Procedimiento de operación para llenado de tanque N°64 y tanque N°48



Al tanque de agua N°64 con agua del tanque N°48, usando bombas P-201 / P-202 / P-203

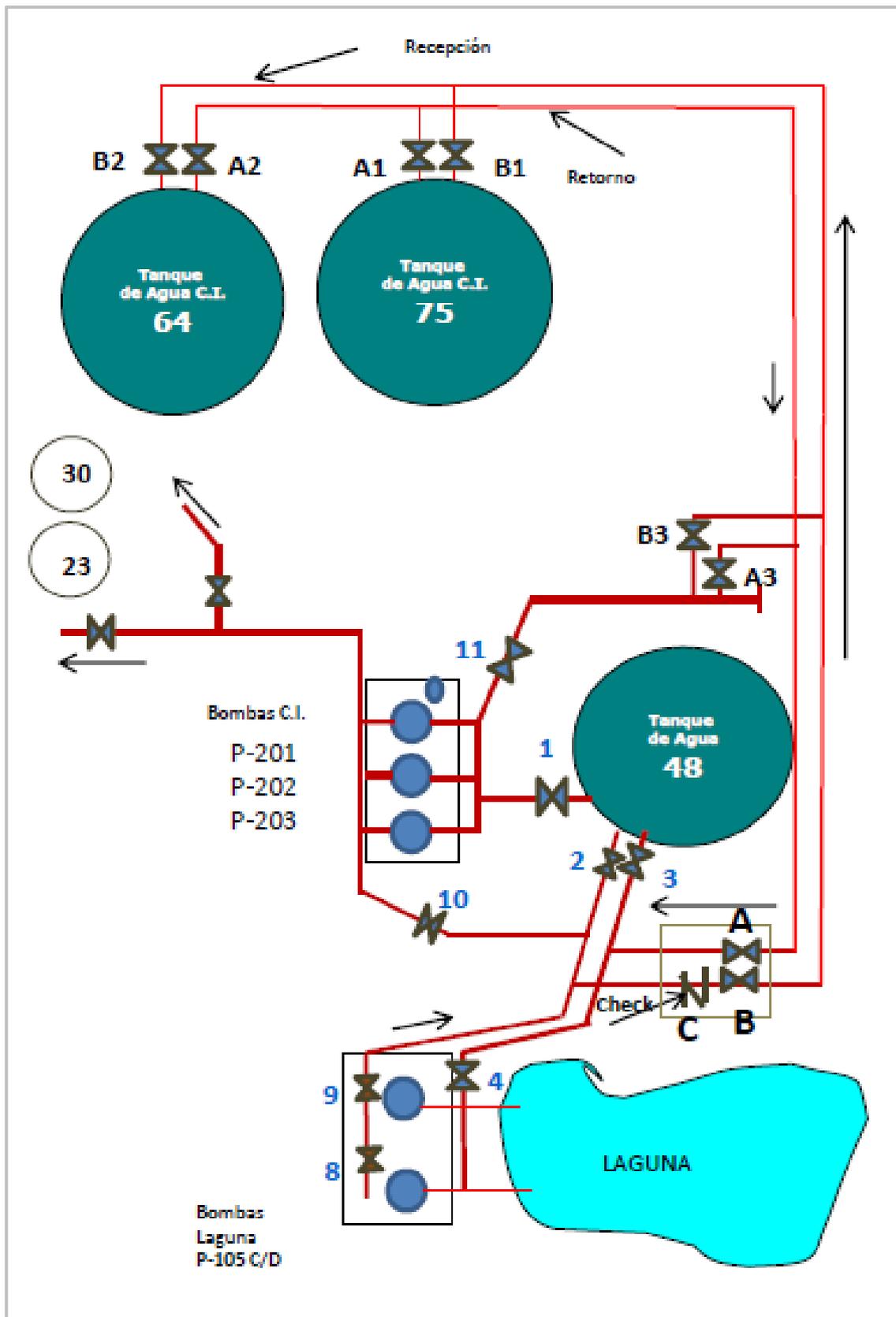
1. Abrir válvula B-2 en el tanque N° 64.
2. Verificar válvula N° 1 abierta.
3. Verificar válvulas N° 11, A-3 y B-3 cerradas.
4. Válvula N° 2 cerrada
5. Abrir válvula N° 10.
6. Arrancar Bomba P-201 ò 202 / 203.
7. Se inicia llenado Tk. N° 64.
8. Verificar niveles.
9. Al término del llenado para bomba.
10. Cerrar válvula B-2.

Al tanque de agua N°75 con agua del tanque N°48, usando bombas P-201 / P-202 / P-203

1. Abrir válvula B-1 en el tanque N° 75.
2. Verificar válvula N° 1 abierta
3. Verificar válvulas N° 11, A-3 y B-3 cerradas.
4. Válvula N° 2 cerrada
5. Abrir válvula N° 10
6. Arrancar Bomba P-201 ò 202 / 203.
7. Se inicia llenado Tk. N° 75.
8. Verificar niveles.
9. Al término del llenado para bomba.
10. Cerrar válvula B-1.

Figura 11

Procedimiento de operación para relleno de tanques N°64 Y N°75 con agua del tanque N°48 en emergencia



e. Red principal de agua contra incendio

El sistema de agua contra incendio consta en su mayor parte de una red de tuberías enterradas, cuyo recorrido no ha sido señalado en toda su longitud, la red dispone de válvulas de sectorización adecuadamente dispuestas en buzones de servicio. La red alimenta a las siguientes demandas:

1. Hidrantes o monitores ubicados directamente conectados a la red en toda su trayectoria por medio de válvulas.
2. Anillos de enfriamiento para tanques, los cuales han sido conectados a la red por medio de manifolds o válvulas.
3. Los tanques bladder para extinción de incendio mediante espuma.

f. Sistema de espuma contra incendio

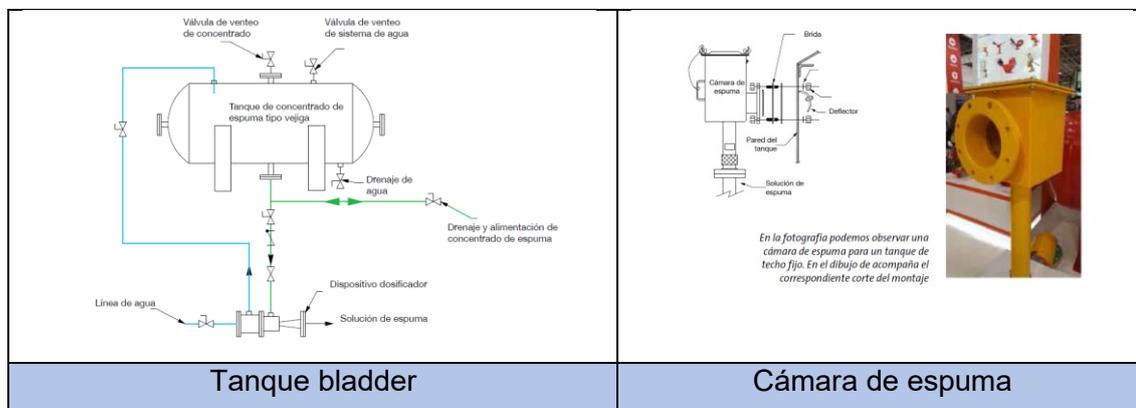
La refinería cuenta con un total de 4 tanques bladder y 92 cámaras de espuma distribuidas en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos y alcoholes, la espuma es generada por fluoro carbono al 3%. Es importante señalar que, en los cubetos de tanques de almacenamiento, donde no cuentan con tanques bladder, se sustituyen por los camiones contra incendio de la refinería:

1. Proporcionador fijo de espuma 01, PFE-01: está ubicado en la Planta de Ventas, consistente de un tanque bladder de 1,100 galones capaz de suministrar de 300 a 1,200 gpm de espuma. Las demandas que abastece son para las 5 islas y puentes de despacho de planta de ventas mediante un sistema de diluvio individual, consistente de 6 boquillas rociadoras de espuma por isla, las cuales están ubicadas en el techo de cada isla y las siete cámaras de espuma distribuidas en los tanques TK-24, TK-25, TK-26, TK-27, TK-28, TK-29 Y TK-41.
2. Proporcionador fijo de espuma 02, PFE-02: está ubicado en el cubeto del tanque TK-51 y TK-52, consistente de un tanque bladder de 300 galones capaz de suministrar de 70 a 800 gpm de espuma. Las demandas que abastece son las doce cámaras de espuma distribuidas en los tanques TK-51 y TK-52.
3. Proporcionador fijo de espuma 03, PFE-03: está ubicado en el cubeto del tanque TK-70, TK-73 y TK-74, consistente de un tanque bladder de 2,400 galones capaz de suministrar de 310 a 3,000 gpm de espuma. Las demandas que abastece son las dieciséis cámaras de espuma distribuidas en los tanques TK-70, TK-71, TK-73 y TK-74.
4. Proporcionador fijo de espuma 04, PFE-04: está ubicado en el cubeto del tanque TK-53, TK-56, TK-60 y TK-76, consistente de un tanque bladder de 3,600 galones capaz de suministrar de 310 a 4,000 gpm de espuma. Las demandas

que abastece son las cinco cámaras de espuma distribuidas en los tanques TK-53, TK-56, TK-60 y TK-76.

Figura 12

Diagrama de tanque bladder y cámara de espuma



g. Tiempo y capacidad de respuesta del propio establecimiento

Se estima un tiempo de respuesta ante una emergencia de incendio en la refinería Conchán, desde que se toca la alarma hasta la activación del sistema contra incendio en el lugar de la emergencia. La refinería Conchán, cuenta de manera permanente con un grupo especializado de bomberos en atender emergencias de incendio de hidrocarburos. Los bomberos de la refinería cuentan con dos camiones contra incendio: 1) Un camión grande de 2,000 galones con una bomba de 3,000 gpm, 2) Un camión pequeño de 1,000 galones con una bomba de 2,000 gpm. El camión contra incendio tiene la capacidad y la facilidad de inyectar espuma a los puntos o tomas de espuma ubicados en las inmediaciones del área de tanques de almacenamiento, que no cuenten con tanque bladder. Se estima un tiempo de respuesta ante una emergencia de derrame en refinería Conchán de aproximadamente 10 minutos. Este tiempo corresponde al tiempo desde su detección del derrame hasta la primera acción de respuesta.

h. Cálculo de la demanda de agua y espuma contra incendio

Los requerimientos de agua y espuma contra incendio, han sido de acuerdo a los escenarios de incendio más críticos, considerándose la mayor demanda de agua para el tanque TK-73 y para la mayor demanda de concentrado de espuma el tanque TK-34, ambos tanques tienen una capacidad de almacenamiento de 120 000 barriles, y contienen diésel N°2 S-50.

Figura 13

Resumen de resultados del cálculo de requerimiento de bombeo y almacenamiento requerido de agua del SCI

Caso de incendio	Área afectada	Capacidad de bombeo requerido (gpm)	Capacidad de bombeo disponible (gpm)	Capacidad total de agua requerido (MB)	Capacidad total de agua disponible (MB)
Tanque T-73	- Tanque T-70 - Tanque T-74 - Tuberías asociadas	10,265	12,500	51	70

Fuente: Petroperú (2017)

Figura 14

Resumen de resultados del cálculo de requerimiento de bombeo y almacenamiento requerido de espuma del SCI

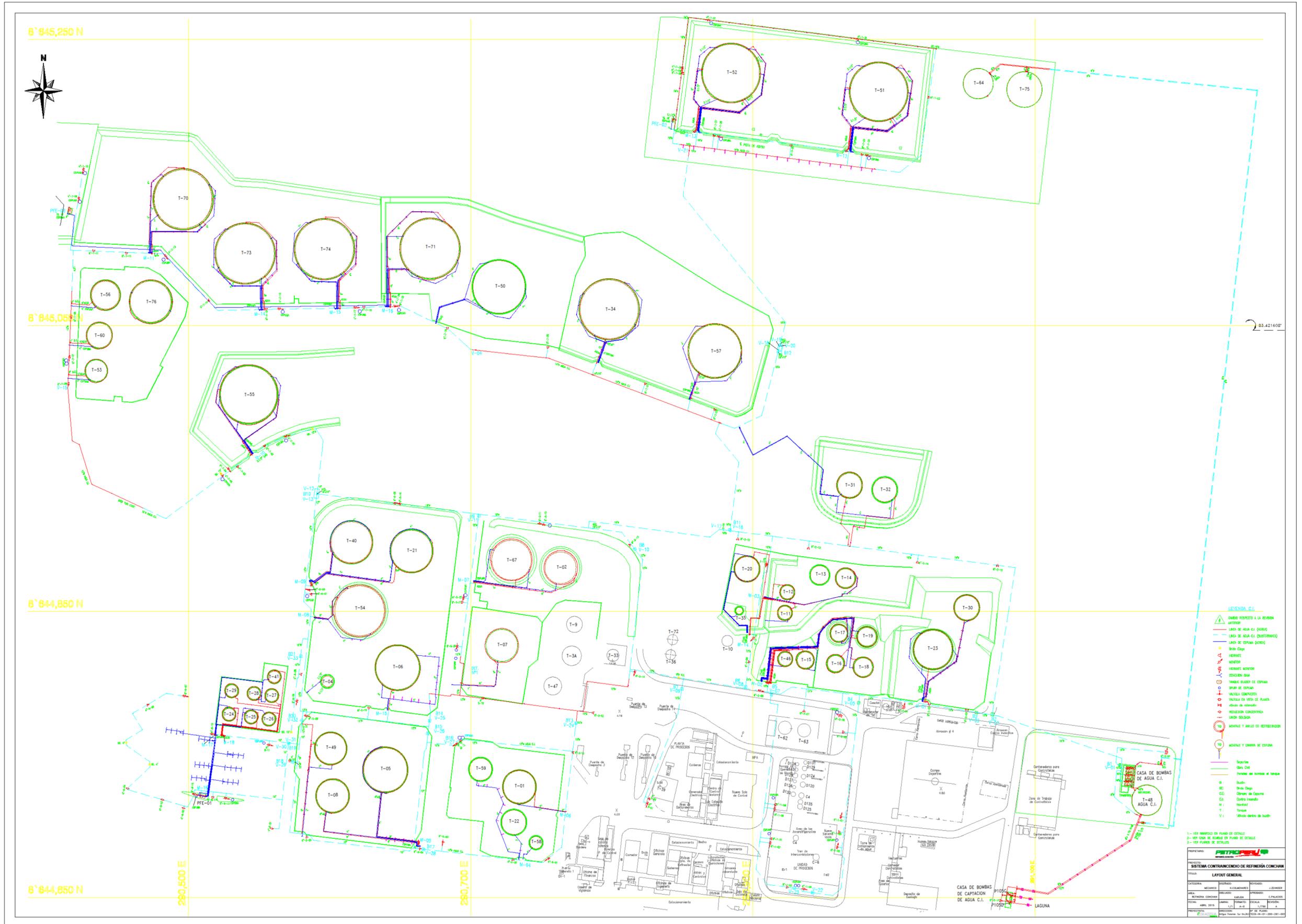
Caso de incendio	Área afectada	Capacidad de bombeo requerido (gpm)	Capacidad de bombeo disponible (gpm)	Cantidad de agente espumógeno requerido (gal)	Cantidad de agente espumógeno disponible (gal)
Tanque T-34	- Tanque T-34 - Tuberías asociadas	1,560	5,000	2,808	3,000

Fuente: Petroperú (2017)

i. Procedimientos de respuesta a emergencias contra incendios

1. Aperturar toroide de tanque incendiado y movilizar la autobomba C.I. al lugar de la emergencia.
2. Si el tanque incendiado tiene protección de inyección de espuma mediante Bladder Tank, activar inmediatamente este.
3. Si no tiene inyección de espuma por bladder, instalar autobomba C.I. e iniciar inyección.
4. En caso se termine el extracto del Bladder y no se ha extinguido el fuego, continuar inyección usando la autobomba e inyectando por la conexión auxiliar del manifold.
5. Las Bombas P-205 y P-207, arrancan automáticamente por caída de presión en la red de agua C.I.
6. Al tener nivel bajo de agua C.I. en los tanques N° 64 y 75, rellenar del tanque N° 48 aplicando los procedimientos establecidos.

Figura 15
Plano general de Refinería y Planta de ventas Conchán.



Nota: En la escala de 1/750 se realizará la impresión del plano, se adjunta en la última hoja de la presente tesis.

Fuente: Petroperú (2017)

2.2.6. Normas National Fire Protection Association

La National Fire Protection Association (NFPA), es una organización mundial, sin fines de lucro autofinanciada, establecida en Estados Unidos en 1896, dedicada a eliminar muertes, lesiones, pérdidas materiales y económicas debido a incendios, peligros eléctricos y otros peligros relacionados. NFPA brinda información y conocimiento a través de más de 300 códigos y estándares de consenso, investigación, capacitación, educación, divulgación y promoción.

Para la presente tesis los estándares NFPA en relación a sistemas contra incendios son:

- a. **NFPA-11** Norma para Espumas de Baja, Media y Alta Expansión.
- b. **NFPA-14** Norma para la Instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras.
- c. **NFPA-15** Norma para Sistemas Fijos Aspersores de agua para Protección Contra Incendio.
- d. **NFPA-20** Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios.
- e. **NFPA-22** Norma para la Instalación de Tanques de Agua para Protección Contra Incendio Privado.
- f. **NFPA-24** Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios.
- g. **NFPA-25** Norma para la inspección, prueba y mantenimiento de Sistema de Protección Contra Incendios a Base de Agua.

2.2.7. Normas American Petroleum Institute

La American Petroleum Institute (API), se formó en 1919 en Estados Unidos, como una organización que establece estándares, siendo líder mundial en convocar a expertos en la materia en todos los segmentos para establecer, mantener y distribuir estándares de consenso para la industria del petróleo y el gas. En sus primeros 100 años, el API desarrolló más de 700 estándares para mejorar la seguridad operativa, la protección ambiental y la sostenibilidad en toda la industria, especialmente a través de la adopción de estos estándares a nivel mundial.

Para la presente tesis los estándares API en relación a sistemas contra incendios son:

- a. **API RP-2001** Protección Contra Incendios en Refinerías.
- b. **API RP-2218** Prácticas de protección contra incendios en plantas de procesamiento de petróleo y petroquímicas.
- c. **API RP-750** Gestión de Riesgos de Proceso.

2.3. Marco legal

2.3.1. Ley N°29783 (Ley de Seguridad y salud en el trabajo) y su modificatoria Ley N°30222

Artículo 1. Objeto de la Ley

La Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Para ello, cuenta con el deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales, quienes, a través del diálogo social, velan por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia.

Artículo 17. Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo

El empleador debe adoptar un enfoque de sistema de gestión en el área de seguridad y salud en el trabajo, de conformidad con los instrumentos y directrices internacionales y la legislación vigente.

Artículo 47. Revisión de los procedimientos del empleador

Los procedimientos del empleador en la gestión de la seguridad y salud en el trabajo se revisan periódicamente a fin de obtener mayor eficacia y eficiencia en el control de los riesgos asociados al trabajo.

Artículo 48. Rol del empleador

El empleador ejerce un firme liderazgo y manifiesta su respaldo a las actividades de su empresa en materia de seguridad y salud en el trabajo; asimismo, debe estar comprometido a fin de proveer y mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable en concordancia con las mejores prácticas y con el cumplimiento de las normas de seguridad y salud en el trabajo.

Artículo 49. Obligaciones del empleador

El empleador, entre otras, tiene las siguientes obligaciones:

- a. Garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores en el desempeño de todos los aspectos relacionados con su labor, en el centro de trabajo o con ocasión del mismo.
- b. Desarrollar acciones permanentes con el fin de perfeccionar los niveles de protección existentes.

- c. Identificar las modificaciones que puedan darse en las condiciones de trabajo y disponer lo necesario para la adopción de medidas de prevención de los riesgos laborales.

Artículo 50. Medidas de prevención facultadas al empleador

El empleador aplica las siguientes medidas de prevención de los riesgos laborales:

- a. Gestionar los riesgos, sin excepción, eliminándolos en su origen y aplicando sistemas de control a aquellos que no se puedan eliminar.
- b. El diseño de los puestos de trabajo, ambientes de trabajo, la selección de equipos y métodos de trabajo, la atenuación del trabajo monótono y repetitivo, todos estos deben estar orientados a garantizar la salud y seguridad del trabajador.
- c. Eliminar las situaciones y agentes peligrosos en el centro de trabajo o con ocasión del mismo y, si no fuera posible, sustituirlas por otras que entrañen menor peligro.
- d. Integrar los planes y programas de prevención de riesgos laborales a los nuevos conocimientos de las ciencias, tecnologías, medio ambiente, organización del trabajo y evaluación de desempeño en base a condiciones de trabajo.
- e. Mantener políticas de protección colectiva e individual.
- f. Capacitar y entrenar anticipada y debidamente a los trabajadores.

Artículo 56. Exposición en zonas de riesgo

El empleador prevé que la exposición a los agentes físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales concurrentes en el centro de trabajo no generen daños en la salud de los trabajadores.

Artículo 57. Evaluación de riesgos

El empleador actualiza la evaluación de riesgos una vez al año como mínimo o cuando cambien las condiciones de trabajo o se hayan producido daños a la salud y seguridad en el trabajo.

Si los resultados de la evaluación de riesgos lo hacen necesarios, se realizan:

- a. Controles periódicos de la salud de los trabajadores y de las condiciones de trabajo para detectar situaciones potencialmente peligrosas.
- b. Medidas de prevención, incluidas las relacionadas con los métodos de trabajo y de producción, que garanticen un mayor nivel de protección de la seguridad y salud de los trabajadores.

Artículo 69. Prevención de riesgos en su origen

Los empleadores que diseñen, fabriquen, importen, suministren o cedan máquinas, equipos, sustancias, productos o útiles de trabajo disponen lo necesario para que:

- a. Las máquinas, equipos, sustancias, productos o útiles de trabajo no constituyan una fuente de peligro ni pongan en riesgo la seguridad o salud de los trabajadores.
- b. Se proporcione información y capacitación sobre la instalación adecuada, utilización y mantenimiento preventivo de las maquinarias y equipos.
- c. Se proporcione información y capacitación para el uso apropiado de los materiales peligrosos a fin de prevenir los peligros inherentes a los mismos y monitorear los riesgos.
- d. Las instrucciones, manuales, avisos de peligro u otras medidas de precaución colocadas en los equipos y maquinarias, así como cualquier otra información vinculada a sus productos, estén o sean traducidos al idioma castellano y estén redactados en un lenguaje sencillo y preciso con la finalidad que permitan reducir los riesgos laborales.
- e. Las informaciones relativas a las máquinas, equipos, productos, sustancias o útiles de trabajo sean facilitadas a los trabajadores en términos que resulten comprensibles para los mismos.

El empleador adopta disposiciones para que se cumplan dichos requisitos antes de que los trabajadores utilicen las maquinarias, equipos, sustancias, productos o útiles de trabajo.

Artículo 70. Cambios en las operaciones y procesos

El empleador garantiza que los trabajadores hayan sido consultados antes de que se ejecuten los cambios en las operaciones, los procesos y en la organización del trabajo que puedan tener repercusiones en la seguridad y salud de los trabajadores.

2.3.2. LEY N°26221 (Ley Orgánica de Hidrocarburos)

Artículo 35 El Contratista está obligado a facilitar la labor de las entidades fiscalizadoras, a salvaguardar el interés nacional y atender la seguridad y la salud de sus trabajadores.

Artículo 74 Cualquier persona natural o jurídica, nacional o extranjera, podrá instalar, operar y mantener refinerías de petróleo, plantas de procesamiento de gas natural y condensados, asfalto natural, grasas, lubricantes y petroquímica, con sujeción a las normas que establezca el Ministerio de Energía y Minas.

Artículo 76 El transporte, la distribución mayorista y minorista y la comercialización de los productos derivados de los Hidrocarburos se registrarán por las normas que apruebe el Ministerio de Energía y Minas; dichas normas deberán contener mecanismos que satisfagan el abastecimiento del mercado interno.

2.3.3. Decreto Supremo N°005-2012-TR (Reglamento de la Ley N°29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo) y su modificatoria Decreto Supremo N°001-2021-TR

Artículo 77 La evaluación inicial de riesgos debe realizarse en cada puesto de trabajo del empleador, por personal competente, en consulta con los trabajadores y sus representantes ante el Comité o Supervisor de Seguridad y Salud en el Trabajo. Esta evaluación debe considerar las condiciones de trabajo existentes o previstas, así como la posibilidad de que el trabajador que lo ocupe, por sus características personales o estado de salud conocido, sea especialmente sensible a alguna de dichas condiciones. Adicionalmente, la evaluación inicial debe:

- a. Identificar la legislación vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo, las guías nacionales, las directrices específicas, los programas voluntarios de seguridad y salud en el trabajo y otras disposiciones que haya adoptado la organización.
- b. Identificar los peligros y evaluar los riesgos existentes o posibles en materia de seguridad y salud que guarden relación con el medio ambiente de trabajo o con la organización del trabajo.
- c. Determinar si los controles previstos o existentes son adecuados para eliminar los peligros o controlar riesgos.
- d. Analizar los datos recopilados en relación con la vigilancia de la salud de los trabajadores.

Artículo 86 El empleador debe considerar la posibilidad de recurrir a mediciones, cualitativas y cuantitativas, adecuadas a las necesidades de la organización. Estas mediciones deben:

- a. Basarse en los peligros y riesgos que se hayan identificado en la organización, las orientaciones de la política y los objetivos de seguridad y salud en el trabajo.
- b. Fortalecer el proceso de evaluación de la organización a fin de cumplir con el objetivo de la mejora continua.

2.3.4. Decreto Supremo 043-2007-EM (Reglamento de seguridad para las actividades de hidrocarburos)

Artículo 2. Alcance

El presente Reglamento establece las normas y disposiciones de Seguridad e Higiene para las Actividades de Hidrocarburos, reemplaza a la Resolución Ministerial N° 0664-78-EM/DGH, que aprobó el Reglamento de Seguridad en la Industria del Petróleo y define los procedimientos para la aplicación de las Normas de Seguridad, debiendo tenerse en cuenta lo dispuesto en el artículo 4 del Texto Único Ordenado de la Ley N° 26221- Ley Orgánica de Hidrocarburos, aprobado por el Decreto Supremo N° 042-2005-EM.”

Artículo 20. De los estudios de riesgos

20.1 Las empresas autorizadas están obligadas a contar con un Estudio de Riesgos que haya sido elaborado de acuerdo a la normativa vigente y que contemple la evaluación de los riesgos que involucren a toda su actividad. La información contenida en el estudio de Riesgos y la implementación de las medidas de mitigación será de responsabilidad exclusiva de la empresa autorizada.

20.4 El Estudio de Riesgos deberá analizar detalladamente todas las variables técnicas y naturales, que puedan afectar las instalaciones y su área de influencia, a fin de definir los métodos de control que eviten o minimicen situaciones de inseguridad, incluyendo el dimensionamiento de los sistemas y equipos contra incendios. Las medidas de mitigación establecidas en el Estudio de Riesgos serán de obligatorio cumplimiento.

20.5 La Empresa Autorizada está obligada a actualizar el estudio de riesgos cada vez que se presenten condiciones o circunstancias que varíen los riesgos evaluados inicialmente en el mismo. Los plazos y condiciones para la actualización referida serán contemplados en los lineamientos que OSINERGMIN establezca para tal fin.

Artículo 79. Sistema, equipamiento y organización contra incendio

La protección de una instalación de hidrocarburos depende fundamentalmente de su sistema, equipamiento y organización contra incendio. El mencionado sistema debe ser dimensionado y estar en capacidad adecuada para controlar cualquier tipo de Emergencia en cualquier momento de la vida operativa de la instalación, guardando concordancia con lo que disponga el estudio de riesgos.

Artículo 86. Cantidades de extracto de agentes espumosos en disponibilidad

Las cantidades de agentes de espuma (en extracto) que deben mantenerse disponibles, deben ser establecidas por la Empresa Autorizada y no serán menores a dos veces la cantidad necesaria para combatir el mayor riesgo individual existente. Dichas cantidades podrán establecerse en el Estudio de Riesgos y/o en el RISI.

Artículo 87. Certificación de recepción del sistema contra incendio

El sistema contra incendio, antes de ser puesto en servicio o cuando sea objeto de remodelación o ampliación, deberá tener una certificación de recepción y prueba de acuerdo a los protocolos a que se refieran las normas NFPA, con la asistencia de OSINERGMIN.

Artículo 91. Requerimientos mínimos de los sistemas de agua de enfriamiento y generación de espuma para tanques de almacenamiento instalados sobre la superficie

91.1 Los parámetros mínimos de los sistemas de agua de enfriamiento y generación de espuma que se deben considerar en los diseños de los sistemas contra incendio para las Instalaciones de Hidrocarburos, serán establecidos en un Estudio de Riesgos.

91.2 La capacidad de agua contra incendio de una Empresa Autorizada deberá basarse en lo mínimo requerido para aplicar espuma y extinguir un incendio en el tanque de mayor capacidad, más la cantidad de agua necesaria para enfriar los tanques adyacentes expuestos al flujo radiante del tanque incendiado, que pueda afectar la integridad de los mismos. Esto deberá estar sustentado en base a un estudio técnico.

91.3 El sistema de agua contra incendio deberá contar con bombas contra incendio, las cuales serán diseñadas e instaladas, según la NFPA 20.

91.4 Las tuberías del sistema de agua y espuma contra incendio deberán tener un diseño sismo resistente, considerando la vulnerabilidad sísmica de la zona.

91.5 Se deberá asegurar un abastecimiento por lo menos de cuatro (4) horas de agua, al régimen de diseño considerando el mayor riesgo.

Reservas de agua:

- a. Cuatro (4) horas en base al máximo riesgo posible de la instalación.
- b. Una (1) hora cuando exista red pública confiable con capacidad superior al máximo riesgo posible de la instalación.
- c. No es necesaria cuando exista disponibilidad ilimitada de agua dulce o salada, siempre y cuando existan instalaciones fijas de bombeo que aseguren la capacidad del máximo riesgo posible, según norma NFPA 20. En este caso, debe contarse con una bomba contra incendio alterna.

Artículo 167. Requisitos en sistemas de Seguridad contra incendio para las refinерías y plantas de procesamiento

167.1 Las Refinerías y Plantas de Procesamiento de Hidrocarburos deberán ser provistas de instalaciones, sistemas y equipos para la lucha contra incendio acordes con su capacidad, complejidad y características de los productos que procesan y manufacturan, de acuerdo con las normas establecidas en el presente Reglamento y el Estudio de Riesgos.

167.2 Cada vez que se realice una modificación o ampliación del proceso productivo o del sistema de almacenamiento o de servicio, deberá efectuarse un Estudio de Riesgos y la actualización del Plan de Contingencia, siempre y cuando tal modificación implique un cambio en la complejidad y/o la producción de productos diferentes o una variación mayor al treinta por ciento (30%) en el volumen de la capacidad instalada.

Artículo 172. Protección a las unidades de procesos

Las unidades de procesos deberán estar protegidas por equipos contra incendio portátiles y rodantes, de acuerdo a cada riesgo individual y a lo que se establezca en el Estudio de Riesgos.

Disposiciones complementarias

Tercera Para el caso de riesgos y situaciones de Seguridad y/o salud ocupacional no contemplados en el presente Reglamento, serán de aplicación supletoria los dispositivos referidos a las normas y principios internacionales universalmente aceptados en la industria petrolera que se detallan en los anexos del presente Reglamento, así como sus normas complementarias o modificatorias.

2.3.5. Decreto Supremo 052-93-EM (Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos)

Artículo 14 La Empresa Almacenadora deberá disminuir o controlar al máximo, los eventuales riesgos que la instalación represente para las personas y propiedades. No obstante, la Empresa Almacenadora asume todo el riesgo, costo y responsabilidad frente al Estado y terceros sobre los efectos derivados de sus actividades relativas al almacenamiento de líquidos, debiendo para eso estar cubierta por la póliza de seguro a que se refiere el Título Quinto del Reglamento.

2.3.6. Resolución de Consejo Directivo Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinergmin N° 203-2020-OS-CD (Disposiciones para la Implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos en las Instalaciones donde se realizan actividades de Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos)

Artículo 1. Objeto

Establecer las disposiciones necesarias para la implementación y correcta operación de un Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos en las Instalaciones donde se realizan actividades de Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos, tomando como referencia lo indicado en el estándar OSHA 1910.119.

Artículo 2. Alcance

2.1. El Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos es de aplicación a nivel nacional en instalaciones donde se realizan actividades de refinación y procesamiento de hidrocarburos conforme a lo definido en el Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 051-93-EM y sus modificatorias.

2.2. El Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos es aplicable en los siguientes procesos:

2.2.1. Procesos y equipos asociados a éstos que utilicen un líquido o gas inflamable, en el área de las instalaciones de refinación y procesamiento de hidrocarburos, en una cantidad de 4535Kg (10.000 libras) o más.

2.2.2. Procesos y equipos asociados a éstos que involucren un compuesto químico que alcanza o supera el umbral indicado en el Anexo I.

2.3. El Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos no es obligatorio para los Procesos señalados en 2.2 que se ubiquen en instalaciones remotas y usualmente desocupadas.

