

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIO POR
TUBERÍA HÚMEDA PARA LA SALA DE CABLES DEL
EDIFICIO DE CONTROL DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DEL AGUA DE MAR DE REFINERÍA
TALARA”**

TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO.

BACHILLER: JESUS MANUEL, CHAVARRIA CHAVEZ.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jesus Manuel Chavarria Chavez".

BACHILLER: GERMAN LARSSON, GARRIDO LIÑAN.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "German Larsson Garrido Liñan".

Callao, 2021.

PERÚ.

A professional stamp in black ink. It features a circular logo on the left with a triangle and the year "1966". To the right, the text reads: "JUAN MANUEL PACHECO CORREA", "INGENIERO MECANICO", and "Reg. del Colegio de Ingenieros N° 20424". A large, stylized signature is written over the stamp.

**ACTA N° 007 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LIBROFOLIO No. ACTA N° 007 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 25 días del mes febrero, del año 2021, siendo las 17:52 horas, se reunieron, en la sala meet: [https://meet.google.com/nqn-
npve-juc](https://meet.google.com/nqn-npve-juc), el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- | | | |
|-------------------------------------|---|------------|
| ▪ Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán | : | Presidente |
| ▪ Dr. Pablo Mamani Calla | : | Secretario |
| ▪ Mg. Adolfo Orlando Blas Zarzosa | : | Miembro |
| ▪ Dr. Juan Manuel Palomino Correa | : | Asesor |

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **CHAVARRIA CHAVEZ JESUS MANUEL**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta la tesis titulada **"DISEÑO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIO POR TUBERÍA HÚMEDA PARA LA SALA DE CABLES DEL EDIFICIO DE CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE MAR DE REFINERÍA TALARA"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **15 (quince)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 18:40 horas del 25 del mes y año en curso.



.....
Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán
Presidente de Jurado



.....
Mg. Adolfo Orlando Blas Zarzosa
Miembro de Jurado



.....
Dr. Pablo Mamani Calla
Secretario de Jurado



.....
Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Asesor

**“DISEÑO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIO POR
TUBERÍA HÚMEDA PARA LA SALA DE CABLES DEL
EDIFICIO DE CONTROL DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DEL AGUA DE MAR DE REFINERÍA
TALARA”**

DEDICATORIA

Yo, Jesús Chavarría, dedico esta tesis a mi familia, quienes siempre me han apoyado para lograr mis objetivos y metas; en especial a mi madre, quien con su ímpetu, coraje y sacrificio nos proporcionó las herramientas para lograr lo que nos propusimos hacer.

AGRADECIMIENTO.

Agradecer a Dios por todo lo bueno que me ha sucedido; agradecer a mi familia, por su gran apoyo constante e incondicional. Agradecerme a mí mismo por mantener mi visión de cumplir mis objetivos y metas.

Agradecer también a todas las personas que me apoyaron en mi formación profesional.

Agradecer a la Universidad Nacional del Callao y plana docente de la facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, por habernos formado personas responsables con objetivos claros de contribución al desarrollo del Perú.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	1
ÍNDICE DE FIGURAS	2
ÍNDICE DE CUADROS	3
ÍNDICE DE ANEXOS	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.1. Descripción de la realidad problemática.	8
1.2. Formulación del problema.....	9
1.2.1. Problema general.....	9
1.2.2. problemas específicos.	9
1.3. Objetivos	9
1.3.1. Objetivo general	9
1.3.2. Objetivos específicos.	9
1. 4. Limitantes de la investigación.	10
II. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Antecedentes Nacionales e Internacionales	11
2.1.1. Antecedentes Nacionales.	11
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	12
2.2. Base Teórica.....	13
2.2.1. <i>Generación de incendio</i>	13
2.2.2. <i>Extinción de incendios</i>	17
2.3. Conceptual.....	24
2.4. Definición de términos básicos.....	33
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.	34
3.1. Hipótesis	34
3.1.1. Hipótesis general	34
3.1.2. Hipótesis específica.	34
3.2.1. Variable independiente de investigación	35
3.2.2. Variable dependiente de investigación.....	35
3.2.3. Definición conceptual de variables.....	35
3.3 Operacionalización de variables	36

IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	37
4.1. Tipo y diseño de la investigación.	37
4.2. Método de investigación.	38
4.3. Población y muestra.....	39
4.4. Lugar del estudio.....	39
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.	40
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	41
4.7. Etapas del diseño.....	44
4.8. Ingeniería de detalle.....	44
V. RESULTADOS.....	73
5.1. Resultados de evaluación de riesgo de incendio.	73
5.2. Resultados de selección del aspersor y tubería.....	73
5.3. Resultados de cálculo de caudal y presión.	73
5.4. Resultados de Selección de máquinas de impulsión y elementos de control.	75
VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	78
6.1. Contrastación y demostración de hipótesis.....	78
6.2. Contrastación de resultados con estudios similares.	80
6.3. Responsabilidad ética.	81
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES.	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Coeficiente de caída de presión por fricción.....	23
Tabla 2. 2. accesorios y válvulas expresados en longitud equivalente de tubería de cedula 40.....	24
Tabla 2. 3. Factor K de descarga para aspersores.	28
Tabla 2. 4. áreas de protección y espaciamiento máximo de los aspersores pulverizantes de riesgo leve.....	29
Tabla 2. 5. área de protección y espaciamiento máximo de aspersores de riesgo ordinario.	29
Tabla 2. 6. Área de protección y espaciamiento máximo de aspersores de riesgo extra.	30
tabla 2. 7. área mínima para el diseño de tubería húmeda	30
Tabla 2. 8. rango de temperatura, clasificación y códigos de color	32
Tabla 4. 1. Dimensiones mínimas por aspersor de líneas de tubería para riesgo extra.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Triángulo y tetraedro de fuego.	14
Figura 2. 2. Característica representativa de ducto de tubería.....	19
Figura 2. 3. Característica representativa de descarga de flujo	21
Figura 2. 4. sistema ramificado contra incendio.	25
Figura 2. 5. Aspersores montantes y colgantes.	26
Figura 2. 6. Tipos de aspersores(rociadores).....	27
Figura 4. 1. Plano general de la planta de tratamiento de agua de mar, refinera talara.	39
Figura 4. 2. plano del edificio de control de la planta.	40
Figura 4. 3. Planta de tratamiento del agua de mar.	42
Figura 4. 4. Edificio de control de la planta de tratamiento de agua de mar.....	43
Figura 4. 5. Sala de cables del edificio de control.	43

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 3. 1. Definición conceptual de variables.	35
Cuadro 3. 2. Operacionalización de variables.	36
Cuadro 4. 1. Instrumentos y técnica para recolección de información	41
Cuadro 4. 2. Requerimiento de diseño de un producto para Refinería Talara ..	42
Cuadro 4. 3. Parámetros básicos del edificio de control.	44
Cuadro 4. 4. Evaluación de riesgo de incendio	45
Cuadro 4. 5. parámetros básicos para el cálculo hidráulico de mangueras.	62
Cuadro 4. 6. condiciones básicas para el cálculo hidráulico de mangueras	63
Cuadro 4. 7. Simulación del sistema y resultados hidráulico requerida	66
Cuadro 4. 8. Parámetros para la selección de bomba hidráulica.	67
Cuadro 4. 9. capacidad de tanque de almacenamiento	72
Cuadro 5. 1. Características del aspersor seleccionado.	73
Cuadro 5. 2. Resultados de simulación del sistema contra incendio por tubería húmeda.	74
Cuadro 5. 3. Bombas hidráulicas contra incendio	75
Cuadro 5. 4. Elementos de control del sistema contra incendio.....	76
Cuadro 5. 5. Tanque de almacenamiento de agua	76
Cuadro 5. 6. Costo	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia	87
Anexo 2. propiedades básicas del agua a nivel del mar.	88
Anexo 3. Formato de MESERI para evaluación de riesgos.	89
Anexo 4. Esquema morfológico del sistema contra incendio.	91
Anexo 5. Líneas de tubería del sistema contra incendio.	92
Anexo 6. Plano general y P&ID del sistema contra incendio por tubería húmeda	93
Anexo 7. Lista de Equipos y Materiales	96
Anexo 8. Hoja de datos de tubos Acero Negro	97
Anexo 9. Hoja de datos Tubos. HDPE	97
Anexo 10. Especificaciones Técnicas de tubos de Acero Negro.....	98

RESUMEN

En esta investigación se desarrolla el diseño del sistema contra incendio por tubería húmeda para la planta de tratamiento del agua de mar de refinería talara, ubicada en Piura. Para el diseño del sistema se utiliza la norma NFPA (13, 14, 20,72) con el fin de obtener un producto que brinde garantía tanto en calidad y seguridad para proteger la vida humana y activos de la empresa. En esta tesis se hizo la identificación del problema, planteamiento de objetivos para el diseño del sistema contra incendio por tubería húmeda, que comprende: evaluación del riesgo de incendio; selección de aspersores y tuberías; cálculos hidráulicos de caudal y presión; selección de bombas centrífugas y elementos de control del sistema contra incendio.