2.4 Asimismo, se encuentran exceptuados del Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos, las instalaciones que utilicen un líquido o gas inflamable, cuando los combustibles derivados de hidrocarburos son utilizados únicamente para su consumo propio, y que no sean parte de un proceso que contenga un compuesto químico altamente peligroso, tales como los indicados en el Anexo I.

Artículo 8. Análisis de peligros del proceso inicial

8.1. Para la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos, el Agente Fiscalizado debe realizar un análisis de peligros del proceso inicial (evaluación de peligros) en todos los procesos materia del alcance de la presente norma.

8.2. El método de análisis de peligros del proceso seleccionado debe ser el apropiado para la complejidad del proceso; debe identificar, evaluar y controlar los peligros inherentes a cada proceso, conforme lo establecido en el numeral 9.2 de las presentes disposiciones.

8.3. El análisis de peligros de cada proceso debe ser realizado por un equipo multidisciplinario con experiencia en ingeniería y operaciones de procesos, el cual debe considerar todos los peligros asociados al proceso. Este equipo multidisciplinario debe incluir necesariamente a un empleado con experiencia y conocimiento del Proceso materia de evaluación; así como un experto en los métodos de análisis específicos indicados en el numeral 9.2 de las presentes disposiciones. El equipo multidisciplinario es designado por la más alta autoridad del agente fiscalizado.

8.4. En caso de nuevos proyectos que incluyan nuevas unidades de procesos en las instalaciones del agente fiscalizado y no se disponga de un empleado con experiencia y conocimiento en dicho proceso, el equipo multidisciplinario no requiere la participación de dicho empleado.

Artículo 9. Contenido del análisis de peligros del proceso

9.1 El agente fiscalizado debe determinar y documentar el orden de prioridad que se sigue para cada uno de los análisis de peligros por cada proceso (o nodos de proceso) materia de la presente norma. La lógica en la cual se basa la priorización debe incluir consideraciones como:

- a. La cantidad de peligros del proceso (referidos al grado e importancia de los peligros del proceso);
- b. El número de empleados potencialmente afectados;
- c. La antigüedad del proceso; y
- d. El historial de operación del proceso.

9.2 Para la determinación y evaluación de los peligros, el Agente Fiscalizado debe utilizar uno o más de los siguientes métodos, según corresponda, así como contar con un experto en dicha materia:

- a. ¿Qué pasa si...? (What if);
- b. Lista de verificación (Check list);
- c. Análisis de Peligros y Operatividad (HAZOP);

- d. Análisis de Modos de fallo y efectos (FMEA);
- e. Análisis de árbol de fallos (FTA); o
- f. Algún otro método equivalente en cada caso.

9.3 El Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos requiere que los análisis de peligros de cada Proceso (o nodo de Proceso) tengan como mínimo la siguiente información:

- a. Los peligros del proceso;
- b. La identificación de cualquier incidente de seguridad del proceso previo, que tuviera una probabilidad potencial para generar consecuencias catastróficas en sus instalaciones;
- c. Los controles de ingeniería y administrativos aplicables a los peligros y sus interrelaciones, tales como la aplicación apropiada de los métodos de detección para proveer advertencia temprana de los escapes.
Los métodos de detección aceptables pueden incluir el monitoreo de los Procesos e instrumentación de control con alarmas y dispositivos de detección, como sensores para hidrocarburos;
- d. Consecuencias de las fallas de los controles de ingeniería y administrativos;
- e. Peligros inherentes a la ubicación de la instalación;
- f. Factores humanos; y
- g. Una evaluación cualitativa del alcance de los posibles efectos a la seguridad y salud de los empleados en el lugar de trabajo, si hay una falla de controles.

9.4 El Agente Fiscalizado debe establecer un sistema para atender y subsanar prontamente los hallazgos y recomendaciones surgidas del Análisis de peligros del proceso. Para ello, el Agente Fiscalizado debe realizar las siguientes acciones correctivas, en el orden en que se indican:

- a. Asegurar que las recomendaciones se realicen oportunamente;
- b. Documentar los acuerdos, y determinar las acciones a llevarse a cabo;
- c. Desarrollar un cronograma escrito para el cumplimiento de las acciones expresadas en los literales anteriores;
- d. Completar las acciones dentro del cronograma referido en el literal anterior.
- e. Comunicar los peligros del proceso y las acciones a desarrollar a los empleados de operación, mantenimiento y otros empleados cuyas asignaciones de trabajo estén involucradas en el proceso y a quienes pudieran verse afectados por dichas recomendaciones o acciones.

2.3.7. Resolución de Consejo Directivo N° 240-2010-OS-CD (Procedimiento de evaluación y aprobación de los instrumentos de gestión de seguridad para las actividades de hidrocarburos)

Artículo 2. Ámbito de aplicación

El presente procedimiento es de aplicación a las Empresas Autorizadas que se encuentran dentro del alcance del Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 043-2007-EM y están sujetas a la obligación de contar con Instrumentos de Gestión de Seguridad respecto de sus diversas operaciones, instalaciones y áreas, comprendiendo también, para el caso de los Estudios de Riesgos y de los Planes de Contingencias, el exterior de éstas y el derecho de vía en el caso de ductos; cuando por accidentes, incidentes, siniestros o desastres, se pudiera poner en peligro la vida de sus trabajadores y de terceros, las propias instalaciones o la propiedad de terceros, así como el ambiente.

Artículo 4. Autoridad competente

OSINERGMIN, a través de la Gerencia de Fiscalización de Gas Natural y la Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos, según corresponda, se encargará de la evaluación y aprobación de los Estudios de Riesgos y Planes de Contingencias, correspondientes a las etapas de construcción o instalación, y operación, presentados por los titulares de las Actividades de Hidrocarburos que se encuentren dentro del alcance del Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 043-2007-EM. Los PAAS y RISI se rigen por las normas contenidas en el presente procedimiento, en cuanto a su presentación, evaluación y aprobación.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Según Salinas (1993) la investigación observacional "...aquella que se basa en la observación de los fenómenos, características, situaciones, variaciones, etc. del asunto que se quiere investigar. Solo se observa, sin manipular, cambiar o variar nada. Luego, las observaciones hechas se pueden registrar para posterior análisis". En el estudio se observa las fallas de los componentes y accesorios del sistema contra incendio, por esta consideración, el tipo es observacional.

Según Hernández (2014) la investigación transversal es aquella que, recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único (Liu, 2008 y Tucker, 2004). Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como "tomar una fotografía" de algo que sucede. El registro fotográfico del sistema contra incendio, ha sido recolectado en un solo momento, para el análisis del equipo multidisciplinario, a fin de obtener los datos para el estudio, por esta razón, la investigación es transversal.

Según Mejía, Reyes y Sánchez (2018), el tipo de investigación es descriptivo, porque lleva a describir el estado actual o presente, de las características más importantes del fenómeno que se va a estudiar. El estudio es descriptivo, porque se describen las fallas operativas del sistema contra incendio, mediante; tanque de agua contra incendio,

bomba de agua contra incendio, sistema de extinción con espuma contra incendio, válvula, rociador, indicador de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanque bladder y cámara de espuma.

3.1.2. Nivel de investigación

Hernández (2014) afirma que, en una investigación descriptiva:

La meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. (p. 30). En la investigación se detalla y describe las fallas de los componentes y accesorios del sistema contra incendio, entonces el nivel de investigación es descriptivo.

3.2. Diseño de la investigación

El término diseño se refiere, al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea, con el fin de responder al planteamiento del problema (Wentz, 2014; McLaren, 2014; Creswell, 2013a, Hernández-Sampieri et al., 2013 y Kalaian, 2008). La estrategia para la recolección de datos es un diseño no experimental, transversal, para recolectar los datos, se ha seguido el siguiente procedimiento:

- a. Se ha realizado un plan de recolección de datos.
- b. Se observó el estado, de; tanques de agua contra incendio, bombas de agua contra incendio, sistema de extinción con espuma contra incendio, válvulas, rociadores, indicadores de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanques bladder y cámaras de espuma.
- c. Se realizó el registro fotográfico de los componentes y accesorios, relacionados a los tanques de almacenamiento de derivados de petróleo e insumos, en mal estado, siendo; 25 válvulas, 152 rociadores, 1 indicador de nivel de agua, 22 líneas de tubería de agua contra incendio, 2 tanques bladder y 12 cámaras de espuma.
- d. Mediante 11 sesiones con el equipo multidisciplinario se analizó las fallas de los componentes y accesorios
- e. Aplicando el instrumento registro, se ha levantado los datos, para el sistema contra incendio; con la finalidad de responder a los problemas y objetivos.

3.3. Definición de variables

3.3.1. Definición conceptual

Variable de interés

- a. **Sistema contra incendio** Conjunto de equipos, componentes y accesorios conectados entre sí, que se accionan mecánicamente o automáticamente, al producirse un incendio, con el fin de extinguirlo.

VARIABLES DESCRIPTIVAS

- a. **Tanque de agua contra incendio** Contenedor cilíndrico donde se almacena el agua para el uso de la extinción de incendios.
- b. **Bomba contra incendio:** Equipo que se encarga de hacer fluir el agua, a través de la red contra incendio, a una presión determinada.
- c. **Sistema de extinción con espuma contra incendio** Conjunto de equipos conectados entre sí, que extingue un incendio a base de espuma contra incendio, inyectada sobre la superficie incendiada.
- d. **Válvula** Dispositivo mecánico que regula el paso de un fluido, mediante la apertura o cierre de éstas.
- e. **Rociador** Dispositivo mecánico que permite la descarga del agua en forma de gotas, sobre una superficie requerida a fin de enfriarla.
- f. **Indicador de nivel de agua** Dispositivo ubicado a lo largo de una regleta, donde señala el nivel de agua contenido dentro de un tanque.
- g. **Red de tubería de agua contra incendio** Conjunto de tuberías conectadas entre sí, donde fluye el agua para la extinción de incendios.
- h. **Tanque bladder** Tanque que contiene concentrado de espuma, conectado a la red contra incendio, para la extinción de incendios a base de espuma.
- i. **Cámara de espuma** Dispositivo donde se forma e inyecta la espuma, sobre la superficie incendiada.

3.3.2. Definición operacional

Variable de interés

- a. **Sistema contra incendio**

VARIABLES DESCRIPTIVAS

- a. **Tanque de agua contra incendio** Se mide el caudal de ingreso, de la bomba de suministro de agua hacia el tanque en gal/min, presión del tanque en psi,

temperatura se estima según la estación del año, nivel de agua en barriles, estado del componente y fallos del servicio.

- b. **Bomba contra incendio** Se mide el caudal por su capacidad de bombeo en gal/min por minuto, presión de trabajo de las bombas se mide en psig, estado del componente y fallos del servicio.
- c. **Sistema de extinción con espuma contra incendio** Se mide el caudal de ingreso hacia el tanque bladder o cámaras de espuma en gal/min, presión de trabajo de las bombas contra incendio hacia el tanque bladder en psig, temperatura se estima según la estación del año, estado del componente y fallos del servicio.
- d. **Válvula** Se evalúa de acuerdo a las averías y estado del accesorio.
- e. **Rociador** Se evalúa de acuerdo a las averías y estado del accesorio.
- f. **Indicador de nivel de agua** Se evalúa de acuerdo al fallo del servicio.
- g. **Red de tubería de agua contra incendio** Se evalúa de acuerdo a las fugas y fallos del servicio.
- h. **Tanque bladder** Se evalúa de acuerdo a las averías y estado del accesorio.
- i. **Cámara de espuma** Se evalúa de acuerdo al estado del accesorio.

3.4. Operacionalización de las variables

VARIABLE DE INTERÉS	VARIABLES DESCRIPTIVAS	INDICADOR	PREGUNTA
Sistema Contra Incendio	Tanque de agua contra incendio	Caudal	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua hacia los tanques; 48, 64 y 75?
		Temperatura	¿Cuánto es la temperatura promedio del agua en verano, otoño, invierno y primavera?
		Presión	¿Cuánto es la presión en el tanque de agua?
		Nivel	¿Cuánto es el nivel promedio de agua del tanque?
		Fallo de servicios	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques; 48, 64 y 75 de agua?
	Estado del componente	¿Cuál es el estado del agua y de los tanques de agua; 48, 64 y 75?	
	Bomba de agua contra incendio	Caudal	¿Cuánto es el caudal de trabajo de las bombas P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?

	Presión	¿Cuánto es la presión de trabajo de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?
	Fallo de servicios	¿Cuáles son los fallos de servicio de las bombas de agua contra incendio?
	Estado del componente	¿Cuál es el estado de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?
Sistema de extinción con espuma contra incendio	Caudal	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua de hacia los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?
	Temperatura	¿Cuánto es la temperatura promedio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04 en las estaciones del año?
	Presión	¿Cuánto es la presión de trabajo de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?
	Fallo de servicios	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?
	Estado del componente	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?
Válvula	Avería	¿Cuáles son las averías de las 31 válvulas?
	Estado del accesorio	¿Cuál es el estado de las 31 válvulas?
Rociador	Avería	¿Cuáles son las averías de los 1497 rociadores?
	Estado del accesorio	¿Cuál es el estado de los 1497 rociadores?
Indicador de nivel de agua	Fallo de servicios	¿Cuáles son los fallos de servicio de los 3 indicadores de nivel de agua?
Red de tubería de agua contra incendio	Fuga	¿Dónde se presentan las fugas de agua?
	Fallo de servicios	¿Cuáles son los fallos de servicio de la red de agua contra incendio?
Tanque bladder	Avería	¿Cuáles son las averías de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?

	Estado del accesorio	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?
Cámara de espuma	Estado del accesorio	¿Cuál es el estado de las 92 cámaras de espuma?

3.5. Técnicas e instrumentos de investigación

3.5.1. Técnica

Se usó la técnica de análisis documental, para recolectar datos e información del sistema contra incendio, y sus variables descriptivas; tanque de agua contra incendio, bomba de agua contra incendio, sistema de extinción con espuma contra incendio, válvula, rociador, indicador de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanque bladder y cámara de espuma.

3.5.2. Instrumentos

El instrumento registro, construido mediante la operacionalización de las variables descriptivas, permitió recolectar los datos, aplicando el diseño de investigación, que considera lo siguiente:

- a. Se utilizó el informe técnico N°GREF-003-2018, como fuente de información para recolectar los datos mediante el instrumento, Registro de identificación de condiciones inseguras en refinería Conchán.
- b. Se utilizó el informe de actualización, como fuente para recolección de datos que fueron registrados en el instrumento, Registro de actualización de condiciones inseguras en refinería Conchán.

Es importante aclarar que los datos se recolectaron mediante dos fuentes de información con el mismo instrumento, presentándose este instrumento en el anexo 3 y 4.

3.5.2.1. Validez del instrumento

La validez de contenido por criterio de los jueces, consiste en solicitar la aprobación o desaprobación o inclusión de una pregunta, en la prueba a los jueces, cuyo número puede variar según los requerimientos del autor del instrumento. (Aiken, 1980).

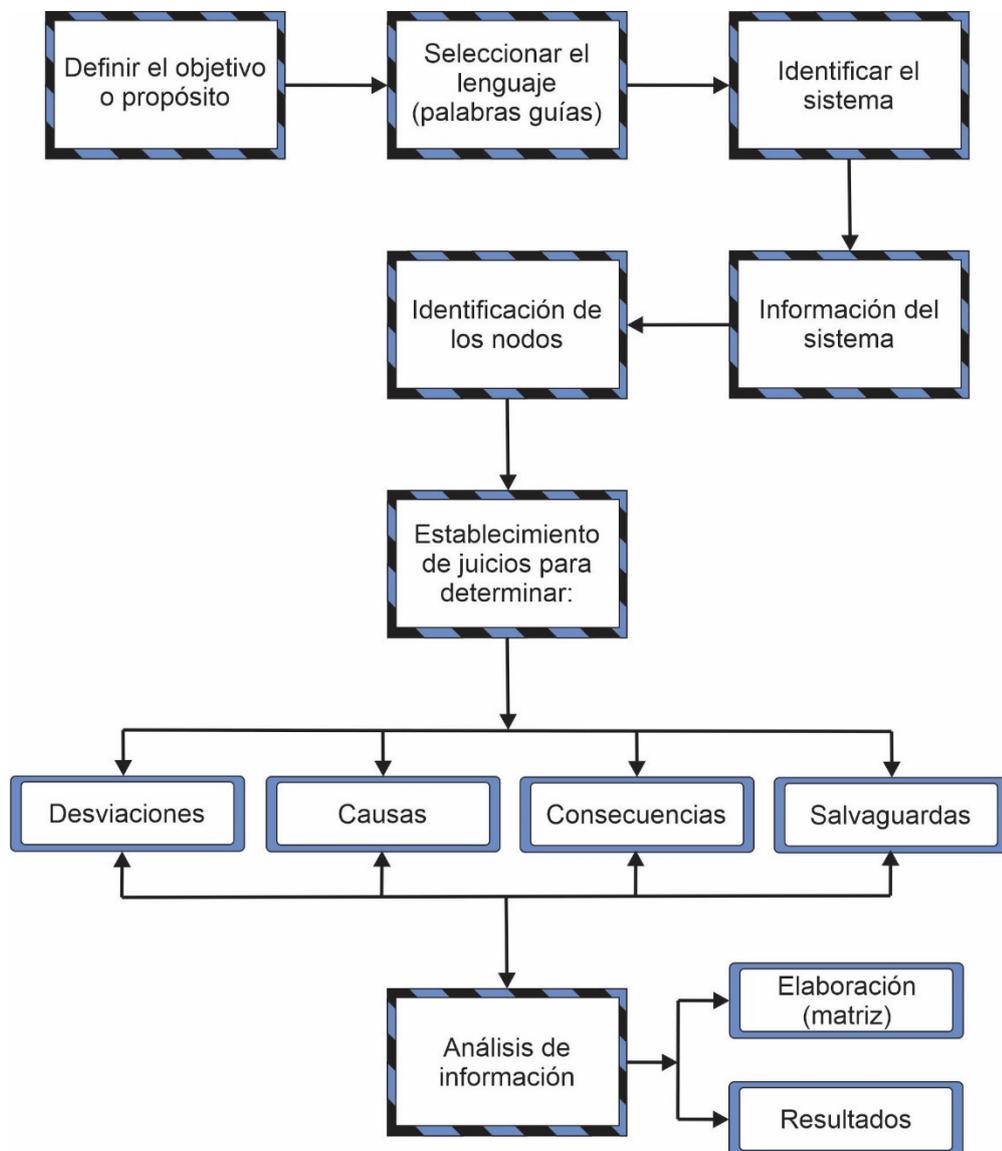
En el anexo 6, se muestra el certificado para la validez de contenido; en el anexo 7 se presentan los datos reportados por los jueces y el cálculo de la V de Aiken. La validez de contenido del instrumento es 0.87.

3.6. Técnicas de procesamiento de datos

En esta sección de la investigación, se procede a describir las actividades para aplicar la metodología HAZOP, en el sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán. La figura 16, muestra los procedimientos realizados.

Figura 16

Actividades para aplicar la metodología HAZOP



Las actividades son:

- a. Definir el objetivo o propósito, la actividad permite realizar la detección de fallas

- operativas del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán.
- b. Selección de palabras guía, son utilizadas para cualificar o cuantificar las desviaciones, se usó las siguientes palabras guía, según tabla 1.
 - c. Identificar el sistema, es el sistema contra incendio de refinería Conchán.
 - d. Información del sistema, está conformado por los siguientes componentes; 3 tanques de agua contra incendio, 5 bombas de agua contra incendio y un sistema de extinción con espuma contra incendio. Además de los siguientes accesorios; 121 válvulas, 1497 rociadores, 3 indicadores de nivel de agua, una red de tuberías de agua contra incendio, 4 tanques bladder y 92 cámaras de espuma. Así mismo cuenta con dos camiones contra incendio con concentrado de espuma como unidades móviles de apoyo.
 - e. Identificación de los nodos, aquellos que implica desglosar el sistema, en secciones pequeñas o manejables, los cuales fueron los componentes del sistema contra incendio; nodo de tanques de agua contra incendios, nodo de bombas de agua contra incendios y nodo de sistema de extinción con espuma contra incendios.
 - f. Establecimiento de juicios para determinar; desviaciones o alteraciones en el sistema, causas, consecuencias y salvaguardas o controles destinados a prevenir la ocurrencia de las causas.
 - g. Análisis de la información, se procede a ingresar datos a la matriz, según la tabla 19, obteniéndose el resultado de la detección de fallas operativas, del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán.

Se utilizará la tabla 19 mostrado en el anexo 8, matriz para la metodología HAZOP, donde se encuentran las actividades correspondientes.

Tabla 1

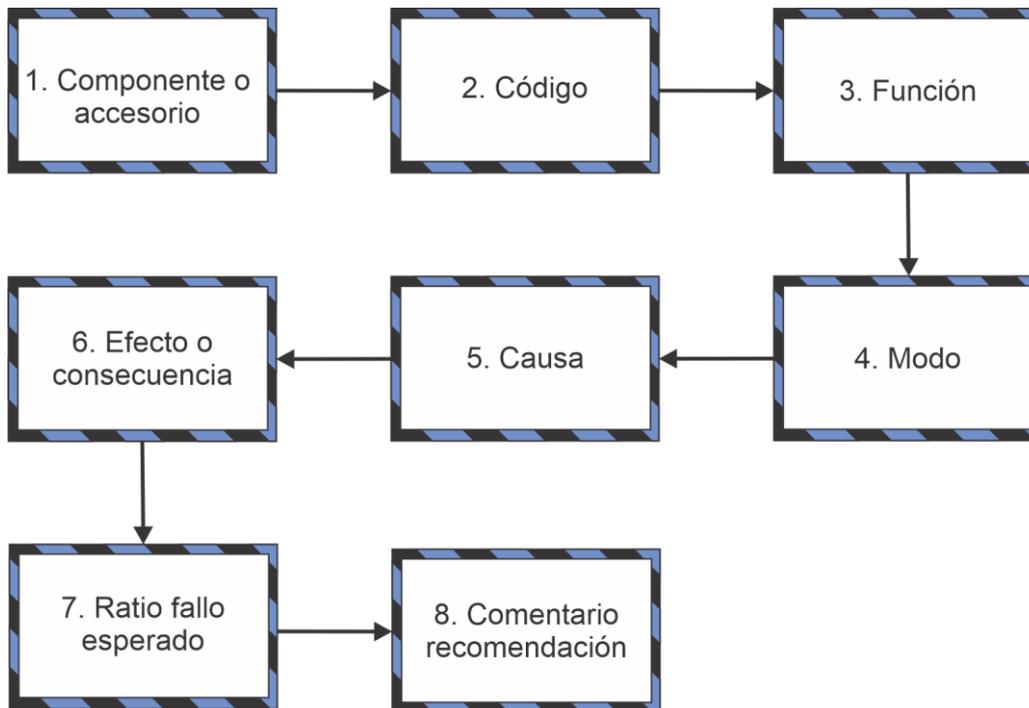
Palabras guía y significado

Palabras guía	Significado
<i>No</i>	Carencia
<i>Sí</i>	Existencia
<i>Menos</i>	Disminución de cantidad
<i>Más</i>	Aumento de cantidad
<i>Inverso</i>	Se obtiene el efecto contrario al que se pretende
<i>Diferente de</i>	Actividades distintas respecto a la operación normal

En la siguiente sección del estudio, se procede a describir las actividades que se llevaron a cabo para aplicar la metodología FMEA, del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán. La figura 17, muestra las actividades realizadas.

Figura 17

Actividades para aplicar la metodología FMEA



Las actividades son:

- a. Definir el componente o accesorio, conformado por los siguientes accesorios del sistema contra incendio; válvulas, rociadores, indicador de nivel de agua, tuberías de red contra incendio, tanques bladder y cámaras de espuma.
- b. Definir el código, estable los caracteres que identifican cada accesorio.
- c. Precisar la función, se describe la funcionalidad que realiza el accesorio.
- d. Precisar el modo, se establece la forma en que el accesorio falla.
- e. Determinar la causa, se describe la razón por la cual se presenta el modo.
- f. Determinar el efecto o consecuencia, los efectos de la falla describen como se ve perturbado el sistema ante la falla del accesorio.
- g. Determinar la ratio de fallo esperado, se establece la posible frecuencia de tiempo, que presenta la falla respecto al accesorio.
- h. Proporcionar los comentarios o recomendaciones, se establecen las acciones para prevenir la ocurrencia de fallas, en los accesorios.

Se utilizará la tabla 3 mostrado en el anexo 8, matriz para la metodología FMEA, donde se encuentran las actividades correspondientes.

Se utilizó el acta de culminación de once sesiones de estudio de riesgos HAZOP y FMEA, mostrado en el anexo 5, desarrollado con personal que interviene directa e indirectamente en el sistema contra incendio, denominado equipo multidisciplinario, conformado por las áreas de; ingeniería, inspección, mantenimiento y seguridad, se muestra en la tabla 6.

3.7. Técnicas de análisis e interpretación de la información

El análisis de datos es el proceso de; explorar y transformar (HAZOP, FMEA), examinar los datos (OSINERGMIN), para identificar tendencias que revelan aspectos importantes, para mejorar la toma de decisiones de la prevención de fallas operativas del sistema contra incendio.

Luego de aplicar las metodologías HAZOP y FMEA, se utilizan las matrices de valoración de riesgo, del Organismo supervisor de la inversión en energía y minería (OSINERGMIN), para cuantificar los peligros y estimar los niveles de riesgo, de las fallas operativas, del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán, para ello se realizó las actividades siguientes:

- a. Se listan los riesgos detectados, de las fallas operativas en los componentes y accesorios, que surgen de las metodologías HAZOP y FMEA.
- b. Se determina el nivel de riesgo teniendo en cuenta la probabilidad y severidad, de fallas operativas de los componentes y accesorios del sistema contra incendio, según las matrices de OSINERGMIN, mostrados en la tabla 2 y en la tabla 3.
- c. Se calcula el nivel de riesgo de las fallas operativas de los componentes y accesorios cuantitativamente, mostrado en la tabla 4.
- d. Se califican los riesgos según el nivel de riesgo, mostrado en la tabla 5.
- e. Se realiza la cuantificación de peligros y estimación de riesgos, mostrado en la tabla 22 del anexo 8.
- f. Se realiza la clasificación de nivel de riesgo actual y posterior a la ejecución de recomendaciones o acciones requeridas, mostrado en la tabla 23 del anexo 8.
- g. Se realiza resumen de riesgos detectados por HAZOP, expresado en porcentajes, antes y después de la ejecución de recomendaciones, mostrado en la tabla 24 del anexo 8.
- h. Se realiza resumen de riesgos detectados por FMEA, expresado en

porcentajes, antes y después de la ejecución de recomendaciones, mostrado en la tabla 25 del anexo 8.

- i. Se realiza resumen de riesgos detectados por HAZOP y FMEA, expresado en porcentajes, antes y después de la ejecución de recomendaciones, mostrado en la tabla 26 del anexo 8.

Tabla 2

Determinación de la probabilidad

	Ocurrencia	Cod	Nivel	Definición
Nivel de probabilidad	Improbable: (1 en 1,000 años a < de 1 en 100,000 años)	1	A	Es un evento que no ha ocurrido nunca en la industria. Asimismo, no se cuentan con registros de ocurrencia. El mismo, pudiera ocurrir, únicamente en caso de situaciones especiales.
	Poco probable: (1 en 100 años a 1 en 1,000 años)	2	B	Se trata de un evento que ya ocurrió en alguna ocasión en la industria y pudiera presentarse alguna vez.
	Probable (1 en 10 años a 1 en 100 años)	3	C	Ha ocurrido varias veces en la historia de industria, es decir, por lo menos una vez en la historia del sistema.
	Frecuente (1 al año a 1 en 10 años)	4	D	Suele presentarse una vez al año en la industria, por tanto, el evento probablemente ocurrirá.
	Muy frecuente (más de 1 al año)	5	E	Es un evento que puede ocurrir varias veces en la industria. Es probable que ocurra en el corto plazo.

Fuente: OSINERGMIN (2014).

Tabla 3*Determinación de la severidad*

			Descripción
			Infraestructura y medios
Nivel de severidad de las consecuencias	5	Muy alto	Avería total a la unidad. Daño mayor a US\$/10 millones. Multa importante o proceso judicial
	4	Alto	Daños por el orden de US\$/1 a 10 millones. Multa significativa o medida cautelar
	3	Medio	Daños en la propiedad valorados entre US\$/ 100 mil y US\$/ 1 millón
	2	Bajo	Daños en la propiedad valorados entre US\$/ 10 mil y US\$/ 100 mil
	1	Muy bajo	Daños valorados en menos de US\$/10 mil

Fuente: OSINERGMIN (2014)

Tabla 4*Cálculo de nivel de riesgo*

Nivel de Probabilidad ↑	5	E	Muy Frecuente	5	10	15	20	25
	4	D	Frecuente	4	8	12	16	20
	3	C	Probable	3	6	9	12	15
	2	B	Poco probable	2	4	6	8	10
	1	A	Improbable	1	2	3	4	5
				1	2	3	4	5
				Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
				Nivel de severidad de las consecuencias →				

Fuente: OSINERGMIN (2014)

Tabla 5*Calificación de los riesgos*

Nivel de riesgo	Tolerancia al riesgo	Rango	Acciones
Extremo	Inaceptable	15-25	Se trata de una situación crítica que requiere tomar acciones de forma inmediata. Debe mitigarse el riesgo y de no poderse realizar prohibirse la operación. Definir planes de acción y como debe reducirse el riesgo.
Alto	Significativo	10-12	Se trata de una situación que acciones urgentes de forma inmediata. Definir planes de acción y como debe reducirse el riesgo.
Moderado	Tolerable	4-9	Mitigar el riesgo y tomar medidas correctivas con o sin inversión en un plazo no determinado
Bajo	No significativo	1-3	No es necesario tomar medidas correctivas. Recomendar medidas que no supongan inversiones o gastos

Fuente: OSINERGMIN (2014)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Se ha realizado sesiones de trabajo, con el equipo multidisciplinario compuesto por el personal de las áreas de ingeniería, inspección, mantenimiento y seguridad; se aplicó el anexo 8, para presentar los resultados en la tabla 6.

Tabla 6

Cronograma de reuniones efectuadas por el equipo multidisciplinario

N°	Fecha	Sesión	Tema	Horas	Asistentes
1	16-07-2021	Introducción	Descripción de metodologías	3	09
2	28-07-2021		Funcionamiento del sistema contra incendios	3	06
3	11-08-2021	HAZOP	Nodo 1	3	09
4	25-08-2021		Nodo 1	3	09
5	09-09-2021		Nodo 2	3	09
6	23-09-2021		Nodo 3	3	08

7	13-10-2021	FMEA	Válvulas y rociadores	3	09
8	27-10-2021		Indicador de nivel de agua y tuberías	3	09
9	10-11-2021		Tanque bladder y cámara de espuma	3	08
10	17-11-2021	OSINERGMIN	Cuantificación de peligros y estimación de riesgos	3	07
11	10-12-2021		Evaluación de nivel de riesgo posterior a las recomendaciones	3	06

Al finalizar la evaluación por el equipo multidisciplinario, se levantó el acta de culminación de sesiones de estudio de riesgos, mostrado en el anexo 5.

4.1. Resultados aplicando la metodología HAZOP

Para el procesamiento de datos y análisis de la información se aplica la tabla 19, complementariamente se usa las figuras 36 a 60, para determinar las fallas operativas de los componentes, los resultados se presentan en las tablas 7, 8 y 9.