El tipo de investigación es tecnológica y el diseño es no experimental transversal de tipo descriptivo. En el desarrollo de la investigación se aplica técnicas e instrumentos para recolección de información; como resultado de ello se obtiene el diseño del sistema contra incendio. también se hizo los cálculos hidráulicos y selección de los elementos del sistema de acuerdo al uso de criterios que establece la norma NFPA 13, 14 y 20. Finalmente se simula el sistema con un software especializado para verificar los resultados obtenidos y la funcionalidad.

Palabras clave: Riesgo de incendio, Diseño, Sistema contra incendio, Tubería húmeda.

ABSTRACT

This research develops the design of the wet pipe fire system for the talara refinery seawater treatment plant, located in Piura. NFPA (13, 14, 20.72) is used for system design to obtain a product that provides assurance in both quality and safety to protect the human life and assets of the company. This thesis made the identification of the problem, an objective approach to the design of the wet pipe fire system, which includes: assessment of the risk of fire; selection of sprinklers and pipes; hydraulic flow and pressure calculations; selection of centrifugal pumps and control elements of the fire system.

The type of research is technological and the design is non-experimental transverse descriptive type. Techniques and tools for information collection are applied in the development of research; as a result, the design of the fire system is obtained. Hydraulic calculations and selection of system elements were also made according to the use of criteria established by NFPA 13, 14 and 20. Finally the system is simulated with specialized software to verify the results obtained and functionality.

Keywords: Fire Hazard, Design, Fire System, Wet Pipe.

INTRODUCCIÓN

Durante cientos de años se ha producido incendios inesperados que han sido ocasionados por la naturaleza, el hombre y otras fuentes de ignición; a consecuencia de ella hubo pérdidas de vidas humanas y silvestres; destrucción de viviendas e industrias; quema de bosques, entre otras. En la actualidad el hombre ha podido controlar el incendio en determinados contextos, como las que ocurren en viviendas, plantas industriales, centros comerciales, por medio de agentes de extinción o también llamadas sistemas contra incendio, que ha sido desarrollado durante décadas por centros de investigación como “*National Fire Protection Association*”, NFPA, que se encarga del estudio y normalización de guías prácticas para el diseño de sistemas contra incendio con el objetivo de extinguir y controlar el incendio.

Diseñar sistemas contra incendio es una tarea de alta responsabilidad que debe proteger la vida humana, infraestructura, activos y otros bienes de todo tipo de establecimientos. las normas a nivel nacional e internacional son las que exigen de que todos los establecimientos cuenten con sistemas de protección contra incendio.

En este trabajo se desarrolla el diseño del sistema contra incendio por tubería húmeda para la planta de tratamiento de refinería talara, dicho diseño se hace en cumplimiento de las leyes peruanas que exige la utilización de la norma técnica NFPA (13,14,20 y 72).

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática.

la eventualidad de ocurrencia de accidentes de incendios ocurre frecuentemente en la sociedad, ocasionando pérdidas humanas y daños materiales, por ejemplo, podemos citar el accidente de incendio que ocurrió en mesa redonda en el año 2001, ocasionando la muerte de 277 personas; El accidente de explosión en la Refinería BP en la Ciudad de Texas, ocurrido en el año 2005, que causó la muerte de 15 personas y más de 200 heridos; y pérdidas económicas cuantiosas.

En un complejo industrial u otros establecimientos siempre existe un nivel de riesgo de incendio que determina el grado de magnitud de ocurrencia del incendio, que se puede originar a partir de fuentes de ignición como eléctrica, mecánica, calor, fallas de equipos, explosión de combustibles; y otras fuentes.

Las normas nacionales e internacionales exigen que las industrias y otros establecimientos cuenten con sistemas de protección contra incendio para la protección de la vida humana, bienes económicos y/o activos.

La refinería talara es un complejo industrial de procesamiento de petróleo crudo que rigen los estándares de calidad y seguridad más exigente de nivel internacional, por tal razón los sistemas y equipos que cuenta dicha refinería debe cumplir con los parámetros establecidos por las normas de calidad y seguridad. la sala de cables del edificio de control es parte de proyecto de remodelación de la refinería, y se implementará sistemas de protección contra incendio por tubería húmeda.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general.

¿Cómo diseñar un sistema contra incendio por tubería húmeda para proteger y extinguir eficazmente un eventual incendio en la sala de cables del edificio de control de la planta de tratamiento del agua de mar de refinería talara?

1.2.2. problemas específicos.

1. ¿Cómo evaluar el nivel de riesgo de incendio del edificio de control para diseñar el sistema contra incendio por tubería húmeda en la sala de cables?
2. ¿Cómo seleccionar los aspersores y líneas de tubería de acuerdo a las normas técnicas de diseño para el sistema contra incendio?
3. ¿Cómo determinar el caudal y presión de agua requerida por el sistema?
4. ¿Cómo seleccionar los equipos de control y máquinas de impulsión de agua para el sistema contra incendio?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema contra incendio por tubería húmeda para la sala de cables del edificio de control de la planta de tratamiento del agua de mar de refinería talara.

1.3.2. Objetivos específicos.

1. Evaluar el nivel de riesgo de incendio del edificio de control para diseñar el sistema contra incendio en la sala de cables.
2. Seleccionar los aspersores y líneas de tubería de acuerdo a las normas técnicas de diseño para el sistema contra incendio
3. Determinar el caudal y presión de agua requerida por el sistema
4. Seleccionar equipos de control y máquinas de impulsión de agua para el sistema.

1. 4. Limitantes de la investigación.

Limitación teórica.

La aplicación de conceptos, definiciones básicas, procedimientos, expresiones de cálculo; y otros requerimientos para el diseño de sistema contra incendio, se extrae de fuentes como normas técnicas, ingeniería básica, expediente técnico, catálogos.

También se utiliza el formato de Mesari para la evaluación de riesgo de incendio (véase anexo 3). Para la Metodología de cálculo del diseño de sistemas contra incendio utilizamos la norma técnica NFPA (13, 14, 20 y 72).

Limitación temporal.

Los estudios y obtención de datos para la evaluación de riesgo de incendio se hizo hasta el 23 de abril del 2019. El diseño del sistema contra incendio se desarrolló a partir del 1 de agosto hasta el 30 de diciembre del 2020.

Limitación espacial.

El diseño de sistema contra incendio se desarrolla para la planta de tratamiento del agua de mar de refinería talaria-Petroperú, para la sala de cables del edificio de control de donde se distribuye la energía eléctrica para la planta de tratamiento de agua del mar.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Nacionales e Internacionales.

2.1.1. Antecedentes Nacionales.

Daniel Arturo Tohalino Tuesta (2008). "DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS CON ROCIADORES PARA OFICINAS ADMINISTRATIVAS DE EMPRESA MINERA" tesis sustentado en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA para optar el título profesional de ingeniería mecánica. el objetivo de esta investigación es diseñar un sistema contra incendio que tiene la finalidad de proteger las oficinas administrativas de una empresa minera. En esta tesis se clasifica los riesgos ocupacionales de acuerdo a la norma NFPA 13, Luego se realiza los dimensionamientos y cálculos correspondientes para tuberías, cálculos hidráulicos, selección de bombas contra incendio; y finalmente análisis de costos.

La tesis tiene un aporte en diseño metodológico para nuestra investigación. las variables de estudio tanto independiente como la dependiente tienen congruencia con nuestro trabajo de diseño del sistema contra incendio por tubería húmeda para sala de control del edificio de la planta de tratamiento de agua de mar de refinería talara. La tesis contribuye de manera significativa en el desarrollo de nuestra investigación para alcanzar nuestro objetivo.

Lesly Edith Mendoza Bruno (2014) "DISEÑO HIDRÁULICO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO PARA EL PATIO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE-DIÉSEL 85-UNIDAD MINERA TOQUEPALA" tesis presentado en UNIVERSIDAD NACIONAL DE CALLAO para optar el título profesional de ingeniero en energía.

El trabajo de investigación trata sobre diseño hidráulico de un sistema de protección contra incendio. se diseña el sistema de extinción agua- espuma, el aporte de esta investigación contribuye al marco teórico y metodología de cálculos hidráulicos, que utiliza expresiones específicas de la norma NFPA. El trabajo proporciona una visión amplia con respecto al diseño de sistemas contra incendio.

En tal tesis se realiza la selección de tuberías, los aspersores, bombas hidráulicas y entre otros requerimientos de acuerdo a normas internacionales y nacionales como la NFPA.

2.1.2. Antecedentes Internacionales.

Miguel Ángel Sotelo Calderón (2014) “DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA SEDE EL CLAUSTRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C”. tesis presentada en la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA para optar el título profesional de ingeniería civil.