Tabla 7

Nodo 1: *Tanques de agua contra incendio*

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
1	No o Menos	Caudal de agua al tanque	Falla eléctrica en la bomba de suministro. Válvula de ingreso cerrada. Válvula de cebado abierta. Deficiencia de agua en laguna.	El nivel de agua en el tanque es bajo e impide el suministro en caso de presentarse una eventualidad como un incendio.	Nivel visual (regleta). Inspección en campo.	R1: Elaborar un plan alternativo que permita el suministro de agua a los tanques de forma alterna. Es decir, que no siempre dependa directamente de la laguna. R2: Instalar un transmisor de nivel con alarma en DCS.	Figura 36 Figura 37 Figura 38 Figura 39 Figura 40

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
1	Más	Caudal de agua al tanque	No cuenta con transmisor de nivel. Falla eléctrica en las bombas de suministro.	Sobrellenado.	Corte de fluido eléctrico de la bomba de forma manual.	R3: Instalación de sensores de nivel de agua.	-
1	Más	Temperatura del agua	El sistema de suministro del agua proviene de una línea que está expuesta a variaciones de temperatura.	Las bombas contraincendios estarían propensas a cavitación. Aumento de la temperatura del agua a la salida de la bomba.	Guardamotor.	R4: Verificar que las bombas posean un sistema adecuado para soportar las variaciones de temperatura. Se sugiere aplicar la R1 , también en este caso.	-
1	Diferente de	Fuego en otro tanque	Fuego en tanques vecinos de hidrocarburos que pudieran afectar a los tanques de agua.	Daños al tanque y a las bombas.	-	R5: Instalar sistema de rociadores en tanques de agua de la cota alta. que permita evitar la reacción térmica.	Figura 41 Figura 42

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
1	Menos	Presión	Obstrucción o taponamiento del venteo en los tanques de la cota superior.	Posible vacío en el tanque. Riesgo de daños por colapso.	Inspección visual, supervisión y mantenimiento de venteos.	<p>R6: Asegurar que el venteo del tanque sea el adecuado para el máximo bombeo.</p> <p>R7: Considerar dos sistemas de venteo y realizar mantenimiento constante al actual para evitar posibles fallas.</p>	Figura 43
1	Más	Presión	Nivel de caudal elevado en el proceso de llenado, venteos taponeados.	Riesgo de daños producto de la presión excesiva, sobrepasando los límites de capacidad.	Inspección visual, supervisión y mantenimiento.	<p>R8: Verificar que el sistema de venteo sea el más idóneo considerando la capacidad del tanque al llegar al máximo caudal. De igual forma, se recomienda considerar R6 en este caso.</p>	Figura 43

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
1	Menos	Nivel	Sistema de Boya en el tanque malogrado.	Suministro erróneo de agua en los tanques.	Nivel visual. Inspección en campo.	<p>R9: Automatización de llenado de tanque.</p> <p>R10: Realizar manteniendo preventivo de acuerdo a las normas nacionales e internacionales.</p>	-
1	Menos	Nivel	Avería significativa en el fondo del tanque.	Pérdida considerable de agua, dando origen a un bajo nivel, afectando el suministro en caso de incendio.	-	<p>R11: Instalar alarmas de bajo nivel.</p> <p>Considerar R10.</p>	-

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
1	Más	Nivel	Fallo en la regleta, esté atascada, no baja la lectura cuando el nivel sube.	Daños al tanque por sobrellenado. Accidentes por apertura de válvulas con líneas presurizadas.	El agua saldría por el venteo. (No recomendable)	Considerar R9 y R10 .	Figura 44 Figura 45
1	Diferente de	Composición Partículas sólidas	Arena o partículas en el agua.	Obstrucción o taponamiento de bombas al succionar, posibles daños.	Filtros en las Bombas de succión.	R12: Realizar el mantenimiento y limpieza de filtros. R13: Verificar que cada bomba posea un filtro adecuado. R14: Constatar que la toma de agua por succión se encuentre según los estándares y normas internacionales y nacionales.	-

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
1	Diferente de	Composición Materia Orgánica en al agua.	Contaminación del agua de laguna.	Formación de algas y taponamientos.	-	<p>R15: Verificar que el agua que llegue está libre de Materia Orgánica.</p> <p>R16: Realizar muestreos de calidad de agua.</p>	-
1	Diferente de	Composición Fallo servicios	Fallo de electricidad en bombas de suministro. Fallo en el sistema de control.	Bombas de suministro inoperativas.	Grupo electrógeno.	R17: Instalar un equipo UPS para evitar la interrupción del servicio.	-

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
1	Diferente de	Composición Fallo servicios	Instrumentos válvulas deteriorados.	Falla en las válvulas de control de llenado del tanque.	Supervisión, inspección en campo. Mantenimiento.	<p>R18: Instalar un sistema de apertura rápida con válvulas de llenado para que al presentarse una falla se abran en forma instantánea.</p> <p>R19: Ejecutar un adecuado control y/o manipulación de válvulas.</p> <p>R20: Cumplir Mantenimiento periódico.</p>	Figura 46
1	Diferente de	Falla de los servicios	Agua aporte Disminución considerable de agua en la laguna	Desabastecimiento de agua contra incendio.	Contrato de cisternas para llenado de laguna.	R21: Desarrollar proyecto de ingeniería para utilizar agua de mar en el ataque contra incendios.	-

Tabla 8

Nodo 2: Bombas de agua contra incendio

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
2	Menos	Caudal	Fallo bomba jockey. Fallo de bomba, en caso de incendio. Filtros de succión de bombas sucios.	Baja presión en la red del sistema o arranque de la bomba y presurización de la red a la máxima presión. Baja la efectividad para extinguir el fuego. Reducción de caudal de suministro, también pueden producirse daños debido a la cavitación.	Status de la bomba principal en el sistema de control distribuido. Existe más de una bombas diésel por nivel (cota alta y baja).	R22: Asegurar que se disponga de status de la bomba en el DCS. R23: Mantenimiento regular a los filtros de succión de las bombas contra incendios.	Figura 47 Figura 48 Figura 49 Figura 50 Figura 51 Figura 52

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
2	Más	Caudal	Varias bombas funcionan en forma simultánea, en caso de un evento de incendio.	Daños a la red contraincendios.	Red contraincendios diseñada para este evento. Instalar válvula de seguridad por alta presión y caudal.	R24: Instalar válvulas de reducción de caudal y presión.	Figura 50 Figura 51 Figura 52 Figura 53 Figura 54
2	Diferente de	Caudal Inverso. Mal dirigido	Fugas importantes por la retención de la bomba de diésel. Fuga menor por válvula de retención. Fugas por la red contraincendios.	Baja presión en la red y arranque de las bombas. Bomba jockey estará en marcha constantemente. Pérdida de agua.	Inspección visual de la red, supervisión.	R25: Instalar Válvulas check. R26: Mantenimiento en forma periódica de las válvulas de retención. R27: Procedimiento de detección de fugas de agua de la red. Considerar R 24 .	-

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
2	Más	Temperatura	Ver nodo 1.	-	-	-	-
2	Menos	Presión	Ver nodo 1. Bombas descalibradas. Falla en el presostato, no arranca por baja presión.	Variaciones de presión en caso de incendio. Bomba inoperativa	Bomba diésel tiene su propio presostato (atención al modo común de fallo debido a la suciedad del agua)	R28: Realizar supervisiones en forma periódica para verificar la calibración de cada bomba. R29: Realizar mantenimiento a los presostatos o cambiarlo de acuerdo al caso. R.30: Instalar un transductor eléctrico, en reemplazo de presostatos.	-
2	Más	Presión	Bombas en marcha con la válvula de impulsión cerrada. Ver nodo1.	Impedimento para enviar agua a la red de suministro, por sobrecarga de presión en la bomba.	Inspección visual, supervisión.	R 31: Verificar apertura de las válvulas.	-

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
2	Menos	Nivel	Ver nodo 1.	-	-	-	-
2	Más	Nivel	Ver nodo 1.	-	-	-	-
2	Diferente de	Composición Partículas sólidas	Arena en el agua.	Erosión en las bombas. Ver nodo anterior. Obstrucción o taponamiento de filtros. Ver menos caudal.	-	-	-
2	Diferente de	Composición Material Orgánico	MO en el agua.	Ver nodo anterior	-	-	-

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
2	Diferente de	Composición Fallo de servicios	Fallo de bomba diésel contra incendio. Fallo Instrumentos. Desabastecimiento de diésel.	Inoperatividad de bomba en caso de emergencia. Cierre de válvulas. Bomba diésel no operativo por falta de combustible.	Inspecciones visuales y mantenimiento. Tanque diésel para con capacidad para varias horas de funcionamiento.	R32: Evaluar instalación de bombas eléctricas. R33: Verificar que las válvulas estén operativas. R34: Instalar alarma, ante el nivel bajo de diésel.	-
2	Diferente de	Composición Fallo de servicios Mantenimiento	Equipos deteriorados con altos niveles de corrosión.	Equipos inoperativos, afectando las acciones de respuesta ante una eventual emergencia.	Inspección de equipo. Existe más de una bomba diésel por nivel.	R35: Realizar mantenimiento preventivo de forma periódica.	-
2	Diferente de	Composición Acceso al equipo para operarlo	Falta de plataforma de acceso.	En caso de incendio la manipulación manual es limitada.	-	R36: Instalar plataforma para acceso adecuado	-

Tabla 9

Nodo 3: Sistema de extinción con espuma contra incendio; tanque bladder y cámaras de espuma

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
3	Menos	Caudal hacia el tanque bladder	Válvulas de venteo, suministro y desagüe averiados.	Deficiente desalojo de concentrado de espuma.	Inspección en campo	Considerar R35 .	Figura 55 Figura 56 Figura 57 Figura 58
3	Más	Caudal hacia el tanque bladder	Varias bombas se encuentran trabajando simultáneamente.	Daños en la membrana del tanque bladder.	Ver salvaguardas de Bombas Contra Incendio	Considerar R24 .	-
3	Más	Temperatura en tanque bladder	Temperaturas altas que afecta la membrana y el concentrado de espuma.	Expansión del concentrado, pérdidas por soldaduras o bridas en la membrana del tanque bladder.	-	R37: Edificar cuartos o techos para tanques bladder.	-
3	Menos	Presión hacia tanque bladder	Ver causas de Bombas Contra Incendio	Deficiente compresión en membrana del tanque bladder.	Ver salvaguardas de Bombas Contra Incendio	Ver recomendaciones de Bombas Contra Incendio.	-

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
3	No	Presión hacia tanque Bladder	Ver causas de Bombas Contra Incendio	No compresión de membrana del tanque Bladder.	Ver salvaguardas de Bombas Contra Incendio	Ver recomendaciones de Bombas Contra Incendio.	-
3	Más	Presión hacia tanque Bladder	Ganancia de presión por desnivel.	Daños en la membrana del tanque Bladder.	-	Considerar R24 .	Figura 60
3	Diferente	Composición y Fallo de Servicio	Averías	No absorción de concentrado de espuma a la red.	Inspección en campo Plan de Contingencias.	Considerar R35 .	Figura 55
3	Menos	Caudal en cámaras de espuma	Fugas en el sistema desde tanque Bladder hasta cámaras de espuma. Cámaras de espuma corrosión (Cuerpo, bridas, pernos).	Formación deficiente de espuma en las cámaras. Obstrucción que impide que la espuma salga efectivamente.	Nivel visual. Inspección en campo. Inspecciones visuales.	Considerar R35 . R38 : Apoyo con Unidad móvil contra incendios. R39 : Realizar cambio de equipo.	Figura 59

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
3	Más	Caudal en cámaras de espuma	Aumento de caudal en la red por desnivel.	Material desperdiciado	-	Considerar R24 .	Figura 59
3	Más	Temperatura en cámaras de espuma	Temperaturas altas que afectan la solución de espuma y la cámara de espuma.	Daños en la composición de la solución y fallas en la cámara de espuma.	Enfriamiento de cámara de espuma desde un pitón externo al sistema.	R40: Realizar entrenamiento y prácticas para garantizar maniobra defensiva.	-
3	Más	Presión en cámaras de espuma	Aumento de presión en la red por desnivel.	Ver más caudal. Daños en los componentes de la cámara de espuma.	-	Considerar R24 .	Figura 59

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
3	Menos	Presión en cámaras de espuma	Tuberías en el sistema de transporte espuma taponadas, corroídas u obstruidas. Sistema de dosificación de la cámara esta averiado.	Formación deficiente de espuma en las cámaras. Inoperatividad en acciones de emergencia.	Inspecciones visuales y mantenimiento.	Considerar R35, R39 y R40 . Considerar R35 y R39 . R41 : Activación de Plan de Contingencias.	Figura 56 Figura 57 Figura 58 Figura 59
3	Diferente de	Composición Fallo de servicios de agua	Averías en el sistema de distribución del agua. Agua aporte. Ver causas de Menos caudal y nivel. Disminución considerable de agua en la laguna.	Inoperatividad en acciones de emergencia. Desabastecimiento de agua.	Inspecciones visuales y mantenimiento. Contrato de cisternas para llenado de laguna.	Considerar R35 . Considerar R21 .	-

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura
3	Diferente de	Composición Fallo en el funcionamiento en el sistema de extinción con espuma contra incendio.	Cámaras de espuma carece de rejilla protectora del formador de espuma, bridas, pernos con avanzado estado de corrosión. Fallas mecánicas.	Inoperatividad en acciones de respuesta ante una eventual emergencia. Inoperatividad del Sistema de extinción con Espuma.	Inspecciones visuales y mantenimiento. Autobomba Móvil Contra Incendio de extinción con espuma. Plan de Contingencias.	Considerar R35 y R38 . Considerar R38 . Ver nodo 1. Composición Fallo servicios.	-

4.2. Resultados con la metodología FMEA

Para el procesamiento de datos y análisis de la información se aplica la tabla 20, complementariamente las figuras 61 a 105, para determinar el modo y falla de los accesorios, los resultados se presentan en la tabla 10.

Tabla 10

Análisis del modo y efecto de fallas de los accesorios del sistema contra incendio

1	2	3	4	5	6	7	8	
Accesorio	Código	Función	Modo	Causa	Efecto o consecuencia	Ratio fallo esperado	Comentario recomendación	Figura
Válvula	Tk 24	Dirigir y	Atascada	Corrosión	Ataque contra	Posible en	Inspección visual.	Figura 61
	Tk 25	modificar la	Funciona	Sucio	incendios	2 años	Cambio de equipo.	Figura 62
	Tk 26	trayectoria	en forma	Daño por falta	vulnerable.		Apoyo con Unidad	Figura 63
	Tk 27	del agua en	irregular	de protección.	Propagación del		móvil contra incendios.	Figura 64
	Tk 28	la Red		Descalibración.	Incendio.		Activación de Plan de	Figura 65
	Tk 29	Contra		Falta de	Suministro de		Contingencias.	Figura 66
	Tk 41	Incendios y		mantenimiento.	agua variable.		Mantenimiento y	Figura 67
	Tk 67	abastecimien to de tanques de agua.			Corte en el suministro de agua.		calibración. Apoyo con Unidad móvil contra incendios. Activación de Plan de Contingencias.	Figura 68

1	2	3	4	5	6	7	8	
Accesorio	Código	Función	Modo	Causa	Efecto o consecuencia	Ratio fallo esperado	Comentario recomendación	Figura
Rociador	Tk 54 Tk 55 Tk 67	Enfriamiento de paredes de tanques de hidrocarburo, en caso de incendio, para evitar su propagación.	Obstruido. Deteriorado	Corrosión. Sucio. Daño por falta de mantenimiento.	Impedimento de salida de agua para enfriamiento. Ataque defensivo ineficiente. Propagación del Incendio.	Posible 1 vez al año	Inspección y mantenimiento. Cambio de equipo de ser necesario. Apoyo con Unidad móvil contra incendios. Activación de Plan de Contingencias.	Figura 69 Figura 70 Figura 71 Figura 72
Indicador de Nivel de agua	Tk 48 Tk 64	Controlar nivel de agua.	No se notifica el nivel del agua	Fallas en la regleta.	Variación de nivel de agua en el tanque, para su llenado. Falsa lectura y posible desprovisión.	Posible más de 1 vez al año	Inspección y mantenimiento. Automatización del llenado de tanques. Instalar un sistema de alarmas.	Figura 73 Figura 74 Figura 75

1	2	3	4	5	6	7	8	
Accesorio	Código	Función	Modo	Causa	Efecto o consecuencia	Ratio fallo esperado	Comentario recomendación	Figura
Tuberías de red Contra Incendio	Tk 2	Tubería para transportar el agua y concentrado de espuma	Fugas.	Bridas deterioradas. Corrosión. Déficit de agua. Instalación de plato ciego.	Variación de caudal y presión en el sistema. Modificación en el Sistema de la Red Contra Incendios	Posible en 2 años	Mantenimiento preventivo en la red de tuberías. Supervisiones periódicas. Válvulas check Realizar un estudio de cálculo hidráulico previo a la instalación de válvulas check.	Figura 76
	Tk 7		Corte de suministro.					Figura 77
	Tk 24		Figura 78					
	Tk 25		Figura 79					
	Tk 26		Figura 80					
	Tk 27		Figura 81					
	Tk 28		Figura 82					
	Tk 29		Figura 83					
	Tk 31		Figura 84					
	Tk 32		Figura 85					
	Tk 41		Figura 86					
	Tk 46		Figura 87					
	Tk 50		Figura 88					
	Tk 55							
Tk 60								

1	2	3	4	5	6	7	8	Figura
Accesorio	Código	Función	Modo	Causa	Efecto o consecuencia	Ratio fallo esperado	Comentario recomendación	
Tanque Bladder	PFE 01 PFE 02	Dosificación y proporcionador de espuma a la red contra incendio.	Obstruido Deteriorado	Sucio Corrosión	No absorción de concentrado de espuma a la red contra incendio. Déficit formación de espuma en las cámaras de espuma. Propagación del Incendio.	Posible 1 vez al año	Inspección y mantenimiento. Cambio de componentes de equipo. Apoyo con Unidad móvil contra incendios. Activación de Plan de Contingencias.	Figura 89 Figura 90 Figura 91 Figura 92

4.3. Análisis e interpretación de resultados

En la tabla 22, se ingresan los datos para generar las matrices de riesgo de OSINERGMIN, que permite cuantificar los peligros y estimar los riesgos de las fallas operativas, en el sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán, los resultados se presentan en la tabla 11.

Tabla 11

Cuantificación de peligros y estimación de riesgos

Peligro y riesgo detectado	Nivel de probabilidad	Nivel de severidad	Riesgo	Nivel de riesgo
Tanque de agua contra incendios				
a) Insuficiente caudal de agua para llenar el tanque	3	3	9	Moderado
b) Exceso en el caudal de agua para llenar el tanque	3	2	6	Moderado
c) Temperatura del agua elevada	2	1	2	Bajo
d) Presencia de fuego en otros tanques de agua	2	4	8	Moderado
e) Baja presión en tanque	2	1	2	Bajo
f) Alta presión en tanque	2	1	2	Bajo
g) Alta composición de partículas sólidas en el agua	2	1	2	Bajo
h) Alta composición de materias orgánicas en el agua	3	1	3	Bajo
i) Bajo nivel de agua del tanque	3	3	9	Moderado

f) Alto nivel de agua del tanque	3	2	6	Moderado
g) Fallo de suministro eléctrico	2	1	2	Bajo
h) Fallo por válvulas deterioradas	3	4	12	Alto
i) Fallo en el suministro de agua	3	4	12	Alto
j) Fallo en venteos del tanque	2	1	2	Bajo
Bombas de agua contra incendios				
a) Fallo de la bomba jockey	3	1	3	Bajo
b) Fallo de la bomba principal diésel	3	4	12	Alto
c) Fallas en los filtros de succión de las bombas	2	3	6	Moderado
d) Caudal inverso o mal dirigido	3	3	9	Moderado
e) Alta temperatura del agua bombeada	2	1	2	Bajo
f) Baja presión en las bombas	3	3	9	Moderado
g) Alta presión en las bombas	3	2	6	Moderado
h) Fallo de composición de servicios bomba contra incendio	4	4	16	Extremo
i) Fallo de acceso al equipo para operarlo	3	3	9	Moderado
Sistema de extinción con espuma				
a) Menor caudal hacia el tanque Bladder	2	3	6	Moderado

b) Mayor caudal hacia el tanque Bladder	3	3	9	Moderado
c) Temperatura elevada en el tanque Bladder	2	3	6	Moderado
d) Alta presión en tanque Bladder	3	3	9	Moderado
e) Baja presión en tanque Bladder	2	4	8	Moderado
f) Fallo en componentes de tanque Bladder	2	4	8	Moderado
g) Menor caudal de la cámara de espuma	3	4	12	Alto
h) Mayor caudal de la cámara de espuma	4	3	12	Alto
i) Temperatura elevada de la cámara de espuma	2	1	2	Bajo
j) Alta presión en cámara de espuma	4	3	12	Alto
k) Baja presión en cámara de espuma	4	4	16	Extremo
l) Fallo en el suministro de agua	4	4	16	Extremo
m) Fallo en componentes de cámara de espuma	3	4	12	Alto
Válvulas				
a) Atascada	4	4	16	Extremo
b) Funcionamiento irregular	4	3	12	Alto
Rociadores				
a) Obstruido / deteriorado	4	3	12	Alto

Indicador de nivel de agua				
a) No se notifica el nivel del agua	4	3	12	Alto
Tuberías de red contra incendio				
a) Fugas	4	2	8	Moderado
b) Corte de suministro	4	2	8	Moderado
Tanque bladder				
a) Obstruido / deteriorado	4	3	12	Alto
Cámaras de Espuma				
a) Deteriorada	4	4	16	Extremo

Luego de realizar la cuantificación de peligros y estimación de riesgos, sin considerar las recomendaciones o acciones requeridas para minimizar el nivel de riesgo. Se aplican las recomendaciones determinadas con el equipo multidisciplinario, para minimizar el nivel de riesgo, el resultado se muestra en la tabla 12.

Tabla 12

Riesgo actual y posterior a las recomendaciones

Componente o accesorio	Riesgo detectado	Riesgo	Nivel de riesgo actual	Recomendaciones	Nivel de riesgo posterior
Bomba de agua contra incendio	Fallo de composición de servicios bomba contra incendio.	16	Extremo	R32, R33, R34, R35.	Alto
Cámara de espuma	Baja presión en cámara de espuma	16	Extremo	R35, R39, R40, R41.	Alto
Cámara de espuma	Fallo en el suministro de agua hacia	16	Extremo	R21, R35.	Bajo

	cámara de espuma				
Válvulas	Válvulas atascadas	16	Extremo	R35, R38, R39, R41.	Bajo
Cámara de Espuma	Cámaras de espuma deterioradas.	16	Extremo	R35, R38, R39, R41.	Bajo
Tanque de agua contra incendio	Fallo por válvulas deterioradas en tanque de agua	12	Alto	R18, R19, R20.	Moderado
Tanque de agua contra incendio	Fallo en el suministro de agua en tanque	12	Alto	R21.	Bajo
Bomba de agua contra incendio	Fallo de la bomba principal diésel	12	Alto	R23.	Bajo
Cámara de espuma	Menor caudal de la cámara de espuma	12	Alto	R35, R38, R39.	Moderado
Cámara de espuma	Mayor caudal de la cámara de espuma	12	Alto	R24.	Bajo
Cámara de espuma	Alta presión en cámara de espuma	12	Alto	R24.	Bajo
Cámara de espuma	Fallo en componentes de cámara de espuma	12	Alto	R35, R38.	Moderado
Válvulas	Funcionamiento irregular de válvulas	12	Alto	R35, R38, R39, R41.	Moderado
Rociadores	Sistema de enfriamiento por rociadores	12	Alto	R35, R38, R39, R41.	Bajo

	deteriorados / deteriorados				
Indicador de nivel de agua	Falsa lectura en el indicador del nivel de agua	12	Alto	R9, R11, R35.	Bajo
Tanque bladder	Dosificador, proporcionador de espuma obstruido / deteriorado	12	Alto	R35, R38, R39, R41.	Moderado
Tanque de agua contra incendio	Insuficiente caudal de agua para llenar el tanque	9	Moderado	R1, R2.	Bajo
Tanque de agua contra incendio	Bajo nivel de agua del tanque	9	Moderado	R9, R10, R11.	Bajo
Bomba de agua contra incendio	Caudal inverso o mal dirigido en las bombas	9	Moderado	R24, R25, R26, R27.	Bajo
Bomba de agua contra incendio	Baja presión en las bombas	9	Moderado	R28, R29, 30.	Bajo
Bomba de agua contra incendio	Fallo de acceso a la bomba para operarla	9	Moderado	R36.	Bajo
Tanque bladder	Mayor caudal hacia el tanque bladder	9	Moderado	R24.	Bajo
Tanque bladder	Alta presión en tanque bladder	9	Moderado	R24	Bajo
Tanque de agua contra incendio	Presencia de fuego en otros tanques de agua	8	Moderado	R5	Bajo
Tanque bladder	Baja presión en tanque bladder	8	Moderado	R28, R29, R30.	Bajo

Tanque bladder	Fallo en componentes de tanque bladder	8	Moderado	R35.	Bajo
Tuberías	Fugas en tuberías de red contra incendio	8	Moderado	R35, R39.	Bajo
Tuberías	Corte de suministro en tuberías de red contra incendio	8	Moderado	R25	Bajo
Tanque de agua contra incendio	Exceso en el caudal de agua para llenar el tanque	6	Moderado	R3.	Bajo
Tanque de agua contra incendio	Alto nivel de agua del tanque	6	Moderado	R9, R10	Bajo
Bomba de agua contra incendio	Fallas en los filtros de succión de las bombas	6	Moderado	R23.	Bajo
Bomba de agua contra incendio	Alta presión en las bombas	6	Moderado	R31.	Bajo
Tanque bladder	Menor caudal hacia el tanque Bladder	6	Moderado	R35.	Bajo
Tanque bladder	Temperatura elevada en el tanque Bladder	6	Moderado	R37.	Bajo
Tanque de agua contra incendio	Alta composición de materias orgánicas en el agua	3	Bajo	R15, R16.	Bajo
Bomba de agua contra incendio	Fallo de la bomba jockey	3	Bajo	R22.	Bajo

Tanque de agua contra incendio	Temperatura del agua elevada	2	Bajo	R1, R4.	Bajo
Tanque de agua contra incendio	Baja presión en tanque	2	Bajo	R6, R7.	Bajo
Tanque de agua contra incendio	Alta presión en tanque	2	Bajo	R8.	Bajo
Tanque de agua contra incendio	Alta composición de partículas sólidas en el agua del tanque	2	Bajo	R12, R13, R14.	Bajo
Tanque de agua contra incendio	Fallo de suministro eléctrico	2	Bajo	R17.	Bajo
Tanque de agua contra incendio	Fallo en venteos del tanque	2	Bajo	R8	Bajo
Bomba de agua contra incendio	Alta temperatura del agua bombeada	2	Bajo	Asumir el riesgo	Bajo
Cámara de espuma	Temperatura elevada de la cámara de espuma	2	Bajo	R40.	Bajo

Los riesgos por tipo de nodo, son extremos y altos, se presentan mayoritariamente en el sistema de extinción con espuma; mientras que los riesgos moderados, se distribuyen casi equitativamente en los tres nodos evaluados, los resultados se muestran en la tabla 13.

Tabla 13

Resumen de riesgos detectados por nodo evaluado con HAZOP, antes de las acciones correctivas

		Nodo							
		Tanque de agua contraincendios		Bombas de agua contraincendios		Sistema de extinción con espuma		Total	
		n	% de fila	n	% de fila	n	% de fila	n	% del total
Nivel de riesgo	Extremo	0	0,0	1	33,3	2	66,7	3	8,3
	Alto	2	28,6	1	14,3	4	57,1	7	19,4
	Moderado	5	31,3	5	31,3	6	37,5	16	44,4
	Bajo	7	70,0	2	20,0	1	10,0	10	27,8
	Total	14	38,9	9	25,0	13	36,1	36	100,0

Los riesgos extremos y altos por tipo de accesorio se presentan en; válvulas, rociadores, indicador de nivel de agua, tanque bladder y cámaras de espuma, los resultados se presentan en la tabla 14.

Tabla 14

Resumen de riesgos detectados por accesorios evaluado con la metodología FMEA, antes de las acciones correctivas

		Accesorios													
		Válvula		Rociador		Indicador de nivel de agua		Tuberías		Tanque bladder		Cámaras de espuma		Total	
		n	% de fila	n	% de fila	n	% de fila	n	% de fila	n	% de fila	n	% de fila	n	% del total
Nivel de riesgo	Extremo	1	50,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	50,0	2	25,0
	Alto	1	25,0	1	25,0	1	25,0	0	0,0	1	25,0	0	0,0	4	50,0
	Moderado	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	100,0	0	0,0	0	0,0	2	25,0
	Bajo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Total	2	25,0	1	12,5	1	12,5	2	25,0	1	12,5	1	12,5	8	100,0

En la tabla 15, se puede evidenciar que antes de las acciones correctivas, el nivel de riesgo extremo, alto y moderado representa el 77.3% del total de riesgos, siendo esto considerable.

Tabla 15

Resumen de riesgos detectados, utilizando las metodologías, HAZOP y FMEA, antes de las acciones correctivas

Nivel de riesgo	Tolerancia	n	%
Extremo	Inaceptable	5	11,4
Alto	Significativo	11	25,0
Moderado	Tolerable	18	40,9
Bajo	No significativo	10	22,7
Total		44	100,0

Según la tabla 15, los niveles de riesgo de los componentes y accesorios antes de aplicar las acciones correctivas son, 5 de 44 riesgos, que implican riesgo extremo; por el déficit de mantenimiento de las bombas contra incendio, baja presión en cámaras de espuma, fallo en el suministro de agua hacia las cámaras de espuma, válvulas atascadas y cámaras de espuma deterioradas.

De acuerdo a la tabla 15, existen 11 de 44 riesgos, que implican riesgo alto por; válvulas deterioradas, fallo en el suministro de agua, fallo de la bomba principal diésel, menor caudal en la cámara de espuma, mayor caudal en la cámara de espuma, alta presión en cámara de espuma, fallo en cámaras de espuma, funcionamiento irregular de válvulas, sistema de enfriamiento por rociadores obstruidos o deteriorados, falsa lectura en el indicador del nivel de agua y dosificador proporcionador de espuma de tanque bladder obstruido o deteriorado.

Según la tabla 15, se ha identificado 18 de 44 riesgos que implican riesgo moderado y aunque son tolerables, exigen su mitigación y toma de medidas correctivas. Asimismo, se tiene 10 de 44 riesgos, que involucran riesgo bajo, los cuales pueden asumirse, porque no implican riesgos significativos.

Complementariamente, Trujillo (2015) quien aplicó la metodología HAZOP, resalta que es muy relevante la inspección física de los elementos de un sistema, por lo menos de lo más susceptibles a fallar, y de esa manera elevar el nivel de confiabilidad del mismo.

Tabla 16

Resumen de riesgos detectados por nodo evaluado con la metodología HAZOP, después de las acciones correctivas

		Nodo							
		Tanque de agua contraincendios		Bombas de agua contraincendios		Sistema de extinción con espuma		Total	
		n	% de fila	n	% de fila	n	% de fila	n	% del total
Nivel de riesgo	Extremo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Alto	0	0,0	1	50,0	1	50,0	2	5,6
	Moderado	1	33,3	0	0,0	2	66,7	3	8,3
	Bajo	13	41,9	8	25,8	10	32,3	31	86,1
	Total	14	38,9	9	25,0	13	36,1	36	100,0

Tabla 17

Resumen de riesgos detectados por accesorios evaluado con la metodología FMEA, después de las acciones correctivas

		Accesorios													
		Válvulas		Rociadores		Indicador de nivel de agua		Tuberías		Tanque bladder		Cámaras de espuma		Total	
		n	% de fila	n	% de fila	n	% de fila	n	% de fila	n	% de fila	n	% de fila	n	% del total
Nivel de riesgo	Extremo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Alto	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Moderado	1	50,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	50,0	0	0,0	2	25,0
	Bajo	1	16,7	1	16,7	1	16,7	2	33,3	0	0,0	1	16,7	6	75,0
	Total	2	25,0	1	12,5	1	12,5	2	25,0	1	12,5	1	12,5	8	100,0

Tabla 18

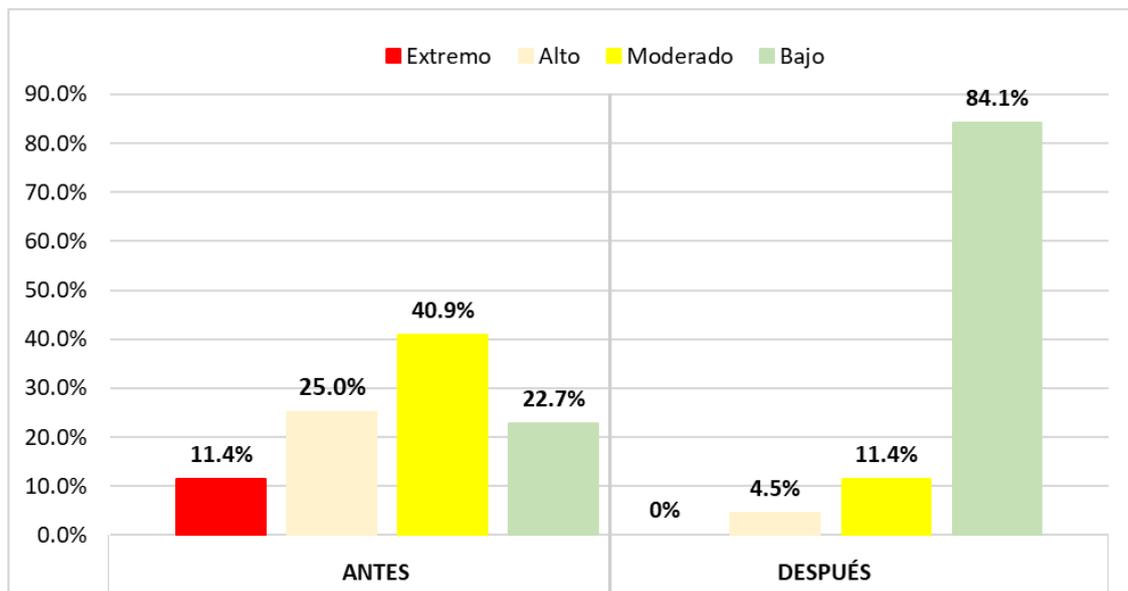
Resumen de riesgos detectados, utilizando las metodologías, HAZOP y FMEA, después de las acciones correctivas

Nivel de riesgo	Tolerancia	n	%
Extremo	Inaceptable	0	0,0
Alto	Significativo	2	4,5
Moderado	Tolerable	5	11,4
Bajo	No significativo	37	84,1
Total		44	100,0

En la tabla 18, se puede evidenciar que después de las acciones correctivas, el nivel de riesgo extremo, alto y moderado representa solamente el 15.9% del total de riesgos.

Figura 18

Porcentaje de riesgos detectados utilizando las metodologías, HAZOP y FMEA, antes y después de las acciones correctivas



En la figura 18, se observa que antes de las acciones correctivas, el nivel riesgo de los componentes y accesorios es moderado siendo de 40.9%, asimismo, el nivel de riesgo es extremo siendo de 11.4%. Luego de las acciones correctivas, el nivel de riesgo de los componentes y accesorios es bajo, siendo de 84.1%, por otra parte, el nivel de riesgo extremo es de 0.0%.

Según Canales (2015) reportó que después de aplicar la metodología HAZOP, con la participación del equipo multidisciplinario, determinaron las desviaciones en el proceso de perforación de pozos petroleros, que permitió tomar las medidas necesarias en cada caso, para disminuir los niveles de riesgo.

4.4. Diagramas resumen de riesgos extremos y altos

De acuerdo a las tablas 7, 8, 9, 10, 15 y 18, se desarrollan las figuras 20 a 35, que representan los diagramas de Bow-Tie, para describir los riesgos extremos y altos, partiendo de las causas a las consecuencias, según lo analizado por las metodologías, HAZOP y FMEA.

Figura 19

Componentes que representan el peligro, evento no deseado, origen de causas, controles y consecuencias, según el método Bow-Tie

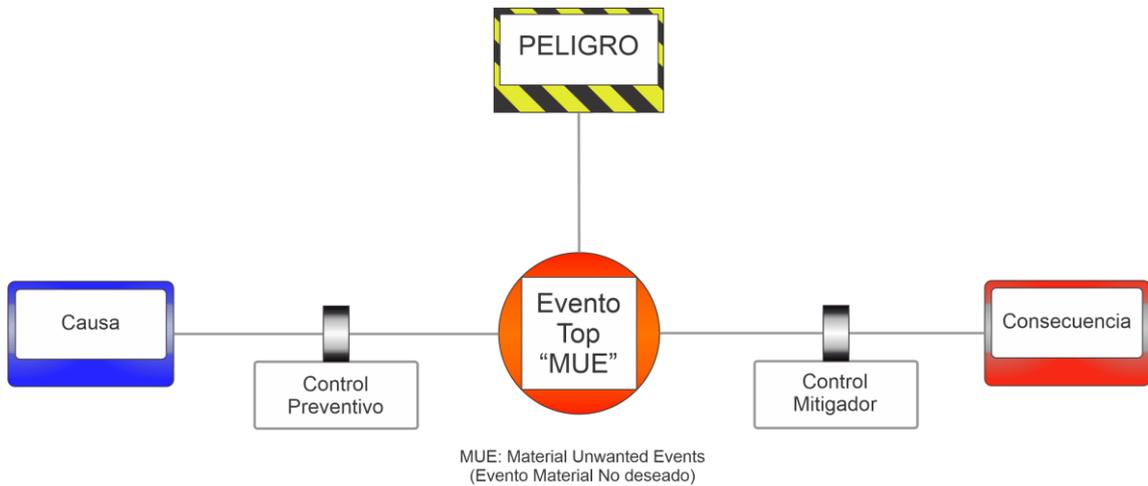
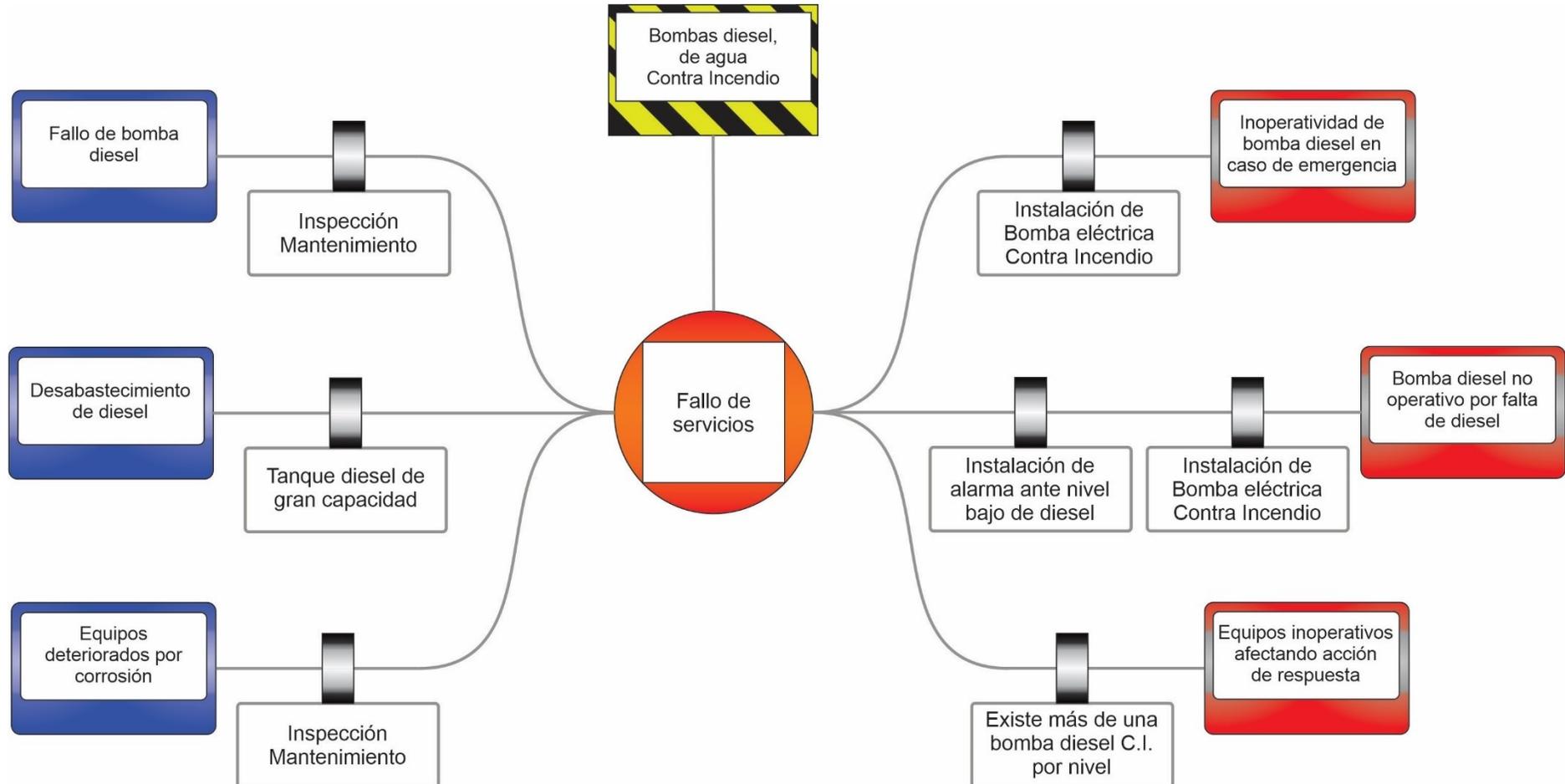


Figura 20

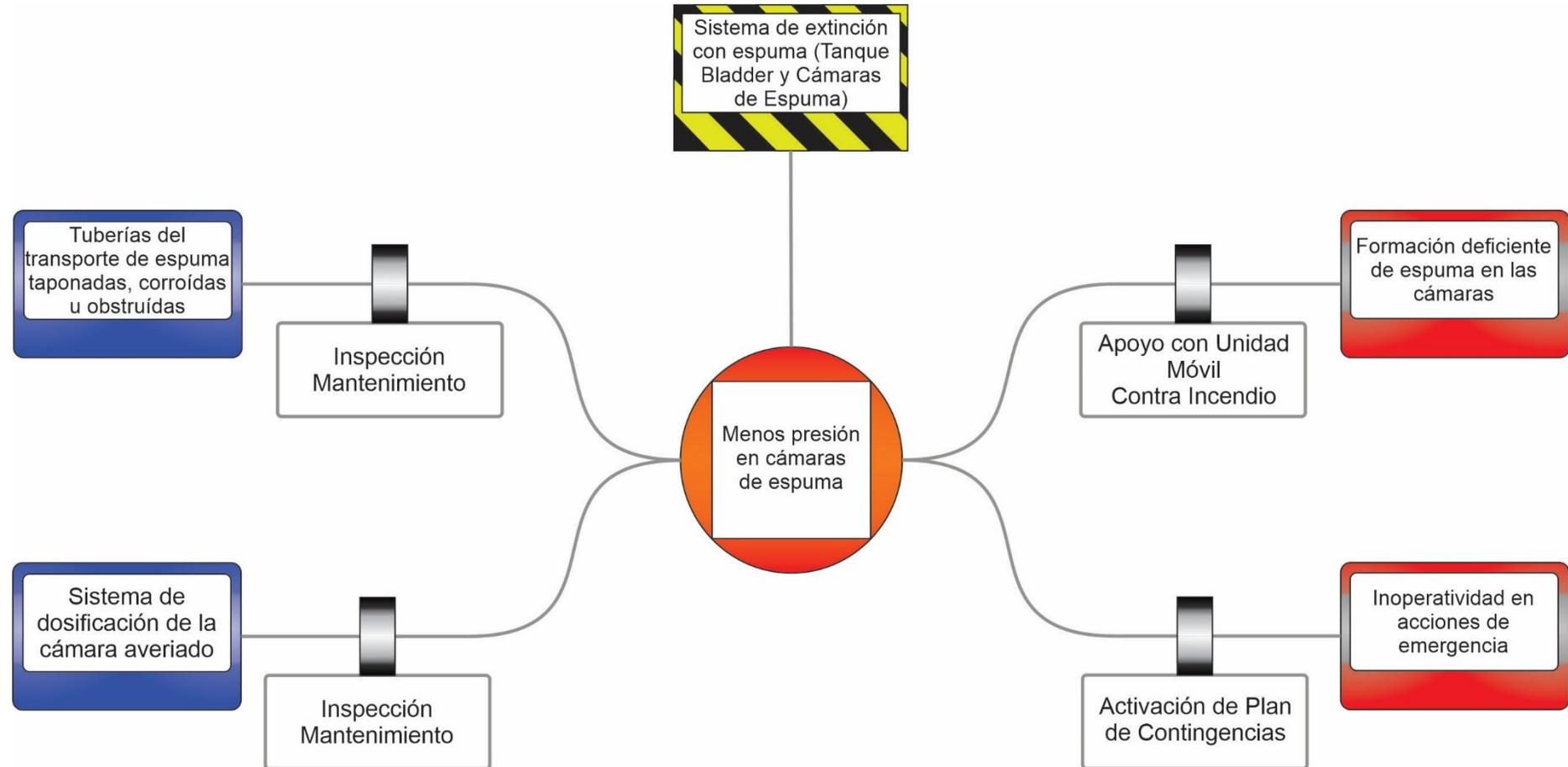
Diagrama Bow-Tie, nodo 2, bombas de agua contra incendio



Nota. Palabra guía – diferente de, desviación – composición y fallo de servicios.

Figura 21

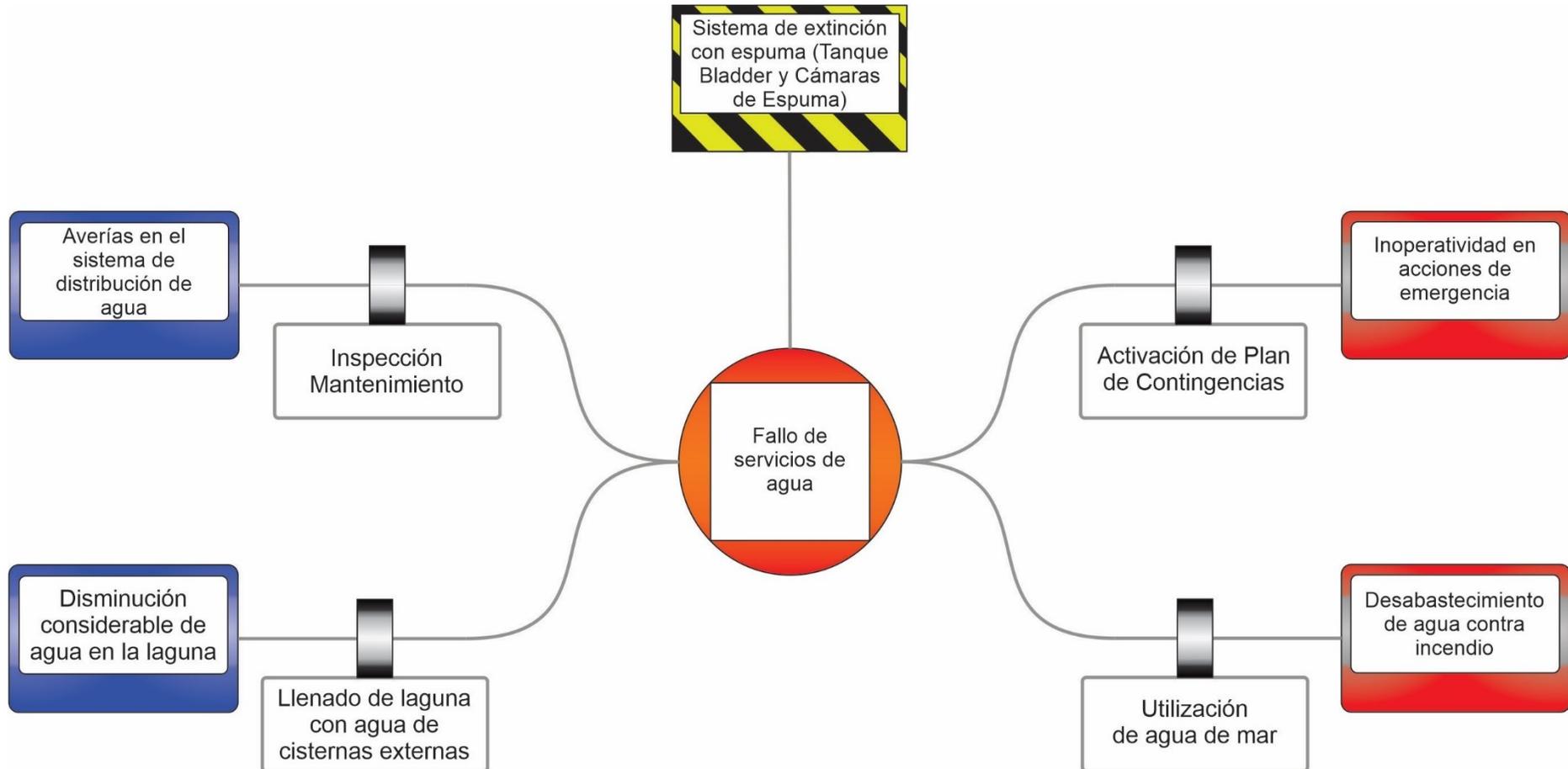
Diagrama Bow-Tie, nodo 3, sistema de extinción con espuma contra incendio



Nota. Palabra guía – menos, desviación – presión en cámaras de espuma.

Figura 22

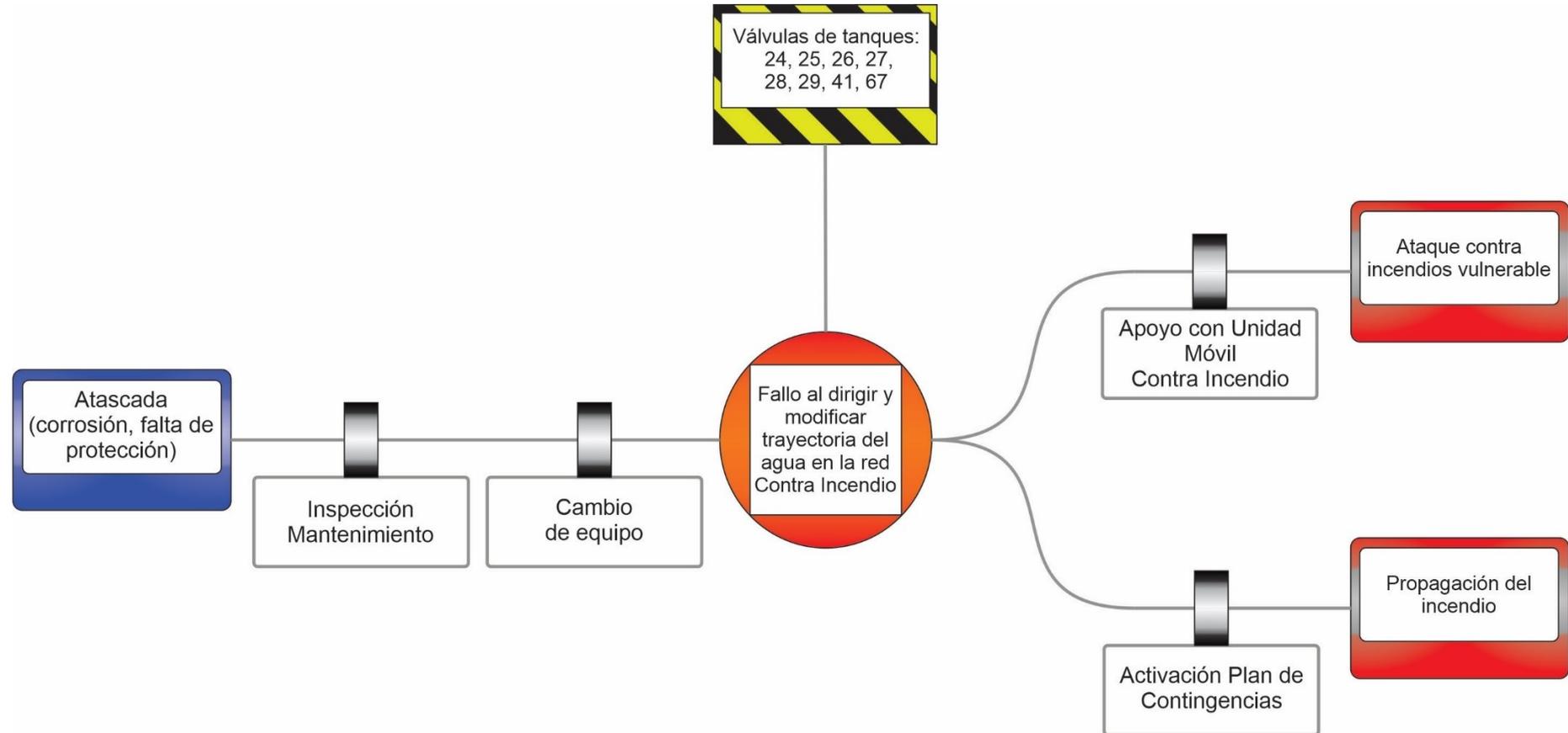
Diagrama Bow-Tie, nodo 3, sistema de extinción con espuma contra incendio



Nota. Palabra guía – diferente de, desviación – composición y fallo de servicios de agua.

Figura 23

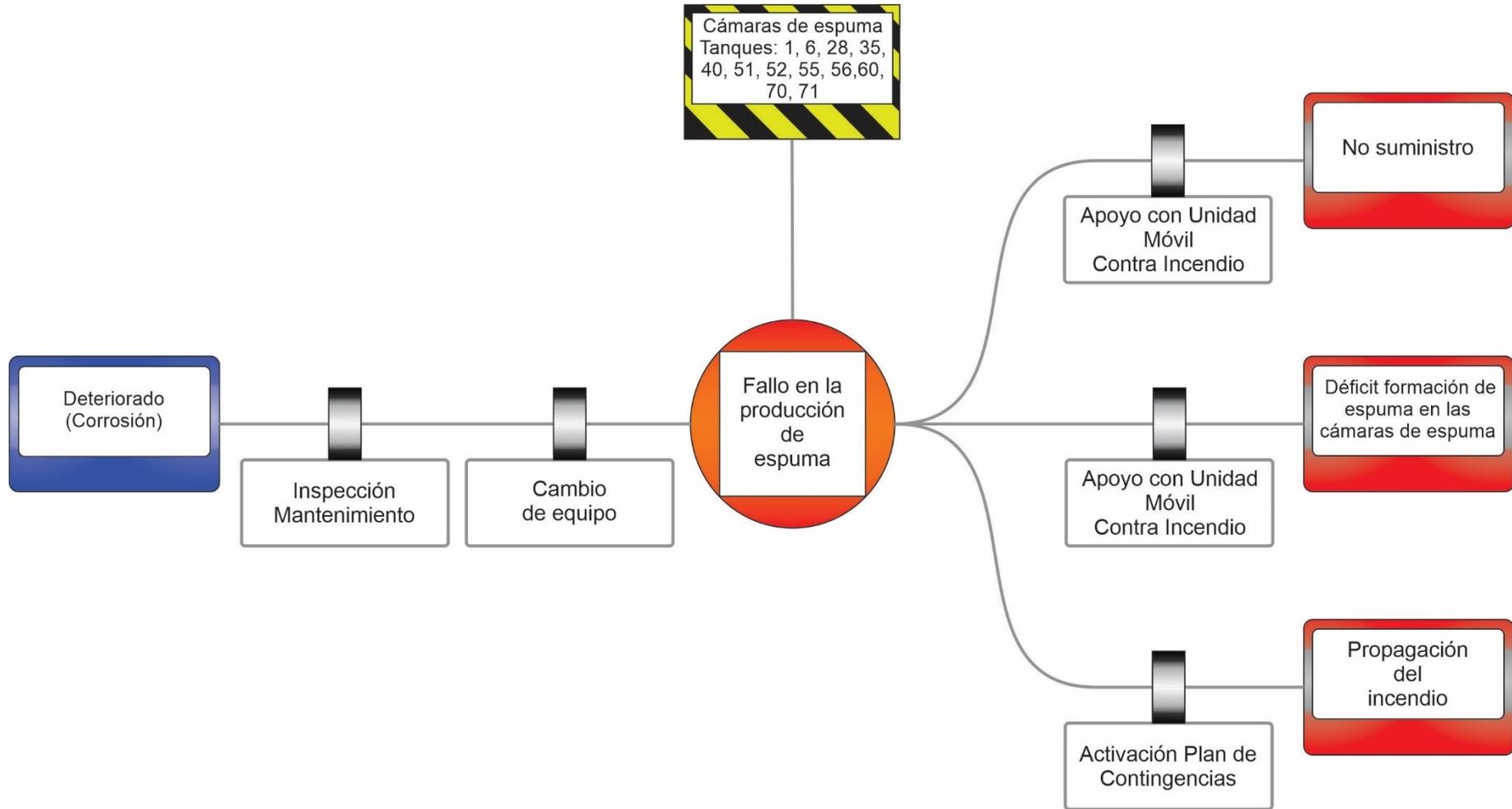
Diagrama Bow-Tie, accesorio, válvulas



Nota. Código – Tk 24, Tk 25, Tk 26, Tk 27, Tk 28, Tk 29, Tk 41, Tk 67.

Figura 24

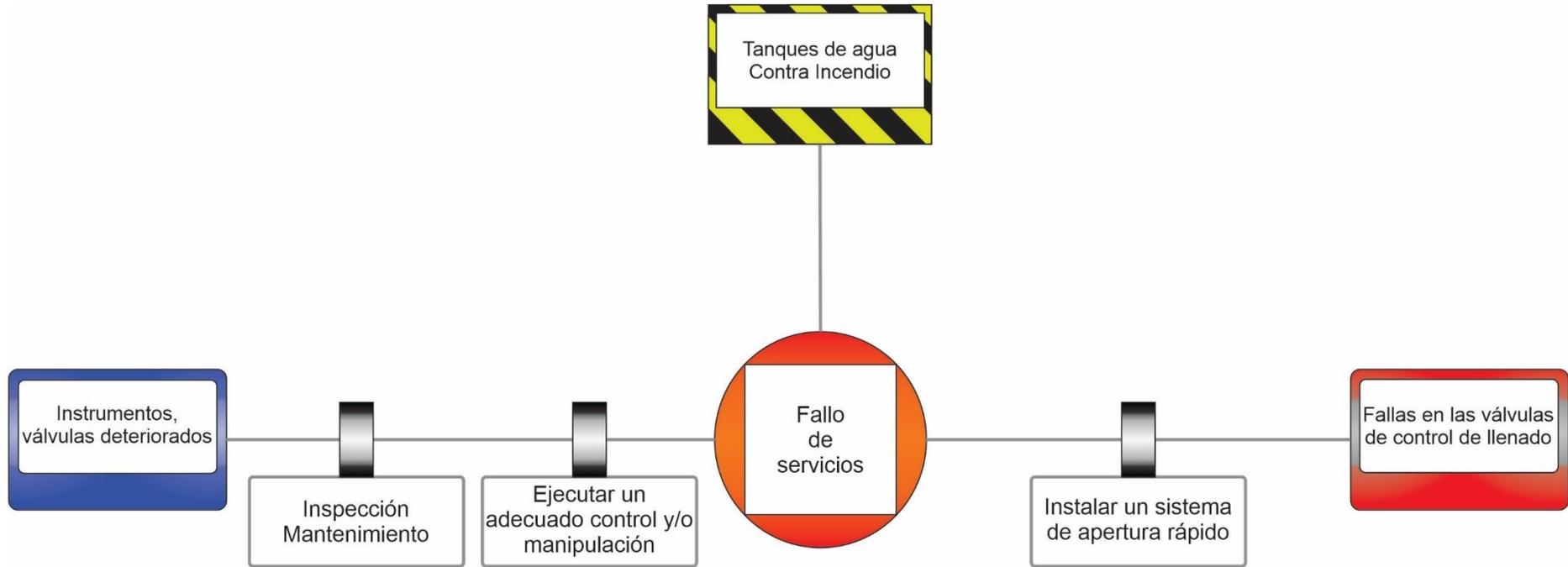
Diagrama Bow-Tie, accesorio, cámaras de espuma



Nota. Código – Tk 1, Tk 6, Tk 28, Tk 35, Tk 40, Tk 51, Tk 52, Tk 55, Tk 56, Tk 60, Tk 70, Tk 71.

Figura 25

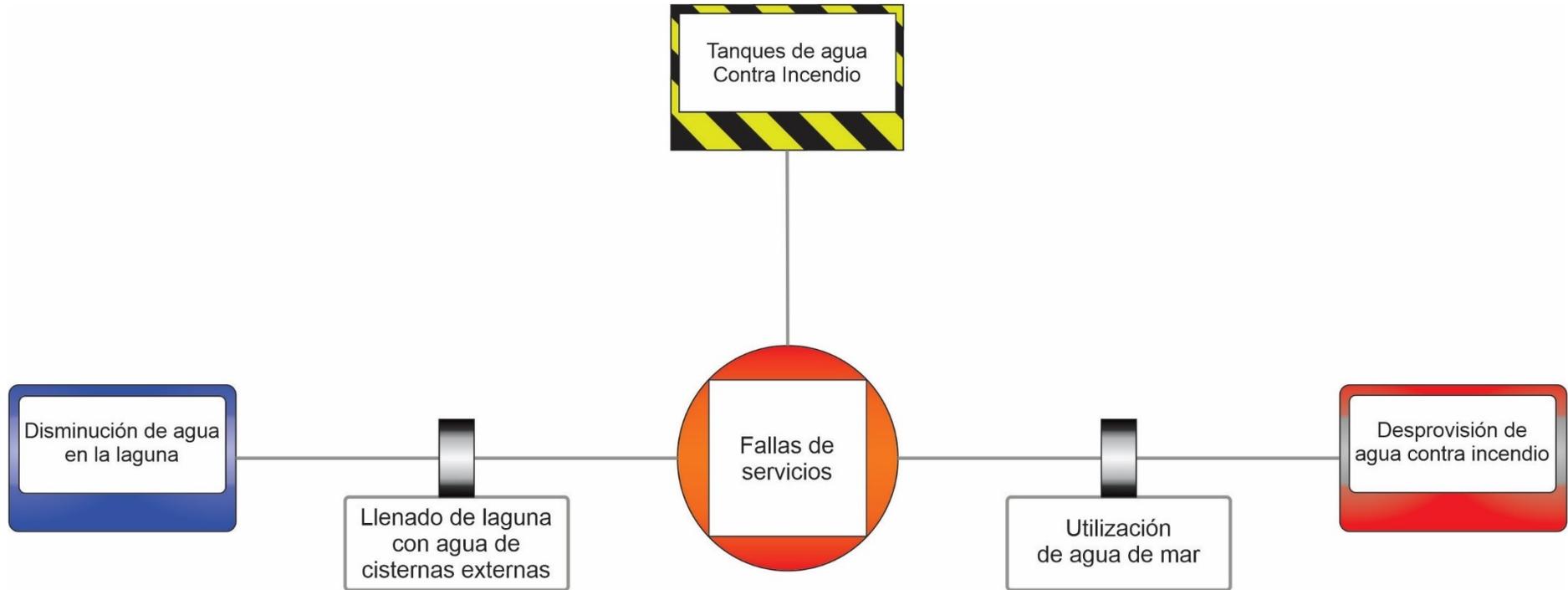
Diagrama Bow-Tie, nodo 1, tanques de agua contra incendio



Nota. Palabra guía – diferente de, desviación – composición y fallo de servicios.

Figura 26

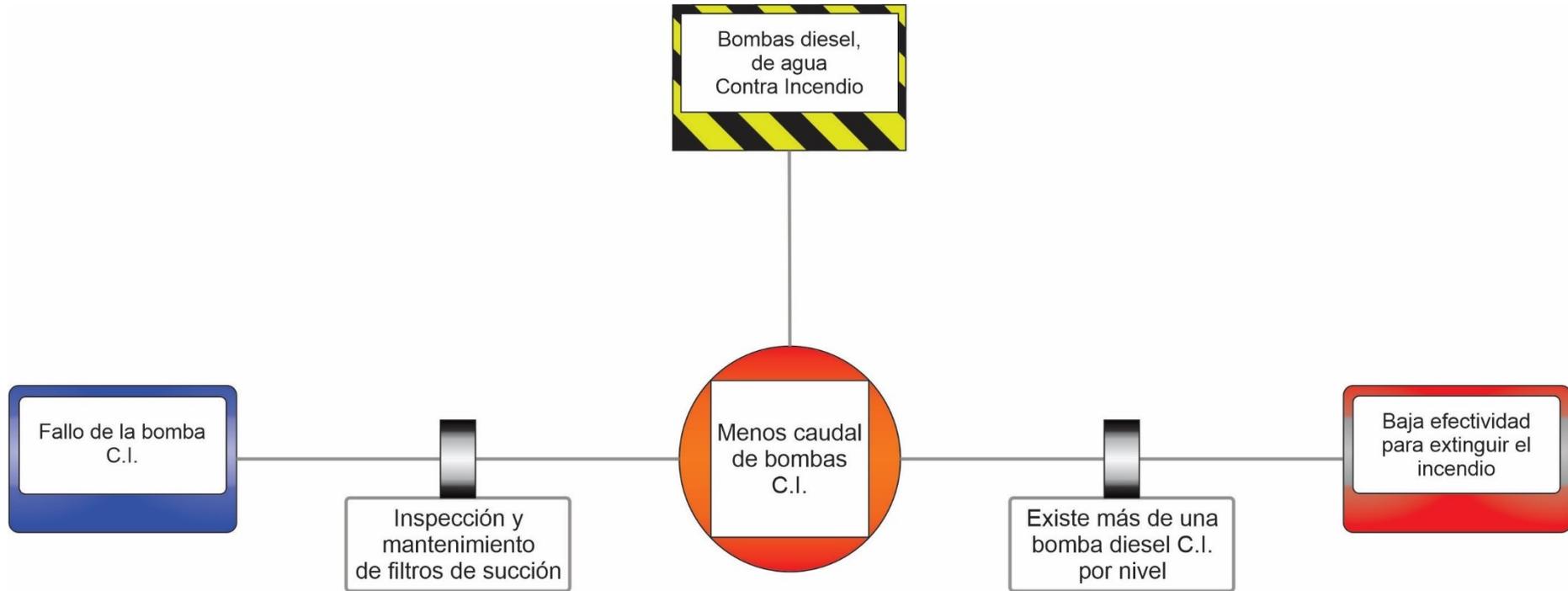
Diagrama Bow-Tie, nodo 1, tanques de agua contra incendio



Nota. Palabra guía – diferente de, desviación – composición y fallo de servicios.