Esta investigación tiene como objetivo diseñar un sistema hidráulico de protección contra incendios para la Universidad Católica de Colombia sede el Claustro. Para tal fin se basa en las normas técnicas nacionales e internacionales, pudiendo determinar en principio las condiciones de riesgo, definir los criterios de diseño; y luego diseñar el sistema: seleccionar los materiales y elementos del sistema, así como también la bomba contra incendios.

el proyecto contribuye en nuestra investigación en aspectos como el uso de conocimientos prácticos, metodología de diseño y selección de elementos del sistema.

Adolfo Javier Redondo Conrado y Marelis Carolina Roza Saavedra (2010) “DISEÑO BÁSICO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA BIBLIOTECA CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER”. Tesis presentada en la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER para optar el título profesional de ingeniero mecánico.

El proyecto se desarrolla con la norma NFPA. Se emplea la NFPA 909 “*Code for the Protection of Cultural Resources*”, que se aplica para el diseño de sistemas contra incendio en edificaciones de bibliotecas o museos. El diseño de sistema de supresión de incendios utiliza rociadores automáticos y gabinetes contra incendios. el sistema se diseñó con la norma NFPA 13; además cuenta con el sistema de detección automática de incendios, sistema que incluye detectores, pulsadores manuales y sirenas, asimismo se implementa un panel de control para el monitoreo y detección de humo.

Este trabajo de dos sistemas integrados: extinción y de detección de incendios, proyecto integrador de diseño del sistema contra incendios, que permite

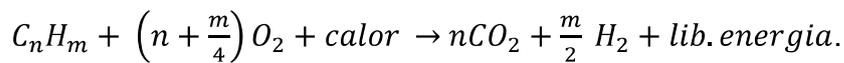
visualizar el diseño de sistemas contra incendio traspasando los límites de la forma convencional.

2.2. Base Teórica

2.2.1. Generación de incendio

El incendio es un hecho no deseado que se desarrolla por la propagación incontrolada del fuego. es generado por la combustión de un material combustible en conjunto con el oxígeno y el calor. La combustión es una reacción química de proceso exotérmico (NFPA 13, 2016)

Ecuación general de reacción de combustión.



Donde.

C_nH_m : material combustible.

O_2 : oxígeno.

CO_2 : dióxido de carbono.

H_2 : hidrógeno.

n: índice de carbono.

m: índice de hidrogeno.

Teoría del fuego. es la generación y producción de fuego a través de la conformación de los elementos básicos que se agrupan:

- A) Triangulo de fuego.** Unión de tres elementos y necesarios para generar la reacción química, la cuáles son el material combustible, comburente y el calor.
- B) Tetraedro de fuego.** Hace referencia a la producción de fuego, que a partir de la reacción química generado por elementos del triángulo de fuego existe la necesidad de que se produzca la reacción en cadena para generar fuego, entonces son 4 elementos: material combustible, comburente, calor y **reacción en cadena**, que forman el tetraedro de fuego.

Figura 2. 1. Triángulo y tetraedro de fuego.



Fuente: <https://sites.google.com/site/teoriadelfuegoivgv/proceso>

Productos de combustión.

Los productos de combustión es el resultado del proceso de degradación del material combustible, producido por el fuego y estas son: el humo, la temperatura, calor y gases de combustión

Fuentes de ignición de fuego

Las fuentes de ignición son las que ocasionan el fuego, accidentes de incendio.

Energía calorífica química. fuente de ignición que se produce a consecuencia de una reacción química. El calor se genera producto por la combustión, descomposición, calentamiento espontáneo y por disolución. Por ejemplo, se tiene combustibles líquidos, gaseosos, sólidos, etc.

Energía calorífica de origen eléctrico, energía calorífica originada en conductores eléctricos: por calentamiento dieléctrico, calentamiento por inducción, calentamiento originado por disipación de corriente eléctrica en los conductores, Cortos circuitos.

Energía calorífica de origen mecánico. causada por elementos de fricción que puede generar chispas, calor a altas temperaturas.

Clasificación de materiales combustibles

los materiales combustibles se clasifican de acuerdo a su estado. La mayoría de estos materiales contienen elementos de carbono en la estructura interna.

Materiales Sólidos.

materiales combustibles de carbón de piedra, madera, fibras de textil, material plástico, materiales sintéticos; y entre otras.

Materiales Líquidas.

Entre los materiales líquidos combustibles de derivados de petróleo: la gasolina, GLP; alcoholes, aceites minerales, etc.