Figura 27

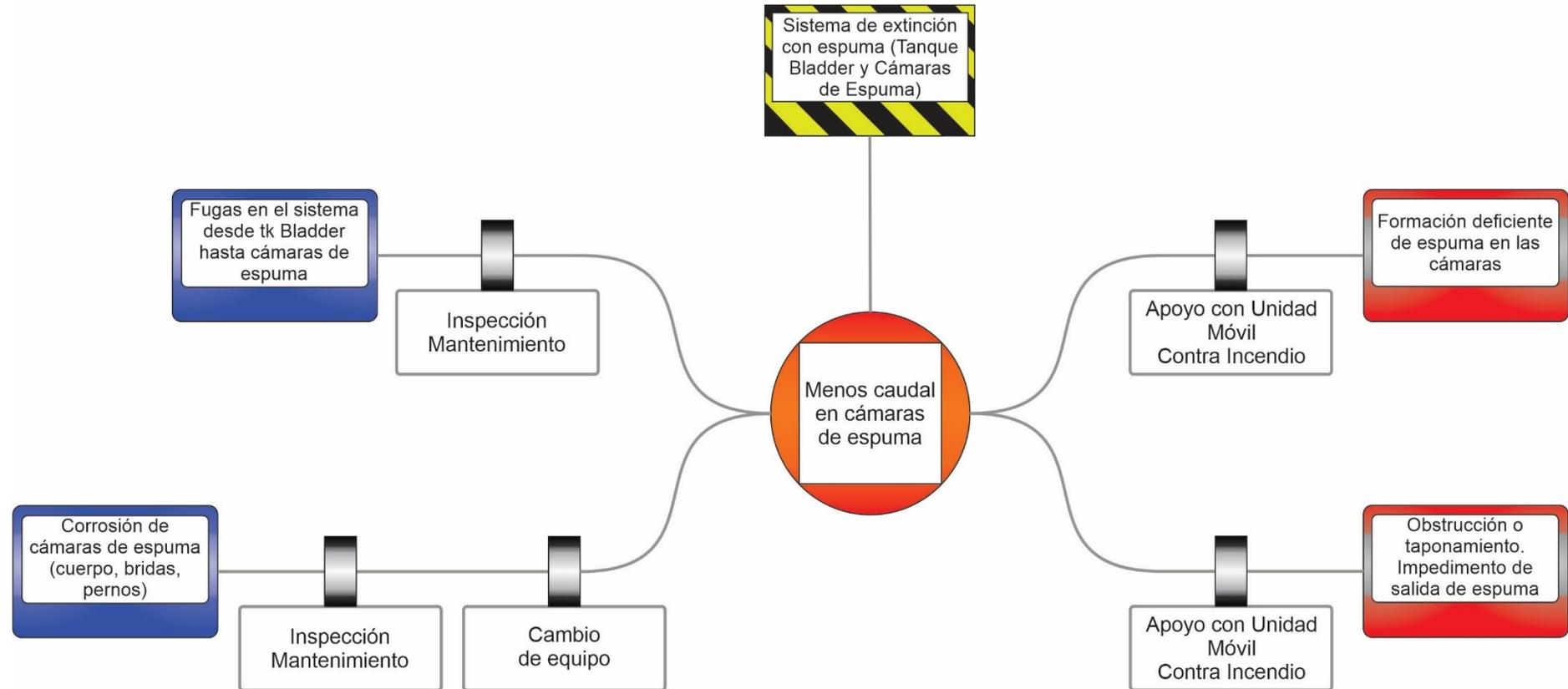
Diagrama Bow-Tie, nodo 2, bombas de agua contra incendio



Nota. Palabra guía – menos, desviación – caudal

Figura 28

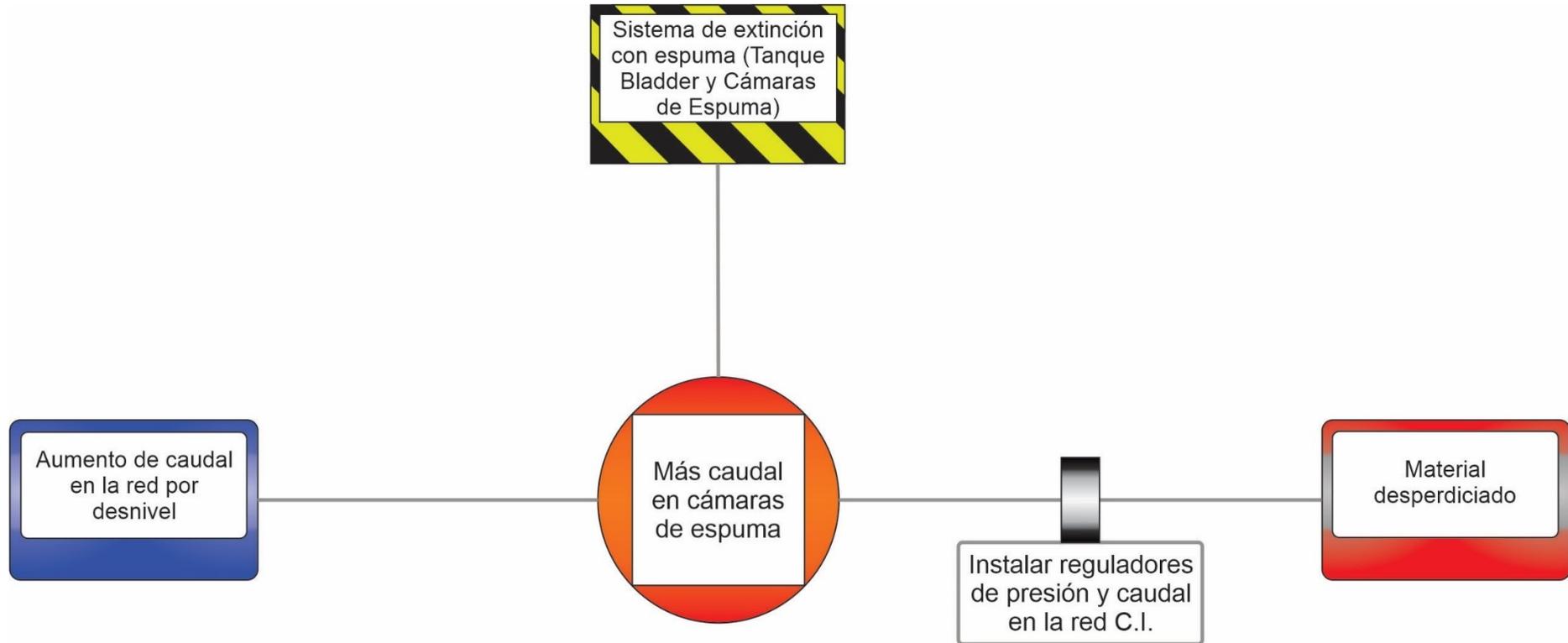
Diagrama Bow-Tie, nodo 3, sistema de extinción con espuma contra incendio



Nota. Palabra guía – menos, desviación – caudal en cámaras de espuma.

Figura 29

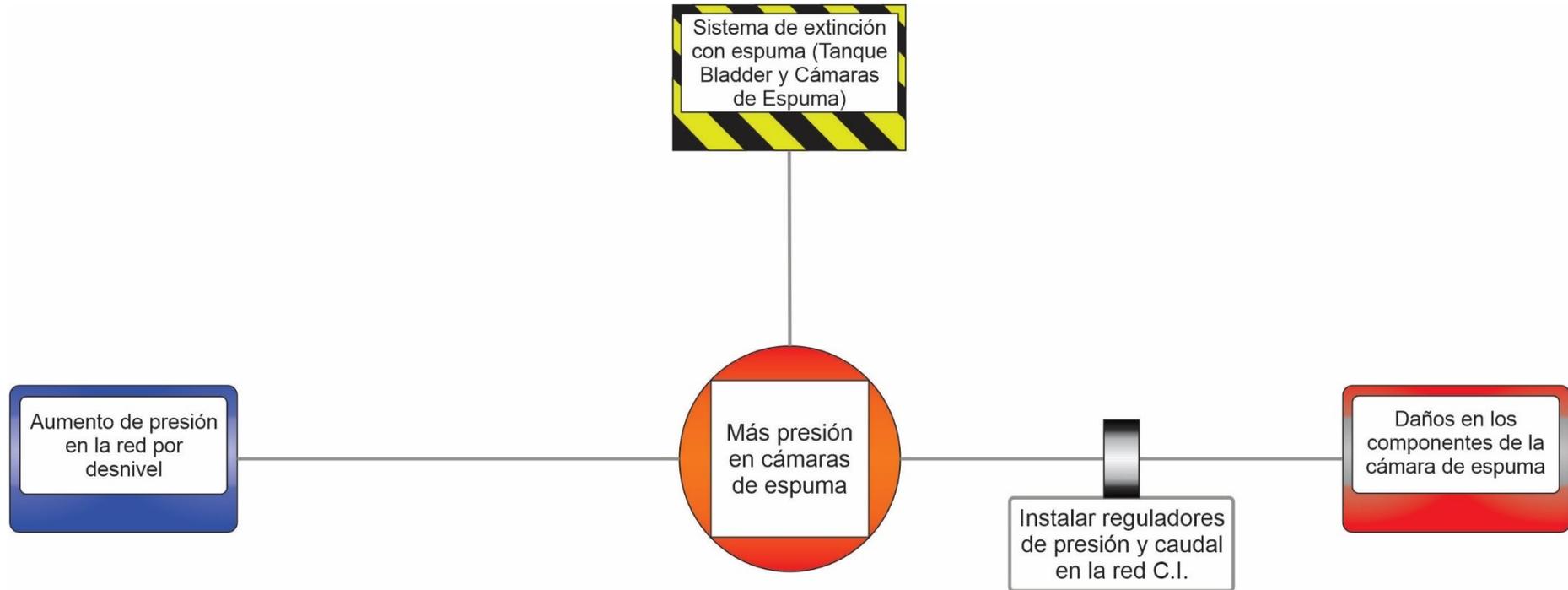
Diagrama Bow-Tie, nodo 3, sistema de extinción con espuma contra incendio



Nota. Palabra guía – más, desviación – caudal en cámaras de espuma.

Figura 30

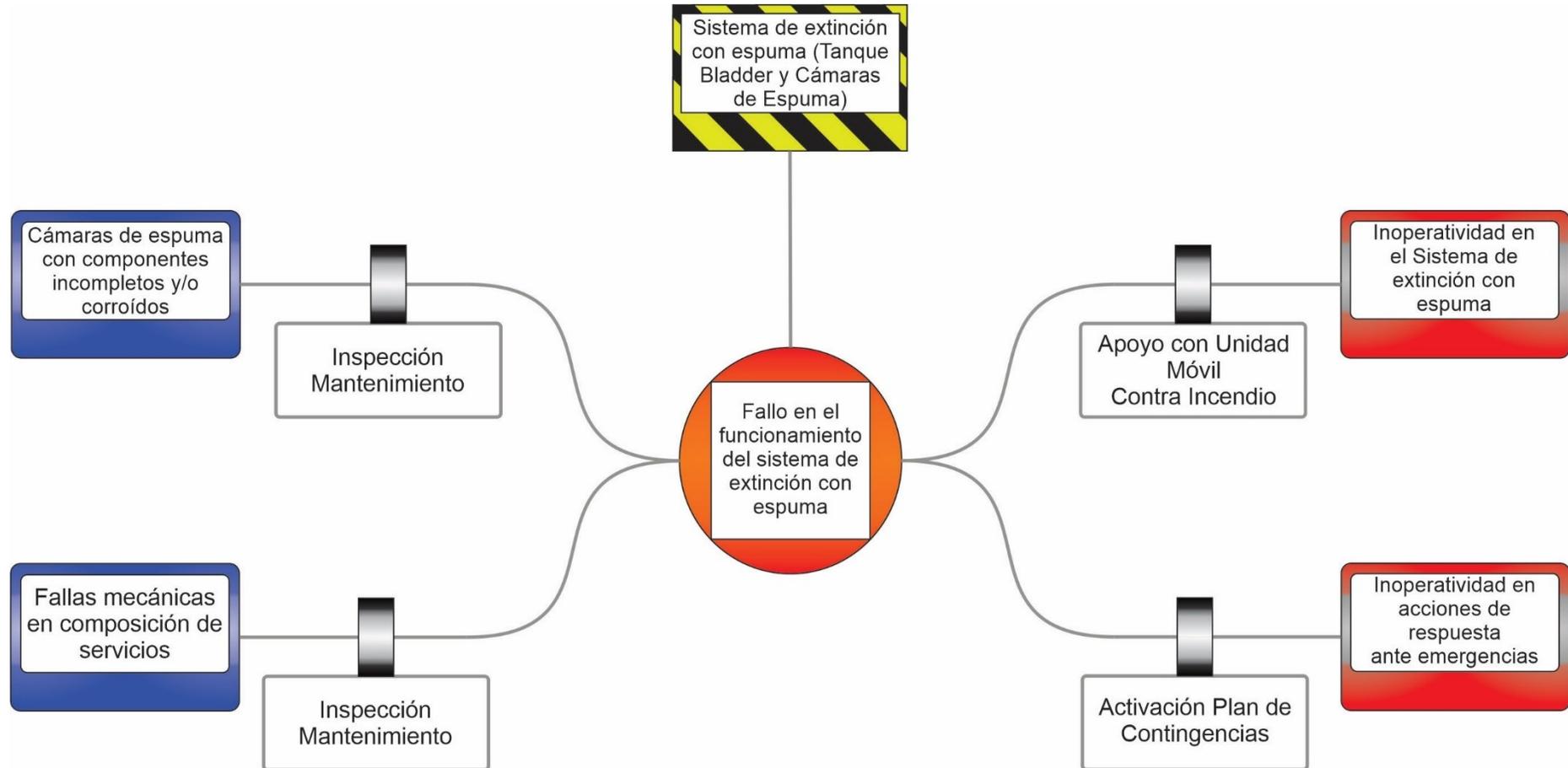
Diagrama Bow-Tie, nodo 3, sistema de extinción con espuma contra incendio



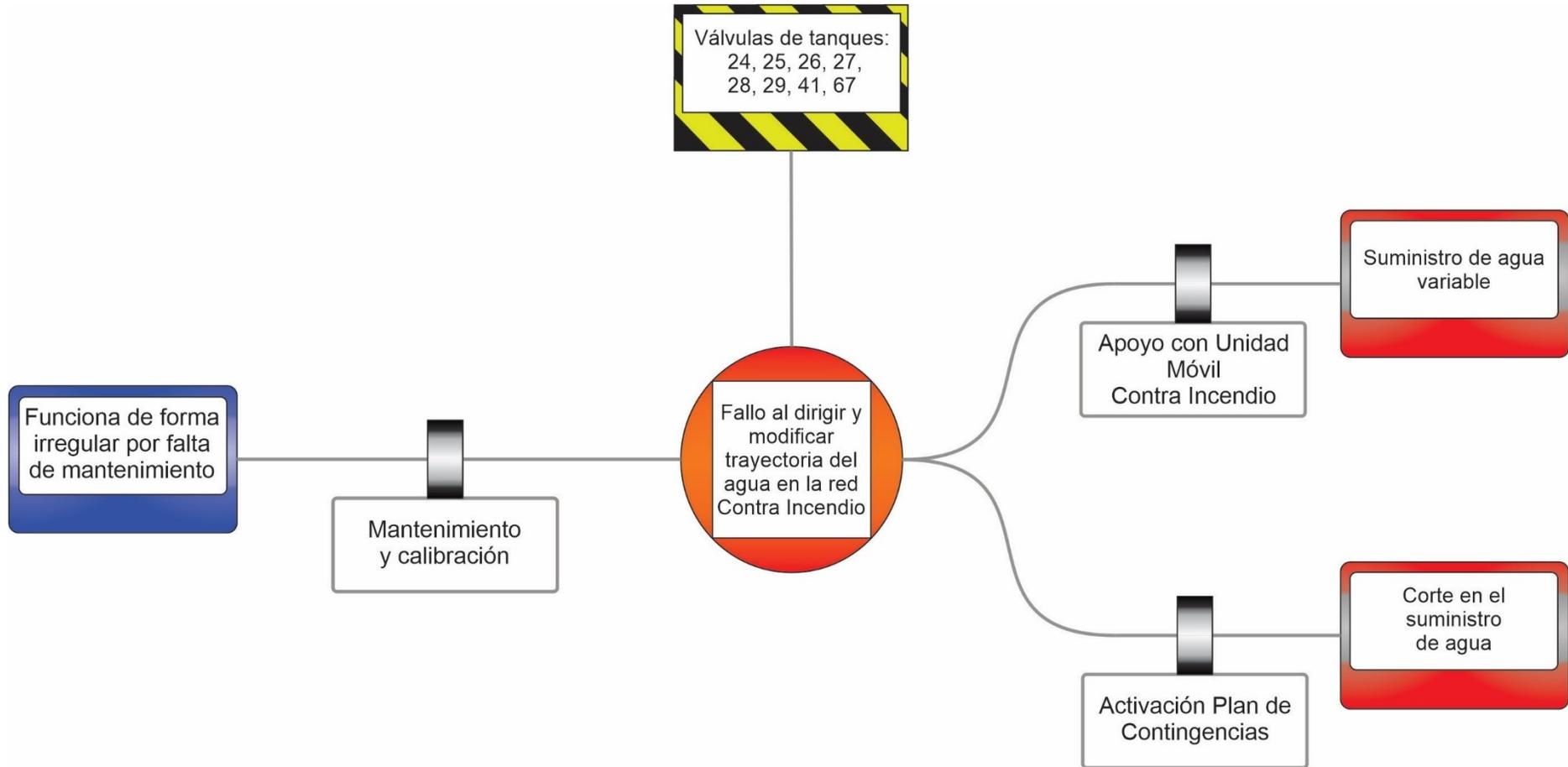
Nota. Palabra guía – más, desviación – presión en cámaras de espuma.

Figura 31

Diagrama Bow-Tie, nodo 3, sistema de extinción con espuma contra incendio



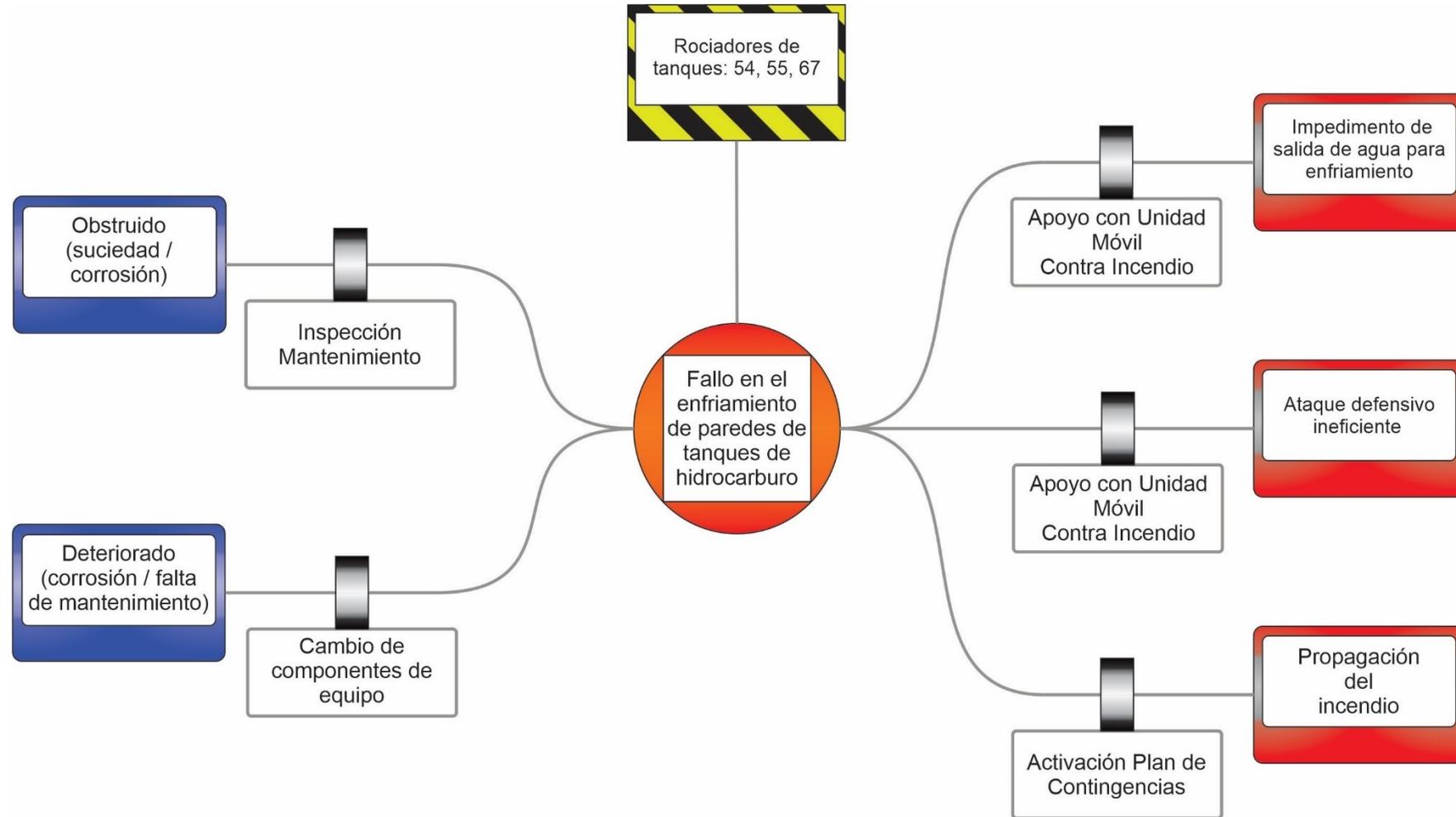
Nota. Palabra guía – diferente de, desviación – composición y fallo de servicios.

Figura 32*Diagrama Bow-Tie, accesorio, válvulas*

Nota. Código – Tk 24, Tk 25, Tk 26, Tk 27, Tk 28, Tk 29, Tk 41, Tk 67.

Figura 33

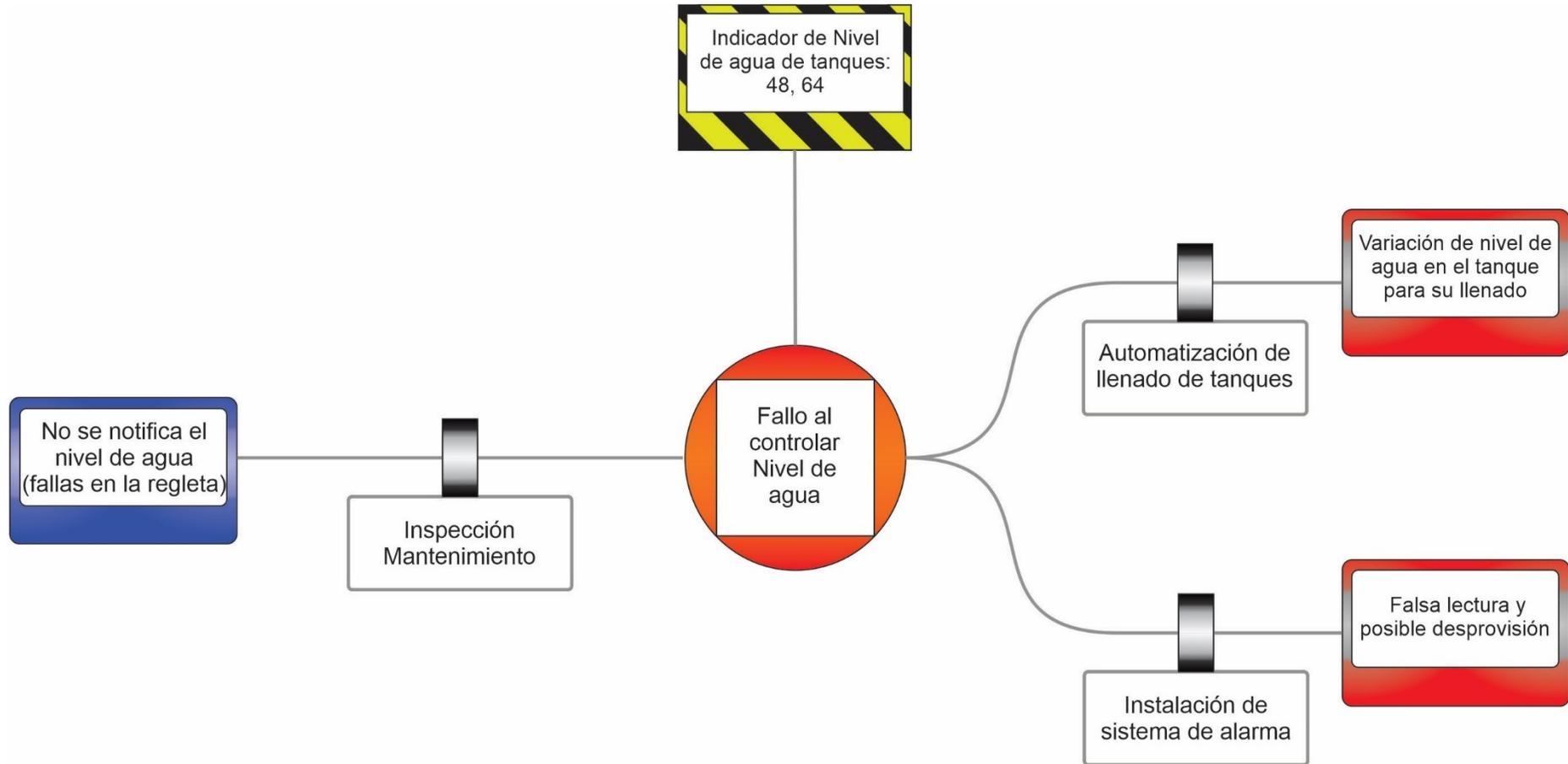
Diagrama Bow-Tie, accesorio, rociadores



Nota. Código – Tk 54, Tk 55, Tk 67.

Figura 34

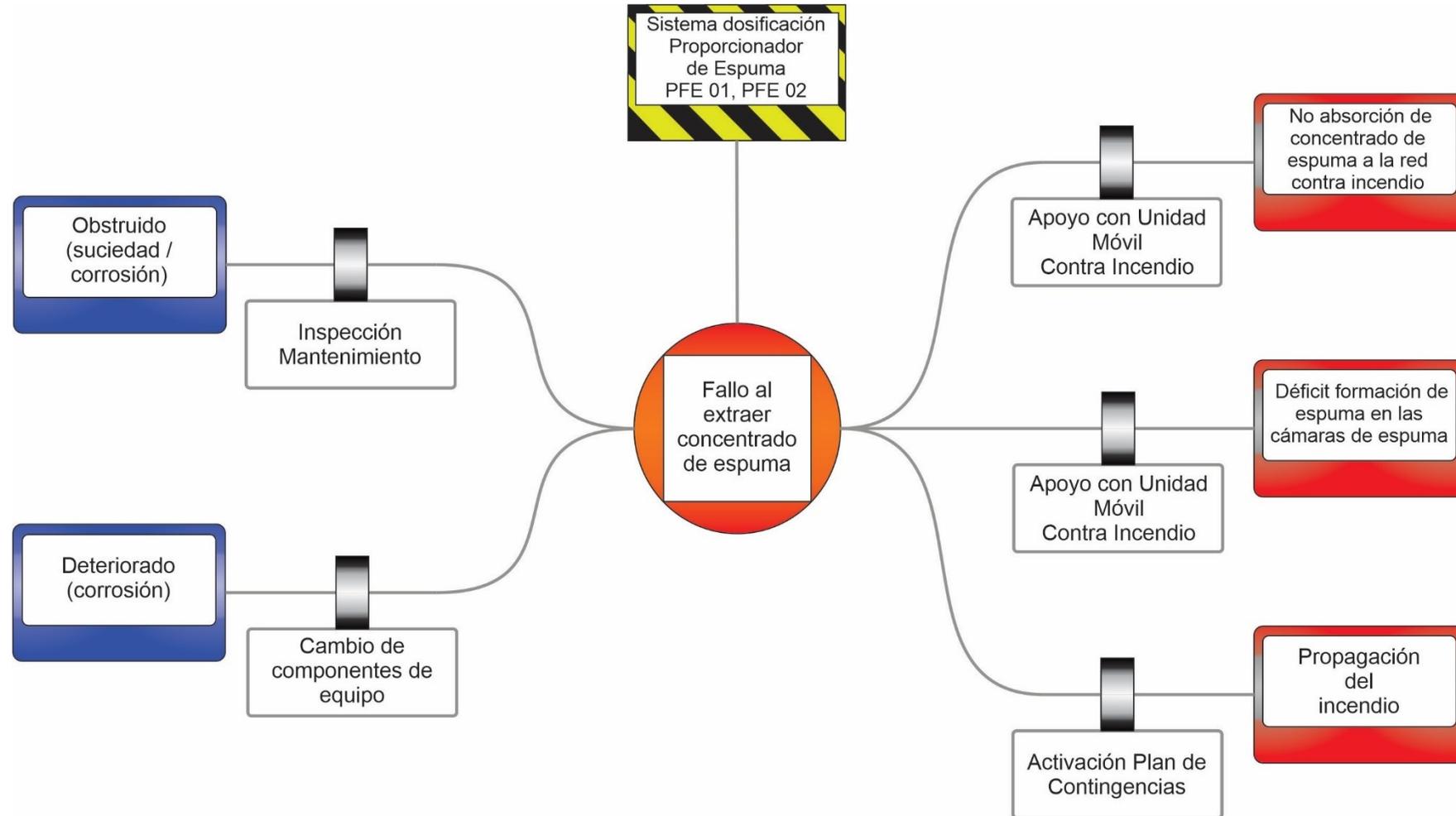
Diagrama Bow-Tie, accesorio, indicador de nivel de agua



Nota. Código – Tk 48, Tk 64.

Figura 35

Diagrama Bow-Tie, accesorio, sistema de dosificación proporcionador de espuma de tanque bladder



Nota. Código – Tanque bladder PFE01 y PFE02

CONCLUSIONES

Se ha determinado las fallas operativas de los componentes del sistema contra incendio, con la metodología HAZOP, identificando sus causas, consecuencias y recomendaciones, para; tanques de agua contra incendio (tabla 7), bombas de agua contra incendio (tabla 8) y sistema de extinción con espuma contra incendio (tabla 9). Antes de las acciones correctivas, se ha cuantificado los peligros y estimado el nivel de riesgo, con las matrices de riesgo de OSINERGMIN (tabla 13); el nivel de riesgo de los componentes es 8.3% (extremo) y 44.4% (moderado). Luego de aplicar las acciones correctivas, el nivel de riesgo es 0.0% (extremo) y 86.1% (bajo) mostrado en la tabla 16.

Se ha determinado las fallas operativas de los accesorios del sistema contra incendio, con la metodología FMEA, identificando sus causas, consecuencias y recomendaciones, para; válvulas, rociadores, indicadores de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanques bladder y cámaras de espuma (tabla 10). Antes de las acciones correctivas, se ha cuantificado los peligros y estimado el nivel de riesgo, con las matrices de riesgo de OSINERGMIN (tabla 14); el nivel de riesgo de los accesorios es 50.0% (alto) y 0.0% (bajo). Luego de aplicar las acciones correctivas, el nivel de riesgo es 75.0% (bajo) y 0.0% (extremo y alto) mostrado en la tabla 17.

Finalmente, se ha determinado las fallas operativas de los componentes y accesorios del sistema contra incendio, con ambas metodologías HAZOP y FMEA, identificando sus causas, consecuencias y recomendaciones. Antes de las acciones correctivas, se ha cuantificado los peligros y estimado el nivel de riesgo, con las matrices de riesgo de OSINERGMIN (tabla 15); el nivel de riesgo de los componentes y accesorios es 36.4% (extremo y alto) y 63.6% (moderado y bajo). Luego de aplicar las acciones correctivas, el nivel de riesgo es 4.5% (extremo y alto) y 95.5% (moderado y bajo) mostrado en la tabla 18.

RECOMENDACIONES

Se debe investigar a nivel relacional, cuál de los factores, como; el plan de contingencia, instalación de componentes y accesorios, inspección, mantenimiento, automatización y capacitación; presentan mayor grado de correlación con la seguridad del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán.

Se debe investigar a nivel explicativo, qué factores, como, el plan de contingencia, instalación de componentes y accesorios, inspección, mantenimiento, automatización y capacitación, influyen significativamente en la seguridad del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán.

Se debe investigar a nivel predictivo, la probabilidad de ocurrencia de eventos, como, desabastecimiento en suministro de agua, inoperatividad de bombas diésel contra incendios, inoperatividad del sistema de extinción con espuma contra incendio, corrosión de válvulas, corrosión de rociadores, corrosión de tuberías e incendios de la refinería de petróleo Conchán.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Moreno Calva, V. (2017). Manual guía para el desarrollo del análisis de modo y efecto de falla. Sistema Integral Modelo Pachuca .
- PETROPERÚ . (2017). Obtenido de Memoria Anual :
<https://www.petroperu.com.pe/inversionistas/wp-content/uploads/2018/09/memoria-anual-2017.pdf>
- Cabrera Estupiñán, E., & Alomá Barceló, A. (2015). Sistemas contra incendios para industria petrolera. Parte 3. Modelo detallado de red. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 1 -10.
- Canales Pérez, E. F. (2015). *Elaboración de estudio de riesgos como herramienta de gestión para evaluar y reducir los riesgos durante las actividades de perforación exploratoria en selva, acorde a RCD 240-2010 OS/CD. (Tesis)*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Carbone, T. A., & Tippett, D. D. (2004). Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. *Engineering Management Journal Vol. 16 (4)*, 28 - 35.
- Carrasco Diaz, S. (2017). *Metodología de La Investigacion Cientifica*. Lima - Perú: San Marcos.
- Comité de Manufactura COENER. (2012). *Informe de Investigación sobre la explosión e incendio ocurrido en la Refinería de Amuay El 25 de Agosto de 2012*. Obtenido de <https://orinocodotblog.files.wordpress.com/2017/09/resumen-ejecutivo-informe-amuay.pdf>
- Failure Modes & Effects Analysis. (2019). FMEA.doc.
- Gallo López, R. S. (2014). Sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional, en la operación y mantenimiento de un sistema de transporte de hidrocarburos por ductos. (Tesis). Universidad Nacional de Ingeniería.
- General de Motors Corporación. (2008). Análisis de modos y efectos de fallas potenciales. Ford Motor Company.