Materiales Gaseosas.

combustibles de gas natural (CH₄), acetileno(C₂H₂).

clasificación de incendios.

clasificación de incendios de enfoque NFPA

Clase A.

incendios de materiales combustibles sólidos: madera, tela, papel, caucho y plásticos.

Clase B.

incendios de líquidos inflamables de combustibles líquidos: grasas de petróleo, alquitrán, aceites, pinturas a base de aceite, disolventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.

Clase C.

son incendios que se producen en equipos eléctricos energizados.

Clase D.

Incendios que ocurren en metales combustibles tales como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio.

Clase K.

incendios en artefactos de cocina, que funcionan con combustible o energía calorífica para cocer alimentos. los incendios ocurren a causa de impregnación de aceites, grasas vegetales o animales.

Riesgo de incendio. Es el grado de probabilidad de ocurrencia de incendio en determinado espacio o lugar.

Clasificación de riesgos de incendio de acuerdo al enfoque de la norma NFPA 13.

Ocupaciones de riesgo leve.

En las ocupaciones de riesgo leve se espera que la cantidad, combustibilidad e índice de liberación de calor sea baja en los materiales combustibles de clase A y clase B (inflamables como máximo 3.8L en cualquier cuarto o espacio), (NFPA,2010)

Ocupaciones de riesgo ordinario.

Grupo 1

En las ocupaciones de riesgo ordinario grupo 1 se espera que la combustibilidad sea baja; la cantidad de combustibles y el índice de liberación de calor sea moderada en los materiales combustibles de clase A y clase B (inflamables como máximo 18.9 L en cualquier cuarto), (NFPA, 2010)

Grupo 2

En las ocupaciones de riesgo ordinario grupo 2 se espera que la combustibilidad y la cantidad de combustibles sea moderada a alta. El apilamiento de los materiales con índice de liberación moderada sea inferior a 12 *pies*(3.66m) y el apilamiento máximo para los materiales de índice de liberación de calor alta se de 8 *pies*(2.44m). los materiales combustibles de clase A y clase B (inflamables como máximo 18.9 L en cualquier ambiente), (NFPA,2010)

Ocupaciones de riesgo extra.

Grupo 1.

Las ocupaciones de riesgo extra Grupo 1 son ocupaciones donde la cantidad de combustibilidad de los contenidos son muy altas y existe presencia polvos, pelusas u otros materiales, que aumentan la probabilidad de que el incendio se desarrolle rápidamente con elevados índices de liberación de calor, pero con poco o ningún líquido inflamable o combustible de clase B), (NFPA,2010)

Grupo 2.

Las ocupaciones de riesgo extra Grupo 2 son ocupaciones donde las cantidades de líquidos inflamables o combustibles es moderada; Y el índice de liberación de calor es alta; y también la presencia de los líquidos inflamables es mayor a 18.9L. (NFPA, 2010)

2.2.2. Extinción de incendios.

existen métodos para controlar y extinguir el incendio:

1. **Eliminación.** Cuando se elimina uno de los componentes de la teoría de fuego, no se produce el fuego por tanto no ocurre el incendio.
2. **Sofocación.** aislar el oxígeno o comburente del material combustible.
3. **Enfriamiento.** reducción de temperatura del fuego o incendio por debajo de la temperatura de inflamación.
4. **Inhibición catalítica.** interrupción de la cadena de reacción de fuego.

Agentes de extinción de incendio.

Son medios que impiden el desarrollo de incendio como por ejemplo el agua, partículas sólidas, inhibidores gaseosos, etc.

El agua como medio de extinción de incendio.

El agua es una sustancia líquida incomprensible compuesto por dos moléculas de hidrogeno y el oxígeno, H_2O . Es la Sustancia común y vital para la supervivencia de seres bióticos.

El agua se encuentra en tres estados físicos: en forma de gas, líquido y sólida. No presenta sabor ni olor.

Propiedades

- Densidad
- Tensión superficial
- Viscosidad
- Comprensibilidad
- Calor específico
- Conductibilidad térmica

El alto índice de calor específico determina la capacidad para absorber gran cantidad de energía calorífica antes de que se eleve la temperatura del agua. el agua es una sustancia enfriadora y se usa en diferentes aplicaciones, una de las aplicaciones del agua: se utiliza como medio de extinción de incendios de pequeña, mediana y a gran escala. Las propiedades del agua (véase el *anexo 2*)

Agentes a base de agua-espuma, agentes que también se utilizan para enfriar la inflamabilidad de combustibles, generalmente, en tanque almacenamiento de petróleo; almacenes; plantas industriales, etc.

Los agentes de polvo químico seco se llenan en recipientes cilíndricos, que se denominan extintores, estas pueden ser portátiles o móviles. El uso de los agentes de extinción de polvo químico seco es universal.

Halocarbonados son agentes de extinción no tóxico para el ser humano y el ambiente. Agentes especiales de extinción que se aplica en sistemas eléctricos, electrónicos, archivos de documentos, donde se tiene que preservar y conservar estos materiales.

Los gases inertes son agentes que también cumplen un rol muy importante en la extinción de fuego y no es tóxico para el ser humano.

Agentes de extinción de dióxido de carbono, son agentes de menor uso ya que presentan un riesgo por inhalación en los seres humanos, que puede causar asfixia y toxicidad para el organismo.

Trasporte de agua en ductos cerrados.

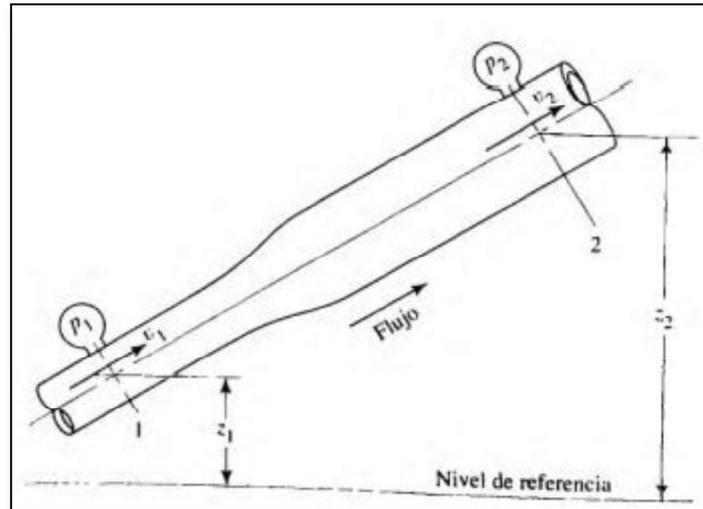
Ecuación de continuidad.

“El método de cálculo de la velocidad de flujo en un sistema de ductos cerrados depende del principio de continuidad. Un fluido circula con un flujo volumétrico constante de la sección 1 a la sección 2 (ver figura 2.2). Es decir, la cantidad de fluido que circula a través de cualquier sección en cierta cantidad de tiempo es constante. Esto se conoce como flujo estable (Robert mott, 2006, P.156)

Se define flujo másico para fluido estable en ductos cerrados, \dot{m} .

$$\dot{m} = \rho Av = cte$$

Figura 2. 2. Característica representativa de ducto de tubería



Fuente: mecánica de fluidos, Robert mott, 2006, P.156.

por definición de continuidad para fluidos estables $\dot{m}_1 = \dot{m}_2$

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

Para fluidos incompresibles densidad constante, ρ : *cte.*

Por lo tanto, se tiene

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

entonces.

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Se obtiene el flujo volumétrico(Q) constante en ductos cerrados para fluidos incompresibles.

donde

\dot{m} : flujo másico (kg/s)

ρ : densidad del fluido (kg/m^3)

A : área de la sección del ducto (m^2)

v : velocidad(m/s)

Q : caudal (m^3/s)

Conservación de energía de fluidos.

Energía de presión

$$E_p = m \frac{P}{\gamma}$$

Energía cinética

$$E_c = m \frac{v^2}{2g}$$

Energía gravitatoria

$$E_g = mZ$$

Donde

m : masa (kg)

P : presión (Pa)

γ : peso específico (N/m^3)

v : velocidad (m/s)

g : gravedad ($9.812 m/s^2$)

Z : altitud con respecto a nivel de referencia (m)

La energía de un fluido se conserva en cualquier punto de línea de transporte.

Por tanto, se tiene que.

$$E_p + E_c + E_g = cte$$

Ecuación de Bernoulli para fluidos incomprensibles.

La ecuación de Bernoulli está basada en la conservación de energía del fluido, en cualquier sección del ducto cerrado. La definición de conservación de energía se aplica en las secciones 1 y 2 de la "figura 2.2" obteniéndose la ecuación de Bernoulli.