- Guerra Huamali , C. W. (2017). *Análisis de modos y efecto de falla en los Scooptrams de la empresa minera ATACOCHA. (Tesis)*. Universidad de Nacional del Centro de Perú.
- Hernandez Sampiere, R., Fernández Collado , C., & Pilar Bautista, L. (2014). *Metodología de la investigación* . Mexico : McGRAW-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Juárez Alberca, B. J. (2015). Análisis e identificación de riesgos de operabilidad en una batería de producción, mediante la aplicación de la metodología Hazsop. (Tesis). Universidad Nacional de Piura.
- Juárez Pastrana, M. A. (2014). La metodología HAZOP aplicada al análisis de riesgos. (Tesis). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Manufacturing Technology Committee – Risk Management Working Group. (2019). Hazard & Operability Analysis (HAZOP). PQRI.
- Palomino Orizano, J. A., Peña Corahua, J. D., Zevallos Ypanaqué, G., & Orizano Quedo, L. A. (2015). *Metodología de la investigación, guía para elaborar un proyecto en salud y educación*. Lima: San Marcos.
- Repsol YPF. (2018). Guía para la realización de estudios HAZOP (HAZard and OPERability studies). Seguridad y Medio Ambiente.
- Reuters. (2010). *Datos-Accidentes en industria petrolera de América durante 2010*. Obtenido de <https://www.reuters.com/article/petroleo-bonaire-idARN0918125120100909>
- Romero Chuquitaype, C. A. (2016). Reducción de incidentes en compañías operadoras de petróleo en el Perú mediante la implementación de un sistema de gestión de riesgos. (Tesis). Universidad Nacional de Ingeniería.
- Trujillo Vaca , C. T. (2015). *El análisis de riesgos y peligros, HAZOP y el árbol de fallas, una opción de ingeniería para subir los niveles de eficiencia en el mantenimiento y de disponibilidad de equipos en subestaciones de distribución. (Tesis)*. Escuela Politécnica Nacional.
- Villegas Mantuano, E. V. (2012). Análisis de riesgos mediante el método HAZOP en las áreas de almacenamiento, patio de bombas y despacho del terminal de productos limpios el Beaterio de EP Petroecuador. (Tesis). Universidad Técnica del Norte.

ANEXO

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: Análisis de fallas aplicando las metodologías HAZOP y FMEA en el sistema contra incendio de una refinería de petróleo.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General ¿Cuáles son las fallas operativas presentes en los componentes y accesorios, para cuantificar los peligros y estimar el nivel de riesgo del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán?</p> <p>Específicos: a. ¿Cuáles son las fallas operativas presentes en los tanques de agua contra incendio, bombas de agua contra incendio y sistema de extinción con espuma contra incendio, para cuantificar los peligros y estimar el nivel de riesgo de los componentes del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán?</p> <p>b. ¿Cuáles son las fallas operativas presentes en las válvulas, rociadores, indicadores de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanques bladder y cámaras de espuma, para</p>	<p>General Determinar las fallas operativas presentes en los componentes y accesorios, para cuantificar los peligros y estimar el nivel de riesgo del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán.</p> <p>Específicos: a. Determinar las fallas operativas presentes en los tanques de agua contra incendio, bombas de agua contra incendio y sistema de extinción con espuma contra incendio, para cuantificar los peligros y estimar el nivel de riesgo de los componentes del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán.</p> <p>b. Determinar las fallas operativas presentes en las válvulas, rociadores, indicadores de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanques bladder y cámaras de espuma, para cuantificar los peligros y estimar</p>	<p>Variable de interés X: Sistema contra incendio</p> <p>Variables descriptivas X1: Tanque de agua contra incendio X2: Bomba de agua contra incendio X3: Sistema de extinción con espuma contra incendio X4: Válvula X5: Rociador X6: Indicador de nivel de agua X7: Red de tubería de agua contra incendio X8: Tanque bladder X9: Cámara de espuma</p>	<p>Enfoque Cuantitativo</p> <p>Tipo Observacional, transversal, descriptivo</p> <p>Nivel Descriptivo</p> <p>Diseño No experimental, transversal</p> <p>Técnica Análisis documental</p> <p>Instrumento Registro</p>

cuantificar los peligros y estimar el nivel de riesgo de los accesorios del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán?	el nivel de riesgo de los accesorios del sistema contra incendio de la refinería de petróleo Conchán.		
--	---	--	--

Anexo 2. Cálculo de la demanda de agua

000574

		ESTUDIO DE RIESGOS Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONTINGENCIAS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS CONCHÁN		RCO-0004-17-S-ER-002		
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERIA Y PLANTA DE VENTAS		PÁGINA 315 DE 343		
				FECHA	12-JUL-17	
				REVISIÓN	0	

22. EVALUACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO

En el Anexo 8, se muestran los planos de áreas de afectación a equipos y a personas expuestas sin protección con el trazado de las distancias de alcance de radiación térmica a 12.6 kW/m^2 y 5.1 kW/m^2 respectivamente para los eventos de los casos de incendios en tanques de almacenamiento más críticos.

Los reportes de la simulación de los casos de incendios en tanques de almacenamiento más críticos se muestran en el Anexo 9.

22.1 Cálculo de la Demanda de Agua y Espuma Contra Incendio

A partir de las consecuencias de los escenarios de riesgos planteados en el presente estudio, se ha realizado el cálculo del requerimiento mínimo de agua y espuma para el sistema contra incendio, a fin de evaluar el sistema contra incendio existente según lo indicado en la normativa legal D.S.N°043-2007-EM. El cálculo del requerimiento mínimo de agua y espuma del sistema contra incendio, ha sido evaluado tomando aquel o aquellos escenarios de incendio de mayor consecuencia.

Se tiene como mayor escenario de incendio en lo que concierne a mayor cantidad de agua demandada el Incendio en el tanque T-73 (Diesel N°2) de la Unidad de Almacenamiento, ubicada en la cota intermedia, debido a que el alcance de radiación compromete a los tanques T-70 (Diesel N°2) y T-74 (Diesel N°2 S-50) y a las tuberías asociadas.

Respecto a la mayor cantidad demandada de espuma contra incendio, se tiene como mayor escenario el Incendio en el tanque T-34 (Diesel N°2 S-50) de la Unidad de Almacenamiento ubicado en la cota intermedia, el cual implica la extinción de fuego de la superficie del tanque siniestrado de techo fijo, demandando el mayor consumo de espuma requerida por ser el tanque de mayor diámetro.

22.1.1 Metodología de cálculo**22.1.1.1 Agua contra incendios****A. Ratio mínimo de aplicación de agua contra incendios.**

El ratio de aplicación será según lo indicado en el inciso a del Artículo 92 Capítulo II Título III del D.S. N° 043-2007-EM.

		ESTUDIO DE RIESGOS Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONTINGENCIAS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS CONCHÁN		RCO-0004-17-S-ER-002	
				PÁGINA 316 DE 343	
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS		FECHA	12-JUL-17
				REVISIÓN	0

El agua para enfriamiento no debe ser menor a 6.5 lpm por cada metro cuadrado (0.15 gpm por pie cuadrado) de área expuesta.

Este ratio será aplicado al área lateral del tanque siniestrado, así como al área lateral y techo de los tanques que son alcanzados por la radiación térmica de 12.6 kW/m².

B. Tiempo de aplicación de agua contra incendios.

El tiempo de abastecimiento de agua contra incendio será considerando lo establecido en el Inciso 91.5 del Artículo 91 Capítulo II Título III del D.S. N° 043-2007-EM.

Tabla 22.1 Tiempo de aplicación de agua contra incendios.

Tiempo de abastecimiento (horas)	Consideraciones
4	En base al máximo riesgo posible de la instalación.
1	Cuando exista red pública confiable con capacidad superior al máximo riesgo posible de la instalación.
-	No es necesaria cuando exista disponibilidad ilimitada de agua dulce o salada, siempre y cuando existan instalaciones fijas de bombeo que aseguren la capacidad del máximo riesgo posible, según norma NFPA 20. En este caso, debe contarse con una bomba contra incendio alterna.

Fuente: D.S. 043-2007 Art. 91.

La Planta cuenta con una fuente de alimentación de agua proveniente de la laguna natural (napa freática) ubicada dentro de la refinería y dispone de compañías del Cuerpo General de Bomberos del Perú, además la planta no cuenta con una red pública confiable, por lo que se tomarán 4 horas como tiempo de aplicación de agua para los cálculos de requerimiento de agua contra incendios en la Refinería Conchán.

		ESTUDIO DE RIESGOS Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONTINGENCIAS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS CONCHÁN		RCO-0004-17-S-ER-002	
				PÁGINA 317 DE 343	
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS		FECHA	12-JUL-17
				REVISIÓN	0

C. Requerimiento de agua para tuberías asociadas.

Según la ubicación de los hidrantes o monitores-hidrantes más cercanos a las áreas afectadas que involucren tuberías y equipos, se considera la aplicación de agua adicional con mangueras con un flujo de 250 gpm para cada toma. El número de mangueras considerado se determinó en función a la envergadura del alcance de radiación térmica a 12.6 kW/ m².

22.1.1.2 Espuma contra incendios

Los requerimientos mínimos de espuma contra incendio para el sistema de enfriamiento de los tanques siniestrados en los eventos de mayor riesgo, serán según lo indicado en la NFPA 11 Edición 2016.

A. Ratio y tiempo mínimo de aplicación de espuma contra incendios.

Para tanques de techo fijo, el ratio y tiempo de aplicación será según lo indicado en el Tabla 5.2.5.2.2 de la NFPA 11 Edición 2016, tal como se indica en la Tabla 22.2.

Tabla 22.2 Ratio y tiempo mínimo de aplicación para salidas de descarga fijas de espuma Tipo II (cámaras de espuma) en tanques de almacenamiento de techo fijo (cono) que contengan hidrocarburos.

Tipo de Hidrocarburo	Ratio mínimo de aplicación		Tiempo mínimo de descarga (min.)
	L/ min. m ²	gpm/ ft ²	
Punto de inflamación entre 37.8°C y 60°C (100°F y 140°F)	4.1	0.1	30
Punto de inflamación debajo de 37.8°C (100°F) o líquidos calentados por encima de su punto de inflamación	4.1	0.1	55
Crudo de petróleo	4.1	0.1	55

Fuente: NFPA 11 Edición 2016

		ESTUDIO DE RIESGOS Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONTINGENCIAS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS CONCHÁN		RCO-0004-17-S-ER-002	
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERIA Y PLANTA DE VENTAS		PÁGINA 318 DE 343	
				FECHA	12-JUL-17
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERIA Y PLANTA DE VENTAS		REVISIÓN	0

B. Requerimiento suplementario de espuma contra incendios.

En adición a la espuma requerida para extinguir el fuego en el techo del tanque incendiado, se considera como protección suplementaria la cantidad demandada de espuma para suplir con los incendios que pudieran ocurrir por pequeños derrames, según lo expuesto en las Tablas 5.9.2.2 y 5.9.2.4 de la NFPA 11 Ed. 2016.

Tabla 22.3 Número mínimo de chorros de manguera suplementaria de espuma requerida para el tanque de mayor diámetro.

Diámetro de tanque		Mínimo número de chorros de manguera requerido
m	ft	
Hasta 19.5	Hasta 65	1
19.5 a 36	65 a 120	2
Mayor a 36	Mayor a 120	3

Fuente: Tabla 5.9.2.2 de la NFPA 11 Edición 2016.

Tabla 22.4 Tiempo mínimo de aplicación para chorro de manguera suplementaria.

Diámetro de tanque		Mínimo tiempo de operación (min.)
m	ft	
Hasta 10.5	Hasta 35	10
10.5 a 28.5	35 a 95	20
Mayor a 28.5	Mayor a 95	30

Fuente: Tabla 5.9.2.4 de la NFPA11 Edición 2016.

22.1.2 Escenarios de incendio para la evaluación de requerimientos mínimos de agua y espuma

Se han seleccionado los escenarios de incendio más críticos para la evaluación, con respecto a la mayor cantidad de demanda de agua y espuma requerida para el enfriamiento y extinción respectivamente de las áreas comprometidas. Los escenarios de incendio seleccionados son los siguientes:

		ESTUDIO DE RIESGOS Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONTINGENCIAS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS CONCHÁN		RCO-0004-17-S-ER-002		
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERIA Y PLANTA DE VENTAS		PÁGINA 319 DE 343		
				FECHA	12-JUL-17	
				REVISIÓN	0	

22.1.2.1 Escenario de incendio (Pool Fire) en el tanque T-73 (Diesel N°2).

Se ha realizado el cálculo de radiación a 12.6 kW/m^2 (daño a los equipos), a fin de identificar las áreas afectadas por el alcance de radiación del incendio en este punto, tal como se muestra en la Figura 20.1.

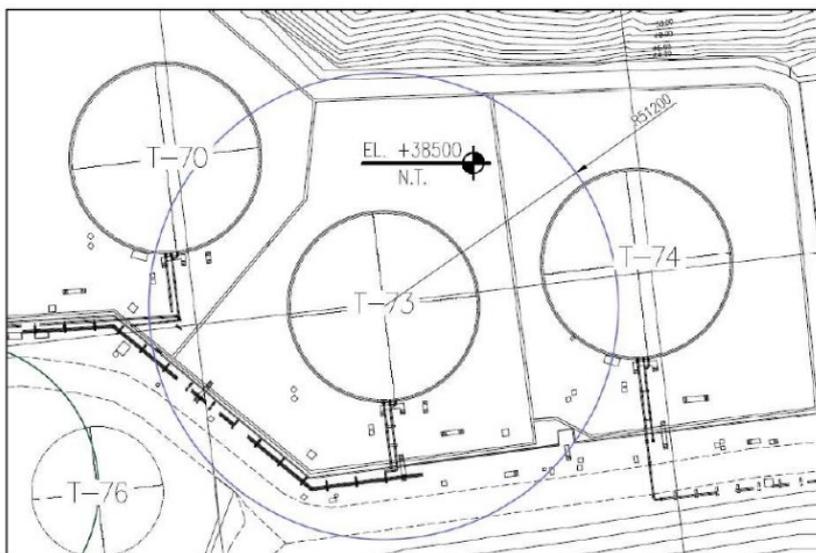


Figura 22.1 Radio de alcance por radiación térmica a 12.6 kW/m^2 .
Nivel de referencia: 14.9 m. (altura de los tanques aledaños).

De la Figura 20.1. se muestra los tanques y tramos de tuberías de procesos afectados por el incendio en el tanque T-73, los cuales son:

- Tanque T-70 (Diesel N°2).
- Tanque T-74 (Diesel N°2 S-50).
- Tuberías asociadas.

El cálculo de requerimiento mínimo de agua de enfriamiento y de espuma para este escenario se muestran en las Tablas 22.5 y 22.6.

		ESTUDIO DE RIESGOS Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONTINGENCIAS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS CONCHÁN		RCO-0004-17-S-ER-002		
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS		PÁGINA 320 DE 343		
		FECHA	12-JUL-17			
		REVISIÓN	0			

Tabla 22.5 Cálculo de requerimiento de agua S.C.I. para enfriamiento del tanque incendiado T-73, tanques y tuberías afectadas.

Tanque Nº local	Producto		Tipo de techo	Dimensiones		Requerimiento Agua de Enfriamiento									
				Diámetro	Altura	Área lateral	Área de Techo	% del área lateral a enfriar	Área cilindro a enfriar	% del área del techo a enfriar	Área del techo a enfriar	Régimen	Flujo		
	Denom.	Clase	(ft)	(ft)	ft ²	ft ²		ft ²		ft ²	gpm/ft ²	gpm cilindro	gpm techo	gpm total	
T-73	Diesel N°2	II	Geodésico	133	49	20,474	13,893	100%	20,474	0%	0.00	0.15	3,071	0	3,071
T-70	Diesel N°2	II		133	49	20,474	13,893	50%	10,237	50%	6,946.45	0.15	1,536	1,042	2,578
T-74	Diesel N°2 S50	II		133	49	20,474	13,893	50%	10,237	50%	6,946.45	0.15	1,536	1,042	2,578
Demanda requerida para las tuberías asociadas:															
Tuberías asociadas	# Mangueras	2	UN			Flujo	250	gpm							500

Tabla 22.6 Cálculo de requerimiento de espuma del S.C.I. para la extinción de fuego del tanque incendiado T-73.

Tanque Nº local	Producto		Tipo de techo	Dimensiones		Requerimiento de Solución de Espuma									
				Diámetro	Altura	Área de Aplicación	Régimen	Flujo de espuma	Tiempo de Aplicación	Agente Espumógeno		Agua de la Solución	Flujo de agua	Tipo de Dispositivo	
	Denom.	Clase	(ft)	(ft)	ft ²	gpm/ft ²	gpm	min	%	gal	gal	gpm			
T-73	Diesel N°2	II	Geodésico	133	49	13,893	0.10	1,389	30	0.03	1,250	40,428	1,348	Cámara de espuma	
Requerimiento suplementario de espuma:															
Número de hose streams	3	UN	Flujo mínimo	50	gpm			150	30	0.03	135	4,365	146	Monitor/Hidrante ¹⁰	

¹⁰ Este requerimiento obedece a la atención de incendios producidos por pequeños derrames dentro del cubeto del tanque incendiado.

		ESTUDIO DE RIESGOS Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONTINGENCIAS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS CONCHÁN	RCO-0004-17-S-ER-002	
			PÁGINA 321 DE 343	
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS	FECHA	12-JUL-17
			REVISIÓN	0

Tabla 22.7 Resumen de requerimiento de agua y espuma para el escenario de incendio (Pool Fire) en el tanque T-73 (Diesel N°2).

Requerimiento de bombeo		
Enfriamiento	8,726	gpm
Suplementario	1,539	gpm
Total	10,265	gpm
Requerimiento de agente espumógeno		
En bladder	1,250	gal
Suplementario en campo	135	gal
Total	1,385	gal
Requerida de agente espumógeno ¹¹	2,771	gal
Requerimiento de agua contra incendios		
Enfriamiento	7,928	m ³
Espuma	170	m ³
Total	8,098	m³

22.1.2.2 Escenario de incendio (Pool Fire) en el tanque T-34 (Diesel N°2 S-50).

Se ha realizado el cálculo de radiación a 12.6 kW/m² (daño a los equipos), a fin de identificar las áreas afectadas por el alcance de radiación del incendio en este punto, tal como se muestra en la Figura 20.2.

¹¹ La cantidad total de espuma debe ser igual al doble de la cantidad requerida para extinguir el incendio.

		ESTUDIO DE RIESGOS Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONTINGENCIAS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS CONCHÁN		RCO-0004-17-S-ER-002
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS		PÁGINA 322 DE 343
			FECHA	12-JUL-17
			REVISIÓN	0

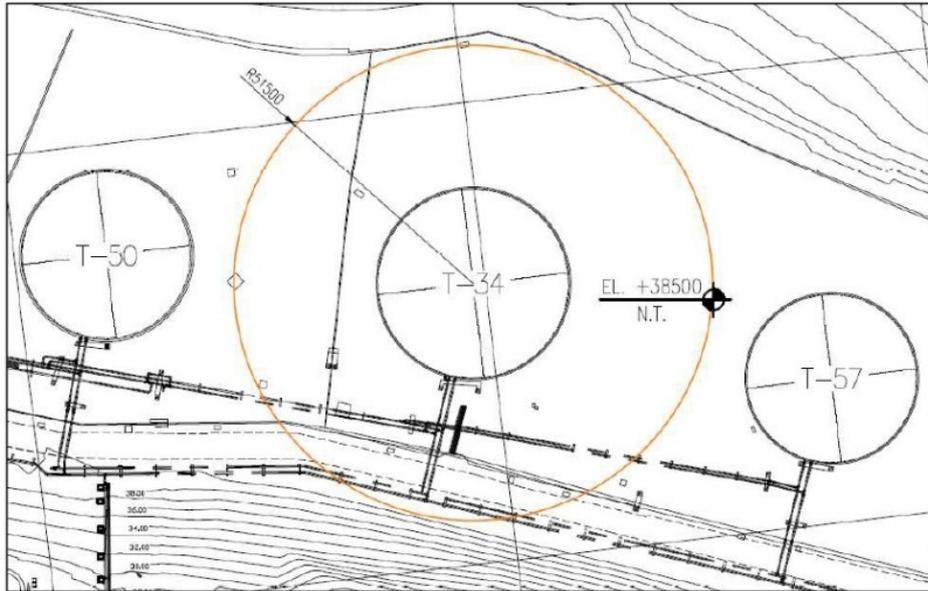


Figura 20.2 Radio de alcance por radiación térmica a 12.6 kW/m^2 .
Nivel de referencia: 14.9 m. (altura de los tanques aledaños).

De la Figura 20.2. se muestra las áreas afectadas por el incendio en el tanque T-34, los cuales son:

- Tuberías asociadas.

El cálculo de requerimiento mínimo de agua de enfriamiento y de espuma para este escenario se muestran en las Tablas 22.8 y 22.9.

		ESTUDIO DE RIESGOS Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONTINGENCIAS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS CONCHÁN		RCO-0004-17-S-ER-002		
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERIA Y PLANTA DE VENTAS		PÁGINA 323 DE 343		
		FECHA	12-JUL-17			
		REVISIÓN	0			

Tabla 22.8 Cálculo de requerimiento de agua S.C.I. para enfriamiento del tanque incendiado T-34, tanques y tuberías afectadas.

Tanque Nº local	Producto		Tipo de techo	Dimensiones		Requerimiento Agua de Enfriamiento									
				Diámetro	Altura	Área lateral	Área de Techo	% del área lateral a enfriar	Área cilindro a enfriar	% del área del techo a enfriar	Área del techo a enfriar	Régimen	Flujo		
	Denom.	Clase	(ft)	(ft)	ft ²	ft ²		ft ²		ft ²	gpm/ft ²	gpm cilindro	gpm techo	gpm total	
T-34	Diesel N°2 S50	II	Fijo	134	48	20,207	14,103	100%	20,207	0%	0.00	0.15	3,031	0.00	3,031
Demanda requerida para las tuberías asociadas:															
Tuberías asociadas	# Mangueras	2	UN			Flujo	250	gpm							500

Tabla 22.9 Cálculo de requerimiento de espuma del S.C.I. para la extinción de fuego del tanque incendiado T-34.

Tanque Nº local	Producto		Tipo de techo	Dimensiones		Requerimiento de Solución de Espuma									
				Diámetro	Altura	Área de Aplicación	Régimen	Flujo de espuma	Tiempo de Aplicación	Agente Espumógeno		Agua de la Solución	Flujo de agua	Tipo de Dispositivo	
	Denom.	Clase	(ft)	(ft)	ft ²	gpm/ft ²	gpm	min	%	gal	gal	gpm			
T-34	Diesel N°2 S50	II	Fijo	134	48	14,103	0.10	1,410	30	0.03	1,269	41,039	1,368	Cámara de espuma	
Requerimiento suplementario de espuma:															
Número de hose streams	3	UN	Flujo mínimo	50	gpm			150	0	0.03	135	4,365	146	Monitor/Hidrante ¹²	

¹² Este requerimiento obedece a la atención de incendios producidos por pequeños derrames dentro del cubeto del tanque incendiado.

		ESTUDIO DE RIESGOS Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONTINGENCIAS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS CONCHÁN		RCO-0004-17-S-ER-002	
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS		PÁGINA 324 DE 343	
				FECHA	12-JUL-17
				REVISIÓN	0

Tabla 22.10 Resumen de requerimiento de agua y espuma para el escenario de incendio (Pool Fire) en el tanque T-34 (Diesel N°2 S-50).

Requerimiento de bombeo		
Enfriamiento	3,531	gpm
Suplementario	1,560	gpm
Total	5,091	gpm
Requerimiento de agente espumógeno		
En bladder	1,269	gal
Suplementario en campo	135	gal
Total	1,404	gal
Requerida de agente espumógeno ¹³	2,808	gal
Requerimiento de agua contra incendios		
Enfriamiento	3,208	m ³
Espuma	172	m ³
Total	3,380	m³

22.2 Verificación del sistema contra incendio existente

Agua Contra Incendio:

En la Tabla 22.11 se muestra el resumen de los resultados obtenidos del cálculo de requerimiento de agua mínimo, demandado por el caso de incendio de mayor requerimiento de agua contra incendio "Incendio en el tanque T-73 (Diesel N°2)".

Tabla 22.11 Resumen de resultados del cálculo de requerimiento de bombeo y almacenamiento requerido de agua del SCI .

Caso de incendio	Área afectada	Capacidad de bombeo requerido (gpm)	Capacidad de bombeo disponible (gpm)	Capacidad total de agua requerido (MB)	Capacidad total de agua disponible (MB)
Tanque T-73	<ul style="list-style-type: none"> - Tanque T-70 - Tanque T-74 - Tuberías asociadas 	10,265	12,500	51	70

De acuerdo a los resultados obtenidos, la capacidad de bombeo nominal del sistema contra incendio de la instalación debe ser de 10,265 gpm como mínimo para el peor escenario de incendio, el cual corresponde al incendio tipo Pool Fire en el tanque de almacenamiento de Diesel N°2 Tanque T-73.

Asimismo, se requiere de una reserva mínima de agua contra incendios operativa de 51 MB, para una aplicación de agua de cuatro (04) horas.

¹³ La cantidad total de espuma debe ser igual al doble de la cantidad requerida para extinguir el incendio.

		ESTUDIO DE RIESGOS Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONTINGENCIAS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS CONCHÁN		RCO-0004-17-S-ER-002		
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS		PÁGINA 325 DE 343		
				FECHA	12-JUL-17	
				REVISIÓN	0	

Análisis:

El sistema de bombeo de agua contra incendio de la planta consta de cinco (05) motobombas listadas UL P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207 del sistema contra incendio de 2,500 gpm de caudal nominal cada una, la cual podrá atender el requerimiento mínimo de 10,265 gpm calculado para el escenario de mayor demanda.

La planta cuenta con tres (03) tanques de almacenamiento de agua contra incendios T-48, T-64 y T-75 de 20, 20 y 30 MB de capacidad respectivamente, haciendo un total de 70 MB de agua contra incendios disponible. Dicha capacidad de agua podrá atender la capacidad mínima de 51 MB calculado para el escenario de mayor requerimiento de agua.

Espuma Contra Incendio:

En la Tabla 22.12 se muestra el resumen de los resultados obtenidos del cálculo de requerimiento de espuma mínimo, demandado por el caso de incendio de mayor requerimiento de espuma contra incendio "Incendio en el tanque T-34 (Diesel N°2 S-50)".

Tabla 22.12 Resumen de resultados del cálculo de requerimiento de bombeo y almacenamiento requerido de espuma del SCI.

Caso de incendio	Área afectada	Capacidad de bombeo requerido (gpm)	Capacidad de bombeo disponible (gpm)	Cantidad de agente espumógeno requerido (gal)	Cantidad de agente espumógeno disponible (gal)
Tanque T-34	<ul style="list-style-type: none"> - Tanque T-34 - Tuberías asociadas 	1,560	5,000 ¹⁴	2,808	3,000 ¹⁵

De acuerdo a los resultados obtenidos, la capacidad de bombeo nominal requerida para el flujo de espuma debe ser de 1560 gpm como mínimo para el escenario de incendio de mayor requerimiento de espuma, el cual corresponde al incendio tipo Pool Fire en el tanque de almacenamiento de Diesel N°2 Tanque T-73.

¹⁴ Capacidad de bombeo total disponible de los camiones bombero del sistema contra incendio: Camión pequeño: 2,000 gpm, camión grande: 1,000 gpm.

¹⁵ Capacidad total disponible de agente espumógeno de los camiones bombero del sistema contra incendio: Camión pequeño: 1,000 gal, camión grande: 2,000 gal.

		ESTUDIO DE RIESGOS Y ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE CONTINGENCIAS DE REFINERÍA Y PLANTA DE VENTAS CONCHÁN		RCO-0004-17-S-ER-002	
		ESTUDIO DE RIESGOS DE REFINERIA Y PLANTA DE VENTAS		PÁGINA 326 DE 343	
				FECHA	12-JUL-17
				REVISIÓN	0

Asimismo, se requiere de una reserva mínima de agente espumógeno operativa de 2,808 gal, para una aplicación de treinta (30) minutos.

Análisis:

La planta cuenta con dos camiones bomberos uno pequeño de 2,000 gpm de capacidad de bombeo, y de 1,000 gal de almacenamiento de agente espumógeno; y un camión bombero grande de 3,000 gpm de capacidad de bombeo, y de 2,000 gal de almacenamiento de agente espumógeno.

Para atender la extinción del fuego dado un incendio en el tanque T-34, por la ubicación física del tanque (no se cuenta con tanque bladder en el cubeto del tanque) se tendrá que atacar el incendio con los camiones bomberos que cuenta la instalación.

El bombeo requerido de 1,560 gpm podrá atenderse con cualquiera de los dos camiones, mientras que para cubrir con la demanda de agente espumógeno requerido de 2,808 gal por el incendio se necesitará utilizar la capacidad almacenada por los dos camiones, en total 3,000 gal.

Anexo 3. Informe técnico N°GRF-0003-2018**INFORME TÉCNICO N° GRF-0003-2018**

Asunto: Identificación de condiciones inseguras en Refinería Conchán.

Fecha: Lima, 10 de enero de 2018.

1. OBJETIVO

Dar a conocer una visión general de las condiciones inseguras existentes en la Refinería Conchán, condiciones que han sido identificadas por el Comité Multidisciplinario, nombrado con Hoja de Acción GREF-002-2017 del 9.11.17 y memorando GREF-0726-2017 (14.11.17), en visita de inspección a la Refinería Conchán entre el 20 y 22 de diciembre del 2017. La exposición a riesgos de estas condiciones inseguras, es a la seguridad y salud de los trabajadores, a la integridad del equipo y al ambiente.

2. TRABAJOS EFECTUADOS.

La Sub Gerencia Refinación Conchán brindó, durante toda la inspección, las facilidades y apoyo necesario a esta comisión. Se expuso a la Sub Gerencia, a sus jefaturas y a la jefatura Unidad Ambiental, Seguridad y Salud Ocupacional, el alcance de los trabajos que nos encargó la Gerencia General, el mismo que fue dado a conocer mediante Plan de Trabajo.

A continuación, informamos los trabajos efectuados:

2.1. Inspección visual en campo.

Con el apoyo de personal de inspección de Refinería Conchán, se efectuó inspección visual para identificar condiciones inseguras evidentes, en las siguientes áreas:

- **Procesos:** UDP, Sistema DAF, UDV, Servicios Industriales.
- **Almacenaje:** Patio de Tanques (cota baja, media y alta), Terminal Submarino, sistema de tratamiento de químicos y Sistema de Efluentes.
- **Laboratorio.**
- **HSE.**

2.2. Presentación de resultados.

- Se expuso mediante una exposición de fotografías, a la Sub Gerencia y a las Jefaturas y Unidades, las condiciones inseguras identificadas en las instalaciones industriales, a fin de que tomen conocimiento y ejecuten las acciones que correspondan sobre las condiciones inseguras halladas, mientras se elabora el Informe Final. Se entregó el archivo fotográfico de las condiciones inseguras identificadas.
- Se recibió información, no documentada, de personal de operaciones, mantenimiento y seguridad, que expresan observaciones a situaciones que interfieren, distraen y dificultan el desempeño de su función principal; entre los principales, se puede resaltar:



JUL 5/16/23



Anexo 4. Plan de levantamiento y seguimiento de cierre de condiciones inseguras en la refinería Conchán, Petroperú



**PLAN DE LEVANTAMIENTO
Y SEGUIMIENTO DE CIERRE
DE CONDICIONES
INSEGURAS EN REFINERÍA
CONCHÁN - PETROPERÚ**



AGOSTO 2018



ALVE SOLUTION S.A.C.

ACTUALIZACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES INSEGURAS EN REFINERÍA CONCHÁN – PETROPERÚ

ACTUALIZACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES INSEGURAS EN REFINERÍA CONCHÁN – PETROPERÚ

1. OBJETIVO

Verificar las Condiciones Inseguras en Refinería Conchán in situ, provenientes de; Boletas de Seguridad (desde 2015), Inspecciones de Seguridad (desde 2015), Accidentes (últimos 5 años – Personal Propio), Observaciones provenientes de visitas de OSINERGMIN - OEFA y Solicitudes de Acciones Correctivas – Preventivas (SACP). Para poder contar con la cantidad real a la fecha de dichas Condiciones Inseguras.



ALVE SOLUTION S.A.C.

ACTUALIZACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES INSEGURAS EN REFINERÍA CONCHÁN – PETROPERÚ

PLAN DE LEVANTAMIENTO Y CIERRE DE CONDICIONES INSEGURAS EN REFINERÍA CONCHÁN – PETROPERÚ

1. OBJETIVO

Luego de haber realizado la verificación de las Condiciones Inseguras en Refinería Conchán in situ, provenientes de; Boletas de Seguridad (desde 2015), Inspecciones de Seguridad (desde 2015), Accidentes (últimos 5 años – Personal Propio), Observaciones provenientes de visitas de OSINERGMIN - OEFA y Solicitudes de Acciones Correctivas – Preventivas (SACP), se pudo cuantificar la cantidad real a la fecha de dichas Condiciones Inseguras como consta en el Informe anterior “Informe Situacional de Condiciones Inseguras Pendientes de Cierre en Refinería Conchán”, habiendo un total de 200 pendientes de cierre más 11 (adicionales) después de realizar el levantamiento de 571 al iniciar el Servicio, para así establecer el Plan de Levantamiento, que considera la reagrupación de las mismas según criterios adecuados definidos con la Sub - Gerencia Refinación Conchán y fijar los plazos de cierre.



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
INGENIERÍA

JOMAR FERNANDO MORALES ROSAS <jomoralesr@uni.pe>

Rm: Orden de Trabajo a Terceros N° 4200056404

2 mensajes

Carlos Alberto Zapata Del Rio <czapatar@petroperu.com.pe>
Para: jomoralesr@uni.pe

24 de mayo de 2018, 14:48



Carlos Alberto Zapata del Rio
Jefe Unidad Inspeccion
Jefatura Técnica
Telf.: (01) 614-5000 Anexo: 64130
Cel.: 982221831
Antigua Panamericana Sur Km. 26.5 - Lurín
www.petroperu.com.pe

----- Remitido por Carlos Alberto Zapata Del Rio/PETROPERU con fecha 24/05/2018 14:45 -----

De: Erik Perez Quispe/PETROPERU
Para: "Angel Gabriel Vega de la Cruz" <angelvega1990@hotmail.com>, alvesolution <alvesolutionsac@hotmail.com>
cc: Carlos Alberto Zapata Del Rio/PETROPERU@PETROPERU, Omar Miguel Arevalo (panaqua/PETROPERU@PETROPERU, Guisela Patricia Estrada Rosas/PETROPERU@PETROPERU
Fecha: 03/05/2018 08:38
Asunto: Orden de Trabajo a Terceros N° 4200056404

Estimados Señores del **ALVE SOLUTION S.A.C.**

Adjunto a la presente la Orden de Trabajo a Terceros (OTT), a fin de formalizar contractualmente el servicio de **PLAN DE LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES INSEGURAS DE REFINERÍA CONCHÁN**

Apreciaré que vuestro Representante Legal suscriba la Declaración Jurada y la OTT en el cuadro "TRABAJO ACEPTADO POR" y una vez firmados, remitirlo por esta misma vía para cerrar el expediente de contratación.

Asimismo, requerimos copia del DNI y Vigencia de Poder de la persona que firmará la declaración jurada y OTT, también puede ser remitido por esta misma vía, a fin de facilitar el envío.

Finalmente, la OTT original podrá recogerla en las oficinas de la Coordinación Compras de Refinería Conchán (sito en la Antigua Carretera Panamericana Sur Km. 26.5 Lurín)

A la espera de su pronta respuesta

NOTA: La Orden de Trabajo a Terceros (OTT) se entenderá formalizada y suscrita con el envío de al misma al correo electrónico del proveedor adjudicado



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
INGENIERÍA**

JOMAR FERNANDO MORALES ROSAS <jomoralesr@uni.pe>

Informe de y Levantamiento de Condiciones Inseguras.

1 mensaje

JOMAR FERNANDO MORALES ROSAS <jomoralesr@uni.pe>

4 de julio de 2018, 18:59

Para: czapatar@petroperu.com.pe

Cc: oarevalo@petroperu.com.pe, angelvega1990@hotmail.com

Cco: renzo paez mendizabal <renzojpm@hotmail.com>

Ing. Zapata, buenas tardes.

Remito para su revisión Informe de Levantamiento de Condiciones Inseguras en Refinería Conchán en relación al Servicio con Número de OTT 4200056404.

Sin otro particular, quedo de usted.

Saludos Cordiales

Jomar Morales Rosas
Responsable del Servicio.



INFORME LEVANTAMIENTO CONDICIONES INSEGURAS REFCON.pdf
6205K

Anexo 5. Acta de culminación de sesiones de estudio de riesgos

Lima, 29 de diciembre de 2021

**ACTA DE CULMINACIÓN DE SESIONES
DE ESTUDIO DE RIESGOS**

Mediante la presente misiva se dan por concluidas las sesiones llevadas a cabo a cargo del Sr. Jomar Fernando Morales Rosas identificado con número de DNI: 46320228, Líder de equipo multidisciplinario de las sesiones HAZOP y FMEA, para el análisis de fallas del sistema contra incendio de Refinería Conchán. Se llevaron a cabo once sesiones de aproximadamente tres horas cada una, comprendidas entre los meses de julio a diciembre del presente año, por la plataforma zoom, en horarios y días acorde a las posibilidades de los integrantes del equipo multidisciplinario.

Es importante resaltar el profesionalismo y competencia del líder de las sesiones para llevar a cabo el presente estudio de riesgos, que contribuirá en la mejora continua, tanto en la seguridad como en las operaciones del sistema contra incendio.

Se expide el presente documento a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Atentamente.



Omar Caamaño Pachas
FICHA 55079
Jefe de Seguridad

Anexo 6. Certificado de validez de contenido del instrumento que mide las variables descriptivas; tanque de agua contra incendio, bomba de agua contra incendio, sistema de extinción con espuma contra incendio, válvula, rociador, indicador de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanque bladder y cámara de espuma.

Señor juez o experto, se requiere su colaboración para determinar la validez de contenido del instrumento registro, usted puede sugerir retirar ítems, incorporar ítems o cambiar el contenido de un ítem. Se agradece por su colaboración.

Nº	Variables Descriptivas / ítems	Relevancia ¹		Representatividad ²		Claridad ³		Sugerencias / Observaciones
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
X1: Tanque de agua contra incendio								
1	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua hacia los tanques; 48, 64 y 75?							
2	¿Cuánto es la temperatura promedio del agua en verano, otoño, invierno y primavera?							
3	¿Cuánto es la presión en el tanque de agua?							
4	¿Cuánto es el nivel promedio de agua del tanque?							
5	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques; 48, 64 y 75 de agua?							
6	¿Cuál es el estado del agua y de los tanques de agua; 48, 64 y 75?							

X2: Bomba de agua contra incendio								
7	¿Cuánto es el caudal de trabajo de las bombas P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?							
8	¿Cuánto es la presión de trabajo de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?							
9	¿Cuáles son los fallos de servicio de las bombas de agua contra incendio?							
10	¿Cuál es el estado de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?							
X3: Sistema de extinción con espuma contra incendio								
11	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua de hacia los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?							
12	¿Cuánto es la temperatura promedio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04 en las estaciones del año?							
13	¿Cuánto es la presión de trabajo de los tanques bladder;							

	PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?							
14	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?							
15	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?							
X4: Válvula								
16	¿Cuáles son las averías de las 31 válvulas?							
17	¿Cuál es el estado de las 31 válvulas?							
X5: Rociador								
18	¿Cuáles son las averías de los 1497 rociadores?							
19	¿Cuál es el estado de los 1497 rociadores?							
X6: Indicador de nivel de agua								
20	¿Cuáles son los fallos de servicio de los 3 indicadores de nivel de agua?							
X7: Red de tubería de agua contra incendio								
21	¿Dónde se presentan las fugas de agua?							
22	¿Cuáles son los fallos de servicio de							

	la red de agua contra incendio?							
X8: Tanque bladder								
23	¿Cuáles son las averías de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?							
24	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?							
X9: Cámara de espuma								
25	¿Cuál es el estado de las 92 cámaras de espuma?							

Observaciones (precisar si hay observaciones):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Ing.:

DNI:

Especialidad del validador:

.....
Firma

¹**Relevancia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Representatividad:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la variable descriptiva

15 de julio de 2021

Juez 1. Certificado de validez de contenido del instrumento que mide las variables descriptivas; tanque de agua contra incendio, bomba de agua contra incendio, sistema de extinción con espuma contra incendio, válvula, rociador, indicador de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanque bladder y cámara de espuma.

Señor juez o experto, se requiere su colaboración para determinar la validez de contenido del instrumento registro, usted puede sugerir retirar ítems, incorporar ítems o cambiar el contenido de un ítem. Se agradece por su colaboración.

Nº	Variables Descriptivas / ítems	Relevancia ¹		Representatividad ²		Claridad ³		Sugerencias / Observaciones
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
X1: Tanque de agua contra incendio								
1	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua hacia los tanques; 48, 64 y 75?	x		x		x		
2	¿Cuánto es la temperatura promedio del agua en verano, otoño, invierno y primavera?	x		x		x		
3	¿Cuánto es la presión en el tanque de agua?	x		x		x		
4	¿Cuánto es el nivel promedio de agua del tanque?	x		x		x		
5	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques; 48, 64 y 75 de agua?	x		x		x		
6	¿Cuál es el estado del agua y de los tanques de agua; 48, 64 y 75?	x		x		x		
X2: Bomba de agua contra incendio								



7	¿Cuánto es el caudal de trabajo de las bombas P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
8	¿Cuánto es la presión de trabajo de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
9	¿Cuáles son los fallos de servicio de las bombas de agua contra incendio?	x		x		x		
10	¿Cuál es el estado de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
X3: Sistema de extinción con espuma contra incendio								
11	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua de hacia los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
12	¿Cuánto es la temperatura promedio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04 en las estaciones del año?	x		x		x		
13	¿Cuánto es la presión de trabajo de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		



14	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
15	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
X4: Válvula								
16	¿Cuáles son las averías de las 31 válvulas?	x		x		x		
17	¿Cuál es el estado de las 31 válvulas?	x		x		x		
X5: Rociador								
18	¿Cuáles son las averías de los 1497 rociadores?	x		x		x		
19	¿Cuál es el estado de los 1497 rociadores?	x		x		x		
X6: Indicador de nivel de agua								
20	¿Cuáles son los fallos de servicio de los 3 indicadores de nivel de agua?	x		x		x		
X7: Red de tubería de agua contra incendio								
21	¿Dónde se presentan las fugas de agua?	x		x		x		
22	¿Cuáles son los fallos de servicio de la red de agua contra incendio?	x		x		x		



X8: Tanque bladder							
23	¿Cuáles son las averías de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x	
24	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x	
X9: Cámara de espuma							
25	¿Cuál es el estado de las 92 cámaras de espuma?	x		x		x	

Observaciones (precisar si hay observaciones):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Ing.: Caamaño Pachas Omar Néstor

DNI: 09580047

Especialidad del validador: Jefatura de Seguridad y Contra Incendios en Refinerías de Petroleos del Perú - PETROPERU

.....
Firma

¹**Relevancia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Representatividad:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la variable descriptiva

15 de julio de 2021



Firmado digitalmente por:
CAAMAÑO PACHAS Omar
Nestor FAU 20100128218 soft
Motivo: Soy el autor del documento

Juez 2. Certificado de validez de contenido del instrumento que mide las variables descriptivas; tanque de agua contra incendio, bomba de agua contra incendio, sistema de extinción con espuma contra incendio, válvula, rociador, indicador de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanque bladder y cámara de espuma.

Señor juez o experto, se requiere su colaboración para determinar la validez de contenido del instrumento registro, usted puede sugerir retirar ítems, incorporar ítems o cambiar el contenido de un ítem. Se agradece por su colaboración.

N°	Variables Descriptivas / ítems	Relevancia ¹		Representatividad ²		Claridad ³		Sugerencias / Observaciones
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
X1: Tanque de agua contra incendio								
1	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua hacia los tanques; 48, 64 y 75?	x		x		x		
2	¿Cuánto es la temperatura promedio del agua en verano, otoño, invierno y primavera?	x		x		x		
3	¿Cuánto es la presión en el tanque de agua?	x		x		x		
4	¿Cuánto es el nivel promedio de agua del tanque?	x		x		x		
5	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques; 48, 64 y 75 de agua?	x		x		x		
6	¿Cuál es el estado del agua y de los tanques de agua; 48, 64 y 75?	x		x		x		
X2: Bomba de agua contra incendio								

7	¿Cuánto es el caudal de trabajo de las bombas P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
8	¿Cuánto es la presión de trabajo de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
9	¿Cuáles son los fallos de servicio de las bombas de agua contra incendio?	x		x		x		
10	¿Cuál es el estado de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
X3: Sistema de extinción con espuma contra incendio								
11	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua de hacia los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
12	¿Cuánto es la temperatura promedio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04 en las estaciones del año?	x		x		x		
13	¿Cuánto es la presión de trabajo de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		

14	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
15	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
X4: Válvula								
16	¿Cuáles son las averías de las 31 válvulas?	x		x		x		
17	¿Cuál es el estado de las 31 válvulas?	x		x		x		
X5: Rociador								
18	¿Cuáles son las averías de los 1497 rociadores?	x		x		x		
19	¿Cuál es el estado de los 1497 rociadores?	x		x		x		
X6: Indicador de nivel de agua								
20	¿Cuáles son los fallos de servicio de los 3 indicadores de nivel de agua?	x		x		x		
X7: Red de tubería de agua contra incendio								
21	¿Dónde se presentan las fugas de agua?	x		x		x		
22	¿Cuáles son los fallos de servicio de la red de agua contra incendio?	x		x		x		

X8: Tanque bladder							
23	¿Cuáles son las averías de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x	
24	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x	
X9: Cámara de espuma							
25	¿Cuál es el estado de las 92 cámaras de espuma?	x		x		x	

Observaciones (precisar si hay observaciones):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Ing.: Vargas Rivas Cesar Antonio

DNI: 72885254

Especialidad del validador: Supervisor de Seguridad y Contra Incendios en Refinerías de Petroleos del Perú - PETROPERU



.....
Firma
CIP. 194545

¹**Relevancia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Representatividad:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la variable descriptiva

15 de julio de 2021

Juez 3. Certificado de validez de contenido del instrumento que mide las variables descriptivas; tanque de agua contra incendio, bomba de agua contra incendio, sistema de extinción con espuma contra incendio, válvula, rociador, indicador de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanque bladder y cámara de espuma.

Señor juez o experto, se requiere su colaboración para determinar la validez de contenido del instrumento registro, usted puede sugerir retirar ítems, incorporar ítems o cambiar el contenido de un ítem. Se agradece por su colaboración.

Nº	Variables Descriptivas / ítems	Relevancia ¹		Representatividad ²		Claridad ³		Sugerencias / Observaciones
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
X1: Tanque de agua contra incendio								
1	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua hacia los tanques; 48, 64 y 75?	x		x		x		
2	¿Cuánto es la temperatura promedio del agua en verano, otoño, invierno y primavera?	x		x		x		
3	¿Cuánto es la presión en el tanque de agua?	x		x		x		
4	¿Cuánto es el nivel promedio de agua del tanque?	x		x		x		
5	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques; 48, 64 y 75 de agua?	x		x		x		
6	¿Cuál es el estado del agua y de los tanques de agua; 48, 64 y 75?	x		x		x		
X2: Bomba de agua contra incendio								

7	¿Cuánto es el caudal de trabajo de las bombas P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
8	¿Cuánto es la presión de trabajo de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
9	¿Cuáles son los fallos de servicio de las bombas de agua contra incendio?	x		x		x		
10	¿Cuál es el estado de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
X3: Sistema de extinción con espuma contra incendio								
11	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua de hacia los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
12	¿Cuánto es la temperatura promedio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04 en las estaciones del año?	x		x		x		
13	¿Cuánto es la presión de trabajo de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		

14	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
15	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
X4: Válvula								
16	¿Cuáles son las averías de las 31 válvulas?	x		x		x		
17	¿Cuál es el estado de las 31 válvulas?	x		x		x		
X5: Rociador								
18	¿Cuáles son las averías de los 1497 rociadores?	x		x		x		
19	¿Cuál es el estado de los 1497 rociadores?	x		x		x		
X6: Indicador de nivel de agua								
20	¿Cuáles son los fallos de servicio de los 3 indicadores de nivel de agua?	x		x		x		
X7: Red de tubería de agua contra incendio								
21	¿Dónde se presentan las fugas de agua?	x		x		x		
22	¿Cuáles son los fallos de servicio de la red de agua contra incendio?	x		x		x		

X8: Tanque bladder							
23	¿Cuáles son las averías de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x	
24	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x	
X9: Cámara de espuma							
25	¿Cuál es el estado de las 92 cámaras de espuma?	x		x		x	

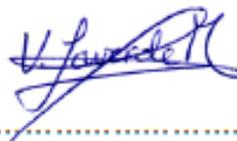
Observaciones (precisar si hay observaciones):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Ing.: Laverde Milla Víctor Manuel

DNI: 09618158

Especialidad del validador: Especialista en Gestión de Maquinaria, Mantenimiento, Servicio Técnico y Post Venta. Capacitador y Gestor de MYPEs, formación en Ingeniería Mecánica-UNI



.....
Firma

¹**Relevancia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Representatividad:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la variable descriptiva

15 de julio de 2021

Juez 4. Certificado de validez de contenido del instrumento que mide las variables descriptivas; tanque de agua contra incendio, bomba de agua contra incendio, sistema de extinción con espuma contra incendio, válvula, rociador, indicador de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanque bladder y cámara de espuma.

Señor juez o experto, se requiere su colaboración para determinar la validez de contenido del instrumento registro, usted puede sugerir retirar ítems, incorporar ítems o cambiar el contenido de un ítem. Se agradece por su colaboración.

Nº	Variables Descriptivas / ítems	Relevancia ¹		Representatividad ²		Claridad ³		Sugerencias / Observaciones
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
X1: Tanque de agua contra incendio								
1	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua hacia los tanques; 48, 64 y 75?	x		x		x		
2	¿Cuánto es la temperatura promedio del agua en verano, otoño, invierno y primavera?	x		x		x		
3	¿Cuánto es la presión en el tanque de agua?	x		x		x		
4	¿Cuánto es el nivel promedio de agua del tanque?	x		x		x		
5	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques; 48, 64 y 75 de agua?	x		x		x		
6	¿Cuál es el estado del agua y de los tanques de agua; 48, 64 y 75?	x		x		x		
X2: Bomba de agua contra incendio								

7	¿Cuánto es el caudal de trabajo de las bombas P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
8	¿Cuánto es la presión de trabajo de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
9	¿Cuáles son los fallos de servicio de las bombas de agua contra incendio?	x		x		x		
10	¿Cuál es el estado de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
X3: Sistema de extinción con espuma contra incendio								
11	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua de hacia los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
12	¿Cuánto es la temperatura promedio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04 en las estaciones del año?	x		x		x		
13	¿Cuánto es la presión de trabajo de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		

14	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
15	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
X4: Válvula								
16	¿Cuáles son las averías de las 31 válvulas?	x		x		x		
17	¿Cuál es el estado de las 31 válvulas?	x		x		x		
X5: Rociador								
18	¿Cuáles son las averías de los 1497 rociadores?	x		x		x		
19	¿Cuál es el estado de los 1497 rociadores?	x		x		x		
X6: Indicador de nivel de agua								
20	¿Cuáles son los fallos de servicio de los 3 indicadores de nivel de agua?	x		x		x		
X7: Red de tubería de agua contra incendio								
21	¿Dónde se presentan las fugas de agua?	x		x		x		
22	¿Cuáles son los fallos de servicio de la red de agua contra incendio?	x		x		x		

X8: Tanque bladder							
23	¿Cuáles son las averías de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x	
24	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x	
X9: Cámara de espuma							
25	¿Cuál es el estado de las 92 cámaras de espuma?	x		x		x	

Observaciones (precisar si hay observaciones):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Ing.: Kevin Orlando Navarro Gutierrez

DNI: 70864150

Especialidad del validador: Ingeniero de proyectos electromecánicos/Docente universitario



 Firma

¹**Relevancia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Representatividad:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la variable descriptiva

15 de julio de 2021

Juez 5. Certificado de validez de contenido del instrumento que mide las variables descriptivas; tanque de agua contra incendio, bomba de agua contra incendio, sistema de extinción con espuma contra incendio, válvula, rociador, indicador de nivel de agua, red de tubería de agua contra incendio, tanque bladder y cámara de espuma.

Señor juez o experto, se requiere su colaboración para determinar la validez de contenido del instrumento registro, usted puede sugerir retirar ítems, incorporar ítems o cambiar el contenido de un ítem. Se agradece por su colaboración.

Nº	Variables Descriptivas / ítems	Relevancia ¹		Representatividad ²		Claridad ³		Sugerencias / Observaciones
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
X1: Tanque de agua contra incendio								
1	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua hacia los tanques; 48, 64 y 75?	x		x		x		
2	¿Cuánto es la temperatura promedio del agua en verano, otoño, invierno y primavera?	x		x		x		
3	¿Cuánto es la presión en el tanque de agua?	x		x		x		
4	¿Cuánto es el nivel promedio de agua del tanque?	x		x		x		
5	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques; 48, 64 y 75 de agua?	x		x		x		
6	¿Cuál es el estado del agua y de los tanques de agua; 48, 64 y 75?	x		x		x		
X2: Bomba de agua contra incendio								

7	¿Cuánto es el caudal de trabajo de las bombas P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
8	¿Cuánto es la presión de trabajo de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
9	¿Cuáles son los fallos de servicio de las bombas de agua contra incendio?	x		x		x		
10	¿Cuál es el estado de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	x		x		x		
X3: Sistema de extinción con espuma contra incendio								
11	¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua de hacia los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
12	¿Cuánto es la temperatura promedio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04 en las estaciones del año?	x		x		x		
13	¿Cuánto es la presión de trabajo de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		

14	¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
15	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x		
X4: Válvula								
16	¿Cuáles son las averías de las 31 válvulas?	x		x		x		
17	¿Cuál es el estado de las 31 válvulas?	x		x		x		
X5: Rociador								
18	¿Cuáles son las averías de los 1497 rociadores?	x		x		x		
19	¿Cuál es el estado de los 1497 rociadores?	x		x		x		
X6: Indicador de nivel de agua								
20	¿Cuáles son los fallos de servicio de los 3 indicadores de nivel de agua?	x		x		x		
X7: Red de tubería de agua contra incendio								
21	¿Dónde se presentan las fugas de agua?	x		x		x		
22	¿Cuáles son los fallos de servicio de la red de agua contra incendio?	x		x		x		

X8: Tanque bladder							
23	¿Cuáles son las averías de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x	
24	¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	x		x		x	
X9: Cámara de espuma							
25	¿Cuál es el estado de las 92 cámaras de espuma?	x		x		x	

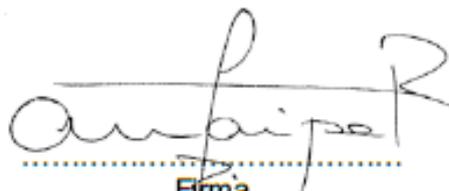
Observaciones (precisar si hay observaciones):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Ing.: Javier Enrique Taípe Rojas

DNI: 10343176

Especialidad del validador: Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial. Docente del Curso Prevención y Control de Incendios. Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional de la PMO – Dohwa – Kun Won Engineering



.....
Firma

¹**Relevancia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Representatividad:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la variable descriptiva

15 de julio de 2021

Anexo 7. Cálculo de la V de Aiken**Valores**

Totalmente de acuerdo	1
De acuerdo	0.75
Neutral	0.50
Desacuerdo	0.25
Totalmente en desacuerdo	0
n	25

										Intervalo de Confianza	
		Juez 1	Juez 2	Juez 3	Juez 4	Juez 5	Media	V de Aiken	Interpretación V	Inferior	Superior
¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua hacia los tanques; 48, 64 y 75?	Relevancia	1	1	1	0.75	1	0.95	0.95	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.75	1	1	0.75	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	0.50	1	0.50	1	1	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuánto es la temperatura promedio del agua en verano, otoño, invierno y primavera?	Relevancia	0.75	1	1	0.75	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	0.75	1	1	0.95	0.95	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0.75	1	1	0.75	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuánto es la presión en el tanque de agua?	Relevancia	1	1	0.50	1	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0.75	1	1	1	1	0.95	0.95	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	0.75	0.75	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuánto es el nivel promedio de agua del tanque?	Relevancia	1	0.75	1	0.75	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.50	1	0.50	1	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0.75	0.75	1	0.75	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques; 48, 64 y 75 de agua?	Relevancia	1	1	0.50	1	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0.75	1	0.75	0.75	1	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0.75	1	1	0.75	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuál es el estado del agua y de los tanques de agua; 48, 64 y 75?	Relevancia	0.75	1	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.50	1	0.50	1	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0.75	1	0.75	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00

¿Cuánto es el caudal de trabajo de las bombas P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	Relevancia	0.75	1	1	1	1	0.95	0.95	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.75	1	0.75	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	0.50	1	0.75	1	1	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuánto es la presión de trabajo de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	Relevancia	1	1	0.50	1	0.50	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0.75	1	1	0.50	1	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0.75	1	0.75	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuáles son los fallos de servicio de las bombas de agua contra incendio?	Relevancia	1	0.50	1	0.50	1	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0.75	0.75	0.75	1	1	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	0.75	0.75	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuál es el estado de las bombas; P-201, P-202, P-203, P-205 y P-207?	Relevancia	1	0.50	1	1	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.75	1	0.75	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	0.75	1	1	1	0.75	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuánto es el caudal de ingreso de agua de hacia los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	Relevancia	1	1	1	0.50	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.75	0.75	1	0.75	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	0.75	1	1	0.50	1	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuánto es la temperatura promedio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04 en las	Relevancia	1	0.50	1	0.50	1	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.75	1	0.75	0.75	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	0.75	1	0.75	1	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuánto es la presión de trabajo de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	Relevancia	0.50	1	1	0.75	1	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.75	1	1	1	0.95	0.95	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	0.75	1	1	0.75	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuáles son los fallos de servicio de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	Relevancia	1	1	0.75	1	1	0.95	0.95	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0.75	0.75	1	1	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	0.75	0.75	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	Relevancia	1	1	0.75	1	1	0.95	0.95	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0.75	1	0.50	1	0.75	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	0.75	1	1	0.95	0.95	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuáles son las averías de las 31 válvulas?	Relevancia	0.75	1	1	0.50	1	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.75	0.75	1	0.75	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00

	Claridad	1	1	0.50	1	0.50	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuál es el estado de las 31 válvulas?	Relevancia	0.75	0.75	1	1	0.75	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	0.75	1	1	0.95	0.95	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0.50	1	1	0.50	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuáles son las averías de los 1497 rociadores?	Relevancia	1	0.75	1	0.75	0.75	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0.75	1	1	0.50	1	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0.50	0.50	1	1	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuál es el estado de los 1497 rociadores?	Relevancia	0.75	1	0.75	1	0.75	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.75	1	0.75	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	0.50	1	1	0.50	1	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuáles son los fallos de servicio de los 3 indicadores de nivel de agua?	Relevancia	0.75	1	0.75	0.75	1	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.75	1	1	0.75	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	0.75	1	0.75	1	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Dónde se presentan las fugas de agua?	Relevancia	1	0.50	1	0.50	1	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0.75	0.75	0.75	1	1	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0.75	1	1	0.75	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuáles son los fallos de servicio de la red de agua contra incendio?	Relevancia	1	0.50	1	1	0.50	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.75	1	0.75	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	0.75	1	0.75	1	0.75	0.85	0.85	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuáles son las averías de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	Relevancia	1	1	1	0.50	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0.75	0.75	1	1	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	0.75	0.75	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuál es el estado de los tanques bladder; PFE-01, PFE-02, PFE-03, PFE-04?	Relevancia	0.75	1	0.75	1	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0.75	1	1	1	0.75	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0.50	1	0.50	1	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
¿Cuál es el estado de las 92 cámaras de espuma?	Relevancia	1	1	0.75	0.75	1	0.90	0.90	VÁLIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0.75	1	1	1	0.95	0.95	VÁLIDO	0.57	1.00
	Claridad	0.75	1	0.50	1	0.75	0.80	0.80	VÁLIDO	0.57	1.00
V de Aiken								0.87	VÁLIDO		

Anexo 8. Tablas para el procesamiento y análisis de información**Tabla 19***Matriz para la metodología HAZOP*

Nodo	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Figura

Tabla 20*Matriz para la metodología FMEA*

1	2	3	4	5	6	7	8	
Accesorio	Código	Función	Modo	Causa	Efecto o consecuencia	Ratio fallo esperado	Comentario recomendación	Figura

Tabla 21*Esquema de cronograma para reuniones con el equipo multidisciplinario*

N°	Fecha	Sesión	Tema	Horas	Asistentes

Tabla 22*Cuantificación de peligros y estimación de riesgos*

Peligro y Riesgo detectado	Nivel de Probabilidad	Nivel de Severidad	Riesgo	Nivel de riesgo

Tabla 26*Resumen de riesgos detectados por HAZOP y FMEA*

Nivel de riesgo	Tolerancia	n	%
Extremo	Inaceptable		
Alto	Significativo		
Moderado	Tolerable		
Bajo	No significativo		
Total			

Anexo 9. Panel de fotografías**Figura 36**

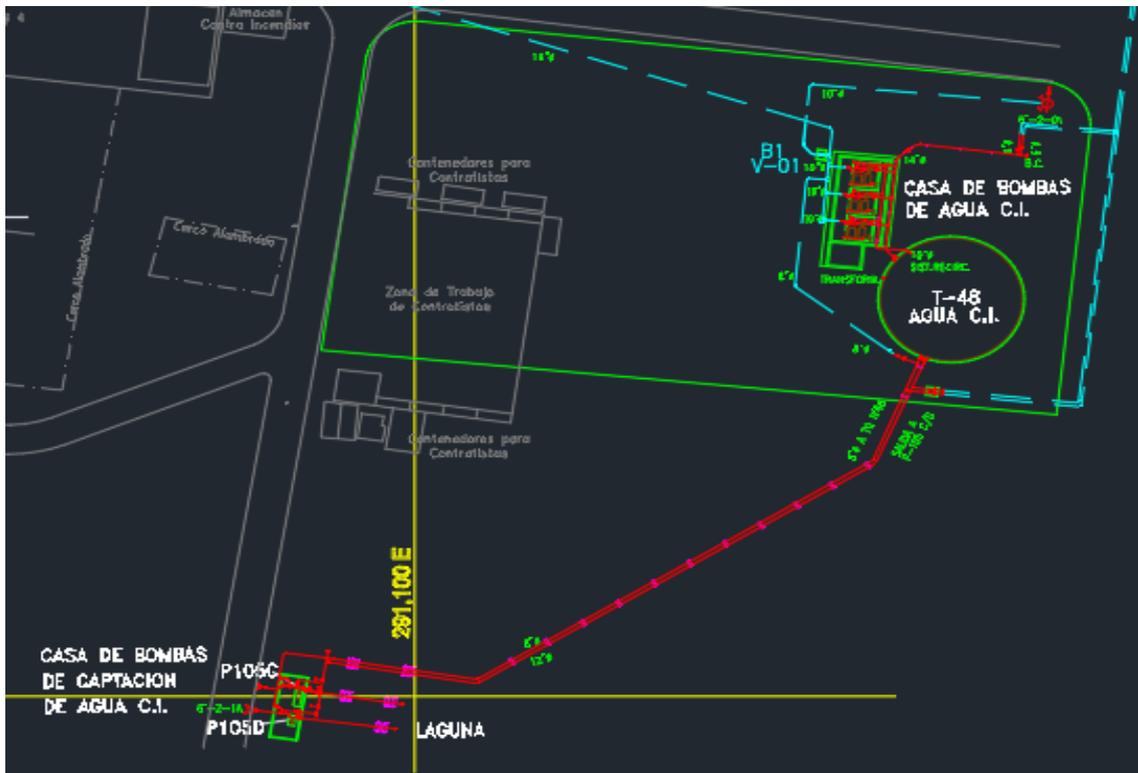
Red de tuberías que abastecen agua de laguna a tanques contra incendio



Nota: Foto registrada del sistema de captación de agua de la laguna, utilizado para el sistema contra incendio de la refinería. A la derecha se observa los hornos de destilación de hidrocarburos, de la planta de procesos de refinería Conchán.

Figura 37

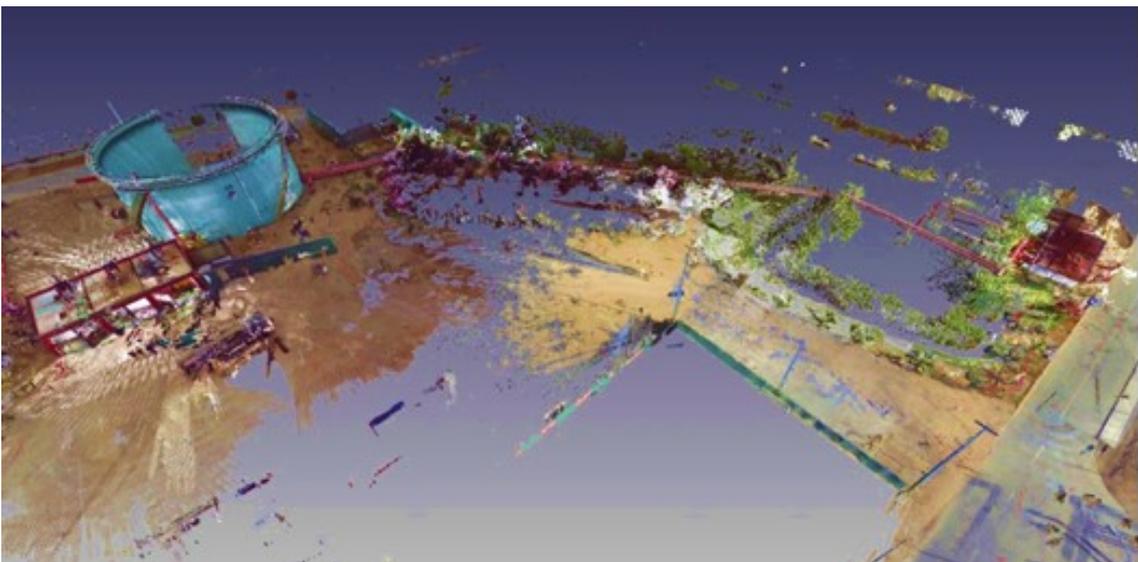
Vista de planta: Casa de bombas de captación de agua contra incendio, laguna, tanque a agua tk-48 y casa de bombas de agua contra incendio



Fuente: Petroperú (2017)

Figura 38

Vista panorámica: Casa de bombas C.I. Tanque de agua tk-48, Laguna y casa de bombas de captación de agua



Fuente: Petroperú (2017)

Figura 39

Líneas de entrada y salida de llenado de tanque de agua tk-48

**Figura 40**

Vista de tanque de agua tk-48

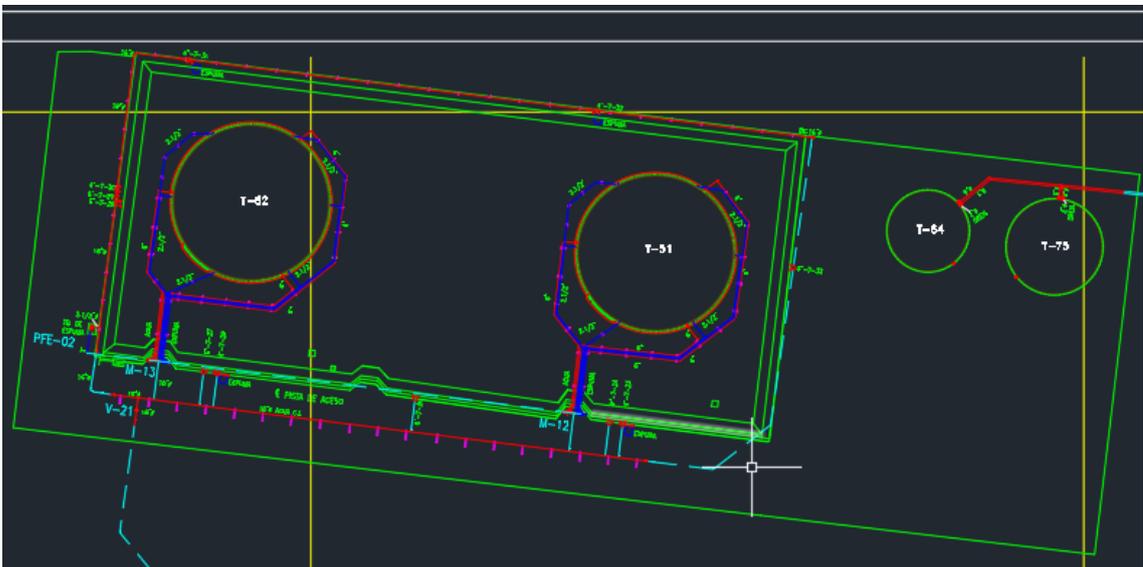


Figura 41

Vista de tanque de agua tk-64 y tk-75

**Figura 42**

Vista de planta: tanques de almacenamiento de hidrocarburo tk-51 y tk-52 junto a tanques de agua tk-64 y tk-75 de la cota superior.



Fuente: Petroperú (2017)

Figura 43

Vista de venteo de tanque de agua tk-64

**Figura 44**

Vista de regleta de tanque de agua tk-64



Figura 45

Soporte de regleta de tanque de agua tk-48

**Figura 46**

Sistema de válvulas de cierre rápido



Fuente: Bermad global & subsidiaries (2023)

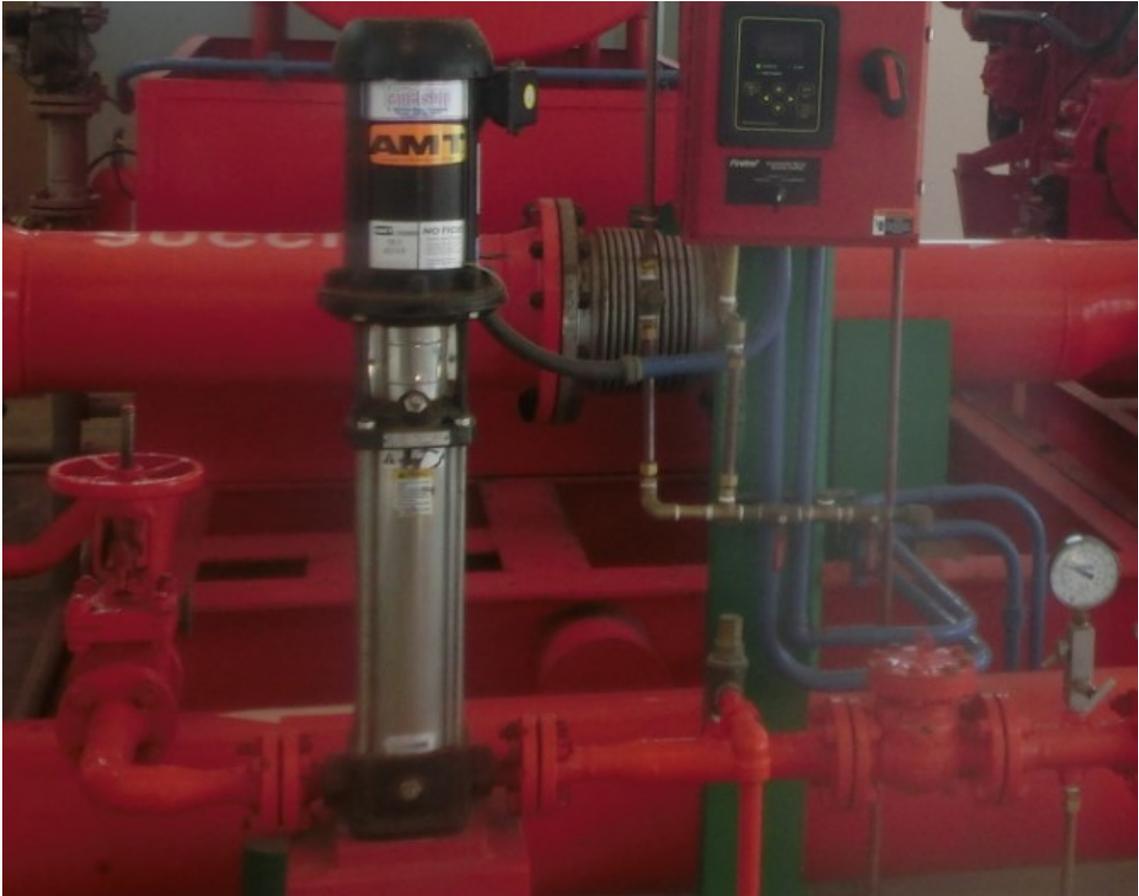
Figura 47*Bomba jockey*

Figura 48*Bomba jockey*

Figura 49

Manómetro de bomba jockey indicando 150 psig



Figura 50

Bomba contra incendio P-201



Figura 51*Bomba contra incendio P-202*

Figura 52

Bomba contra incendio P-203



Figura 53

Bomba contra incendio P-205



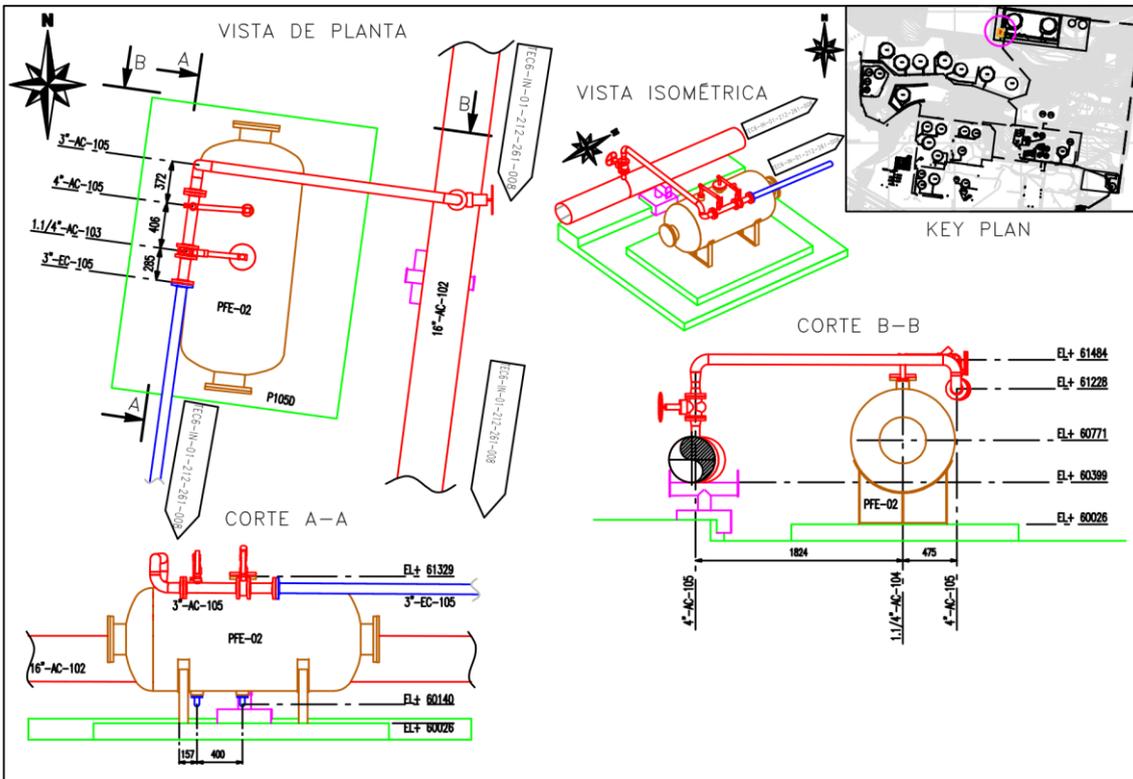
Figura 54

Bomba contra incendio P-207



Figura 55

Esquema de tanque bladder PFE-02



Fuente: Petroperú (2017)

Figura 56

Tanque bladder PFE-02



Figura 57

Tanque bladder PFE-03



Figura 58

Tanque bladder PFE-04

**Figura 59**

Cámaras de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-52



Figura 60

Válvula reductora de presión y caudal



Fuente: Texin (2023)

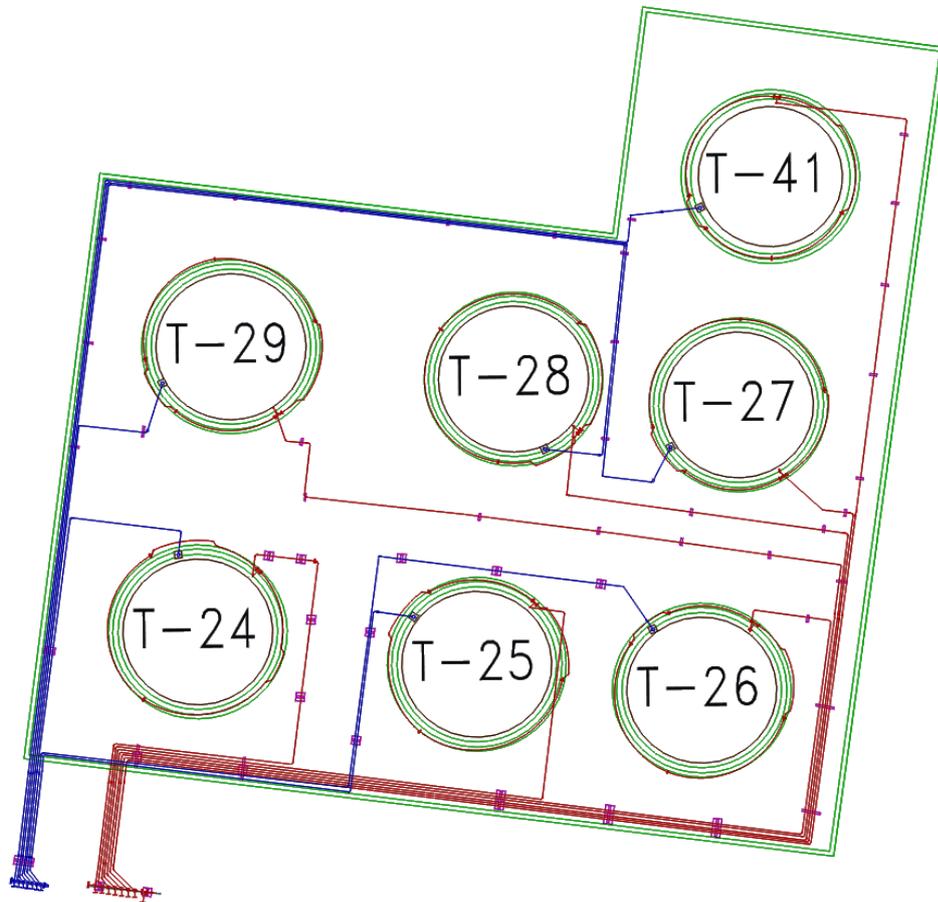
Figura 61

Manifold de válvulas de agua, de tanques de almacenamiento de combustible; tk-24, tk-25, tk-26, tk-27, tk-28, tk-29 y tk-41



Figura 62

Vista de planta de válvulas y tanques de almacenamiento de combustible; tk-24, tk-25, tk-26, tk-27, tk-28, tk-29 y tk-41



Fuente: Petroperú (2017)

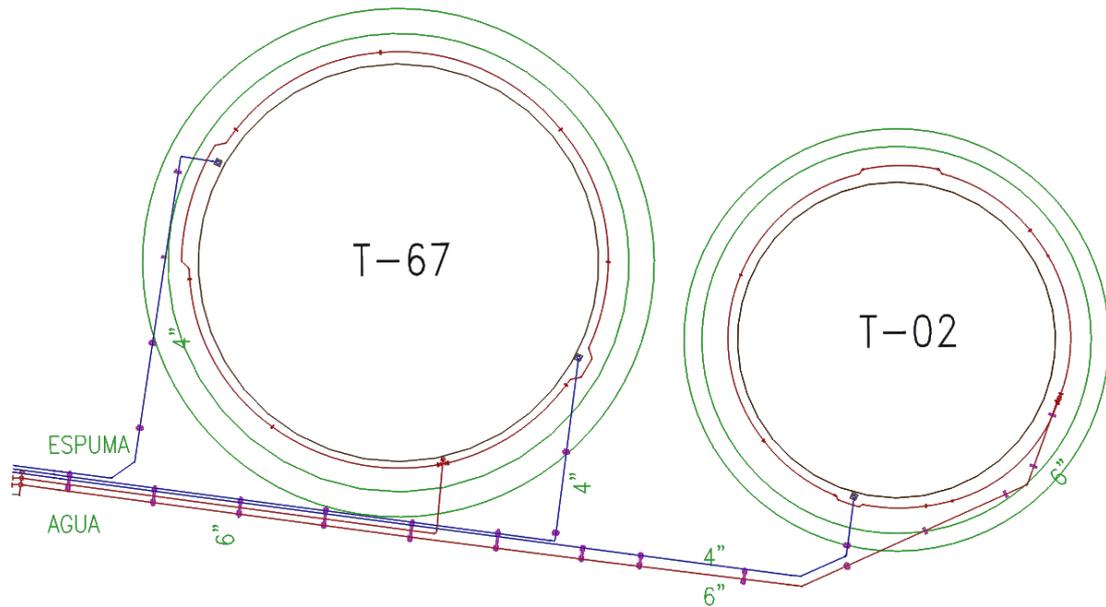
Figura 63

Válvulas de tanques de almacenamiento de hidrocarburo; tk-2, y tk-67



Figura 64

Vista de planta de válvulas y tanques de almacenamiento de hidrocarburo; tk-2, y tk-67.



Fuente: Petroperú (2017).

Figura 65

Válvulas de apertura de concentrado de espuma de tanque bladder PFE-01, hacia manifold de tanques de almacenamiento de combustible; tk-24, tk-25, tk-26, tk-27, tk-28, tk-29 y tk-41



Figura 66

Vista de planta de válvulas de apertura de concentrado de espuma de tanque bladder PFE-01, hacia manifold de tanques de almacenamiento de combustible; tk-24, tk-25, tk-26, tk-27, tk-28, tk-29 y tk-41

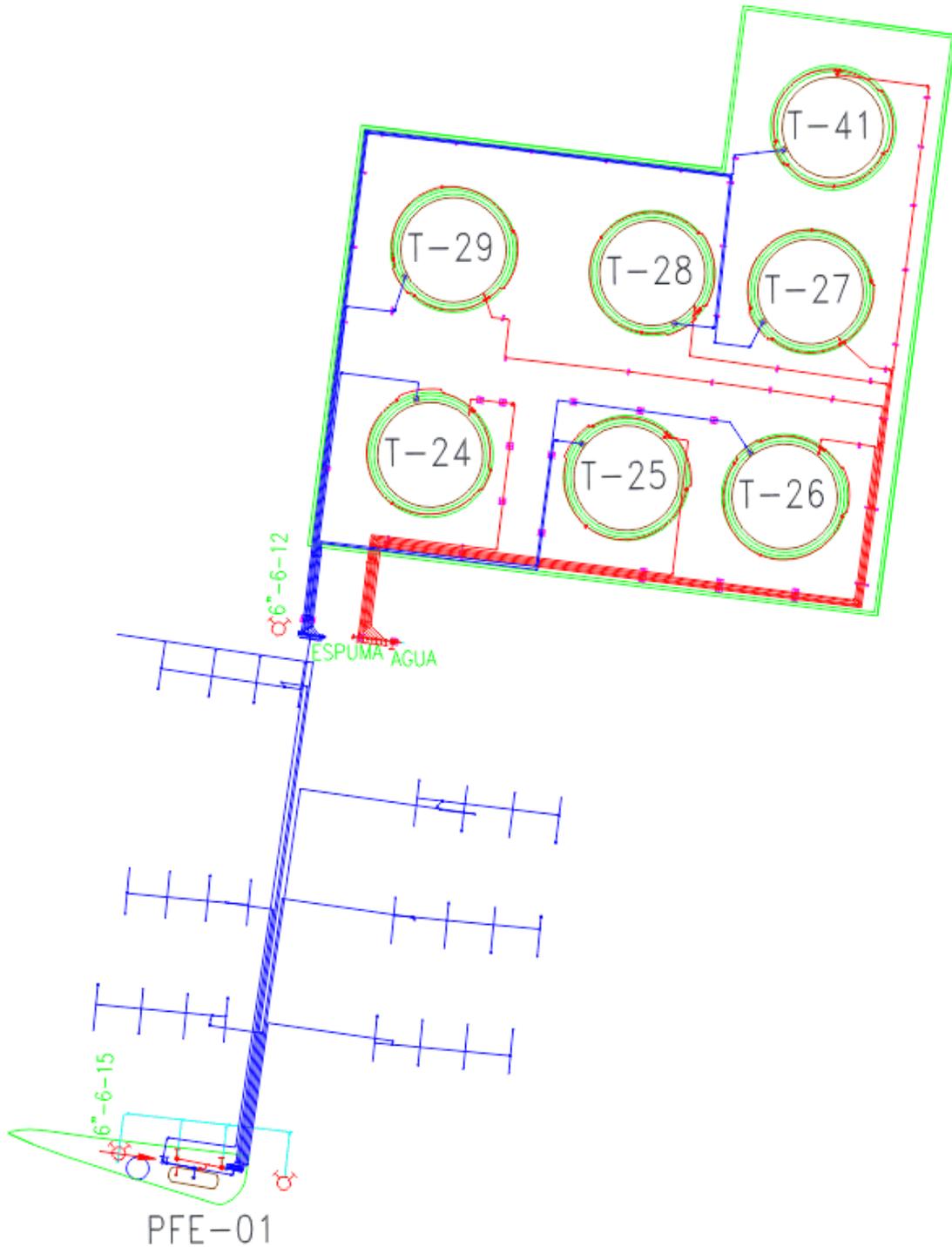


Figura 67

Manifold de válvulas de concentrado de espuma de tanques de almacenamiento de combustible; tk-24, tk-25, tk-26, tk-27, tk-28, tk-29 y tk-41



Figura 68

Válvulas de apertura de concentrado de espuma de manifold de islas de despacho de combustible



Figura 69

Rociador de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-54



Figura 70

Rociador de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-55



Figura 71

Rociador de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-67



Figura 72

Rociador de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-67



Figura 73

Soporte de regleta de tanque de agua tk-48



Figura 74

Indicador de nivel de agua de regleta de tanque de agua tk-48



Figura 75

Soporte de regleta de tanque de agua tk-64



Figura 76

Tubería de transporte de concentrado de espuma, de red contra incendio de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-2



Figura 77

Tubería de transporte de concentrado de espuma, de red contra incendio de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-31



Figura 78

Tubería de transporte de agua, de red contra incendio hacia roicadores de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-32



Figura 79

Tubería de transporte de agua, de red contra incendio hacia roicadores de tanques de almacenamiento de combustible; tk-24, tk-25, tk-26, tk-27, tk-28, tk-29 y tk-41



Figura 80

Tubería de transporte de agua, de red contra incendio hacia roicadores de tanques de almacenamiento de hidrocarburo; tk-5, tk-8 y tk-49

**Figura 81**

Tubería de transporte de agua, de red contra incendio hacia roicadores de tanques de almacenamiento de hidrocarburo; tk-31 y tk-32



Figura 82

Tubería de transporte de concentrado de espuma, de red contra incendio de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-46



Figura 83

Tuberías de transporte de concentrado de espuma, de red contra incendio de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-50



Figura 84

Tubería de transporte de agua, de red contra incendio de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-7

**Figura 85**

Tubería de transporte de agua, de red contra incendio hacia roicadores de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-55



Figura 86

Tubería de transporte de agua, de red contra incendio hacia roicadores de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-60

**Figura 87**

Tubería de transporte de concentrado de espuma hacia cámara de espuma, de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-60



Figura 90

Sistema dosificador proporcionador de espuma de tanque bladder PFE-01



Figura 91

Sistema dosificador proporcionador de espuma de tanque bladder PFE-01



Figura 92

Sistema dosificador proporcionador de espuma de tanque bladder PFE-02



Figura 93

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-1



Figura 94

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-6



Figura 95

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-28



Figura 96

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-35



Figura 97

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-40



Figura 98

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-51



Figura 99

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-52



Figura 100

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-55



Figura 101

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-56



Figura 102

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-60



Figura 103

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-60



Figura 104

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-71



Figura 105

Cámara de espuma de tanque de almacenamiento de hidrocarburo tk-70



Anexo 10. Listado de bombas del sistema contra incendio declarado ante OSINERGMIN

Las siguientes figuras, representan el listado de las bombas de agua contra incendio y las bombas jockey, de la refinería Conchán que fueron registrados en el procedimiento de declaración jurada ante la OSINERGMIN, en el año 2019.

Listado de Instalaciones

Tipo de Instalación (*) Refinerías - Sistema Contra Incendio

Sistema Contra Incendio - Total

Capacidad de Bombeo Total (GPM) (*) 12500.0

Capacidad Total de Reserva de Agua Contra Incendio (m3) (*) 12065.0

Capacidad Total de Concentrado de Espuma (m3) (*) 46.86

Bomba(s) de Agua Sistema Contra Incendio

N° Local (*) P-201

Tipo de Motor (*) Diesel

Tipo de Bomba (*) Centrífuga

Marca (*) Peerles

N° Serie de la Bomba (*) BP-C1000201

Capacidad de la bomba (GPM) (*) 2500.0

(*) Campo(s) Obligatorio(s)

Agregar Modificar Buscar Limpiar Generar Reporte

7 items found, displaying all items. 1

Item	Instalación	Editar	Borrar	Historial
59418	Sistema Contra Incendio - P-208 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59417	Sistema Contra Incendio - P-204 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59377	Sistema Contra Incendio - P-207 - Diesel - Centrífuga			
59376	Sistema Contra Incendio - P-205 - Diesel - Centrífuga			
59375	Sistema Contra Incendio - P-203 - Diesel - Centrífuga			
59374	Sistema Contra Incendio - P-202 - Diesel - Centrífuga			
59373	Sistema Contra Incendio - P-201 - Diesel - Centrífuga			

Listado de Instalaciones

Tipo de Instalación (*) Refinerías - Sistema Contra Incendio

Sistema Contra Incendio - Total

Capacidad de Bombeo Total (GPM) (*) 12500.0

Capacidad Total de Reserva de Agua Contra Incendio (m3) (*) 12065.0

Capacidad Total de Concentrado de Espuma (m3) (*) 46.86

Bomba(s) de Agua Sistema Contra Incendio

N° Local (*) P-202

Tipo de Motor (*) Diesel

Tipo de Bomba (*) Centrífuga

Marca (*) Peerles

N° Serie de la Bomba (*) BP-C1000203

Capacidad de la bomba (GPM) (*) 2500.0

(*) Campo(s) Obligatorio(s)

Agregar Modificar Buscar Limpiar Generar Reporte

7 items found, displaying all items. 1

Item	Instalación	Editar	Borrar	Historial
59418	Sistema Contra Incendio - P-208 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59417	Sistema Contra Incendio - P-204 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59377	Sistema Contra Incendio - P-207 - Diesel - Centrífuga			
59376	Sistema Contra Incendio - P-205 - Diesel - Centrífuga			
59375	Sistema Contra Incendio - P-203 - Diesel - Centrífuga			
59374	Sistema Contra Incendio - P-202 - Diesel - Centrífuga			
59373	Sistema Contra Incendio - P-201 - Diesel - Centrífuga			

PDJEE - Registro de Inventario de Instalaciones - Google Chrome
 Es seguro | https://pvo.osinergmin.gob.pe/pdjee/inventarioinstalacion.do

Listado de Instalaciones

Tipo de Instalación (*) Refinerías - Sistema Contra Incendio

Sistema Contra Incendio - Total

Capacidad de Bombeo Total (GPM) (*) 12500.0

Capacidad Total de Reserva de Agua Contra Incendio (m3) (*) 12065.0

Capacidad Total de Concentrado de Espuma (m3) (*) 46.86

Bomba(s) de Agua Sistema Contra Incendio

N° Local (*) P-203

Tipo de Motor (*) Diesel

Tipo de Bomba (*) Centrífuga

Marca (*) Peerless

N° Serie de la Bomba (*) BP-C1000202

Capacidad de la bomba (GPM) (*) 2500.0

(*) Campo(s) obligatorio(s)

Agregar Modificar Buscar Limpiar Generar Reporte

7 items found, displaying all items. 1

Item	Instalación	Editar	Borrar	Historial
59418	Sistema Contra Incendio - P-208 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59417	Sistema Contra Incendio - P-204 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59377	Sistema Contra Incendio - P-207 - Diesel - Centrífuga			
59376	Sistema Contra Incendio - P-205 - Diesel - Centrífuga			
59375	Sistema Contra Incendio - P-203 - Diesel - Centrífuga			
59374	Sistema Contra Incendio - P-202 - Diesel - Centrífuga			
59373	Sistema Contra Incendio - P-201 - Diesel - Centrífuga			

PDJEE - Registro de Inventario de Instalaciones - Google Chrome
 Es seguro | https://pvo.osinergmin.gob.pe/pdjee/inventarioinstalacion.do

Listado de Instalaciones

Tipo de Instalación (*) Refinerías - Sistema Contra Incendio

Sistema Contra Incendio - Total

Capacidad de Bombeo Total (GPM) (*) 12500.0

Capacidad Total de Reserva de Agua Contra Incendio (m3) (*) 12065.0

Capacidad Total de Concentrado de Espuma (m3) (*) 46.86

Bomba(s) de Agua Sistema Contra Incendio

N° Local (*) P-205

Tipo de Motor (*) Diesel

Tipo de Bomba (*) Centrífuga

Marca (*) Patterson

N° Serie de la Bomba (*) FP-C0126509

Capacidad de la bomba (GPM) (*) 2500.0

(*) Campo(s) obligatorio(s)

Agregar Modificar Buscar Limpiar Generar Reporte

7 items found, displaying all items. 1

Item	Instalación	Editar	Borrar	Historial
59418	Sistema Contra Incendio - P-208 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59417	Sistema Contra Incendio - P-204 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59377	Sistema Contra Incendio - P-207 - Diesel - Centrífuga			
59376	Sistema Contra Incendio - P-205 - Diesel - Centrífuga			
59375	Sistema Contra Incendio - P-203 - Diesel - Centrífuga			
59374	Sistema Contra Incendio - P-202 - Diesel - Centrífuga			
59373	Sistema Contra Incendio - P-201 - Diesel - Centrífuga			

PDJEE - Registro de Inventario de Instalaciones - Google Chrome
 Es seguro | https://pvo.osinergmin.gob.pe/pdjee/inventarioinstalacion.do

Listado de Instalaciones

Tipo de Instalación (*) Refinerías - Sistema Contra Incendio

Sistema Contra Incendio - Total

Capacidad de Bombeo Total (GPM) (*) 12500.0

Capacidad Total de Reserva de Agua Contra Incendio (m3) (*) 12065.0

Capacidad Total de Concentrado de Espuma (m3) (*) 46.86

Bomba(s) de Agua Sistema Contra Incendio

N° Local (*) P-207

Tipo de Motor (*) Diesel

Tipo de Bomba (*) Centrífuga

Marca (*) Patterson

N° Serie de la Bomba (*) FP-C0126490

Capacidad de la bomba (GPM) (*) 2500.0

(*) Campo(s) obligatorio(s)

Agregar Modificar Buscar Limpiar Generar Reporte

7 items found, displaying all items. 1

Item	Instalación	Editar	Borrar	Historial
59418	Sistema Contra Incendio - P-208 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59417	Sistema Contra Incendio - P-204 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59377	Sistema Contra Incendio - P-207 - Diesel - Centrífuga			
59376	Sistema Contra Incendio - P-205 - Diesel - Centrífuga			
59375	Sistema Contra Incendio - P-203 - Diesel - Centrífuga			
59374	Sistema Contra Incendio - P-202 - Diesel - Centrífuga			
59373	Sistema Contra Incendio - P-201 - Diesel - Centrífuga			

PDJEE - Registro de Inventario de Instalaciones - Google Chrome
 Es seguro | https://pvo.osinergmin.gob.pe/pdjee/inventarioinstalacion.do

Listado de Instalaciones

Tipo de Instalación (*) Refinerías - Sistema Contra Incendio

Sistema Contra Incendio - Total

Capacidad de Bombeo Total (GPM) (*) 12500.0

Capacidad Total de Reserva de Agua Contra Incendio (m3) (*) 12065.0

Capacidad Total de Concentrado de Espuma (m3) (*) 46.86

Bomba(s) de Agua Sistema Contra Incendio

N° Local (*) P-204

Tipo de Motor (*) ELÉCTRICO

Tipo de Bomba (*) JOCKEY

Marca (*) GRUNDFOS

N° Serie de la Bomba (*) A96518036P10947

Capacidad de la bomba (GPM) (*) 30.0

(*) Campo(s) obligatorio(s)

Agregar Modificar Buscar Limpiar Generar Reporte

7 items found, displaying all items. 1

Item	Instalación	Editar	Borrar	Historial
59418	Sistema Contra Incendio - P-208 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59417	Sistema Contra Incendio - P-204 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59377	Sistema Contra Incendio - P-207 - Diesel - Centrífuga			
59376	Sistema Contra Incendio - P-205 - Diesel - Centrífuga			
59375	Sistema Contra Incendio - P-203 - Diesel - Centrífuga			
59374	Sistema Contra Incendio - P-202 - Diesel - Centrífuga			
59373	Sistema Contra Incendio - P-201 - Diesel - Centrífuga			

PDJEE - Registro de Inventario de Instalaciones - Google Chrome
 Es seguro | https://pvo.osinergmin.gob.pe/pdjee/Inventariolnstalacion.do

Listado de Instalaciones

Tipo de Instalación (*) Refinerías - Sistema Contra Incendio

Sistema Contra Incendio - Total

Capacidad de Bombeo Total (GPM) (*) 12500.0

Capacidad Total de Reserva de Agua Contra Incendio (m3) (*) 12065.0

Capacidad Total de Concentrado de Espuma (m3) (*) 46.86

Bomba(s) de Agua Sistema Contra Incendio

N° Local (*) P-208

Tipo de Motor (*) ELÉCTRICO

Tipo de Bomba (*) JOCKEY

Marca (*) PATTERSON

N° Serie de la Bomba (*) P0004MSV516

Capacidad de la bomba (GPM) (*) 30.0

(*) Campo(s) obligatorio(s)

Agregar **Modificar** **Buscar** **Limpiar** **Generar Reporte**

7 items found, displaying all items. 1

Item	Instalación	Editar	Borrar	Historial
59418	Sistema Contra Incendio - P-208 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59417	Sistema Contra Incendio - P-204 - ELÉCTRICO - JOCKEY			
59377	Sistema Contra Incendio - P-207 - Diesel - Centrífuga			
59376	Sistema Contra Incendio - P-205 - Diesel - Centrífuga			
59375	Sistema Contra Incendio - P-203 - Diesel - Centrífuga			
59374	Sistema Contra Incendio - P-202 - Diesel - Centrífuga			
59373	Sistema Contra Incendio - P-201 - Diesel - Centrífuga			