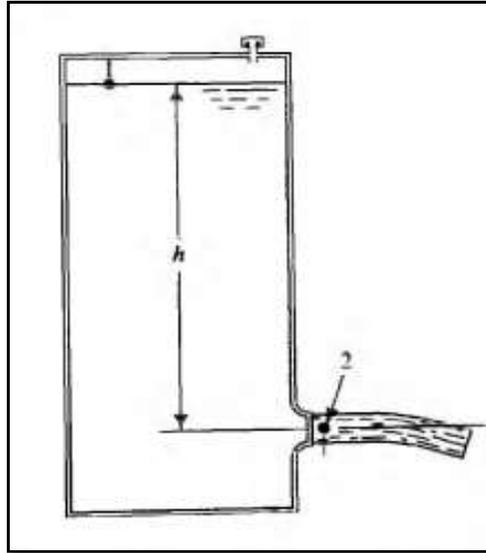
$$\frac{p_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Teorema de Torricelli.

La **velocidad de descarga de Torricelli**(v). es una expresión matemática que determina la velocidad de descarga de agua que se genera en un orificio.

A continuación, se tiene la expresión.

Figura 2. 3. *Característica representativa de descarga de flujo*



Fuente: "mecánica de fluidos", Robert mott, 2006, P.179.

$$v = \sqrt{2gh}$$

Donde $h = Z_1 - Z_2$.

Ecuación general de Bernoulli para fluidos incompresibles.

$$\frac{p_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + Hb - Hp - Hs = \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Hb : energía agregada al sistema por medio de máquinas de impulsión.

Hp : pérdida de energía en ductos de tubería.

Hs : pérdida de energía secundaria.

Factor de descarga para boquillas (factor K)

El factor de descarga de caudal permite determinar el caudal de descarga en una boquilla de cierto diámetro. La descarga de caudal depende del factor y de la altura neta del punto de descarga hasta la altura del nivel de flujo, solo para

descarga por gravedad; mientras que en flujos presurizados la altura neta se considera la presión de entrada a la boquilla u orificio.

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

Donde

Q : caudal(gpm)

P : presión(psi)

K : Factor de descarga ($\frac{gpm}{\sqrt{psi}}$)

Determinación de pérdidas de energía en redes de tubería.

fórmula de Hazen-Williams

pérdidas de energía en ductos de tubería.

$$p = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}$$

Donde:

p : caída de presión por fricción en ductos, pérdida (psi/pies)

Q : caudal(gpm).

d : diámetro(pulg).

C : coeficiente por fricción en ductos.

Tabla 2. 1. *Coefficiente de caída de presión por fricción*

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

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

Fuente: norma NFPA 13,2010, pág. 271.

Determinación de caída de presión en accesorios y válvulas por longitud equivalente de tubería.

la caída de presión ocasionada en accesorios y válvulas se puede determinar en forma práctica utilizando equivalentes de longitud de tubería.

Tabla 2. 2. accesorios y válvulas expresados en longitud equivalente de tubería de cedula 40

Fittings and Valves	Fittings and Valves Expressed in Equivalent Feet of Pipe														
	½ in.	¾ in.	1 in.	1¼ in.	1½ in.	2 in.	2½ in.	3 in.	3½ in.	4 in.	5 in.	6 in.	8 in.	10 in.	12 in.
45° elbow	—	1	1	1	2	2	3	3	3	4	5	7	9	11	13
90° standard elbow	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18	22	27
90° long-turn elbow	0.5	1	2	2	2	3	4	5	5	6	8	9	13	16	18
Tee or cross (flow turned 90°)	3	4	5	6	8	10	12	15	17	20	25	30	35	50	60
Butterfly valve	—	—	—	—	—	6	7	10	—	12	9	10	12	19	21
Gate valve	—	—	—	—	—	1	1	1	1	2	2	3	4	5	6
Swing check ^a	—	—	5	7	9	11	14	16	19	22	27	32	45	55	65

For SI units, 1 in. = 25.4 mm; 1 ft = 0.3048 m.
 Note: Information on ½ -in. pipe is included in this table only because it is allowed under 8.14.19.3 and 8.14.19.4.
^aDue to the variation in design of swing check valves, the pipe equivalents indicated in this table are considered average.

Fuente: norma NFPA 13, 2010, pág.184.

Potencia hidráulica para fluidos incomprensibles, Ph

$$Ph = \gamma QH$$

Ph : potencia hidráulica, unidad kilowatts(KW).

γ : peso específico (KN/m^3)

Q : caudal (m^3/s)

H : altura neta (m)

2.3. Conceptual.

Sistema contra incendio de tubería húmeda.

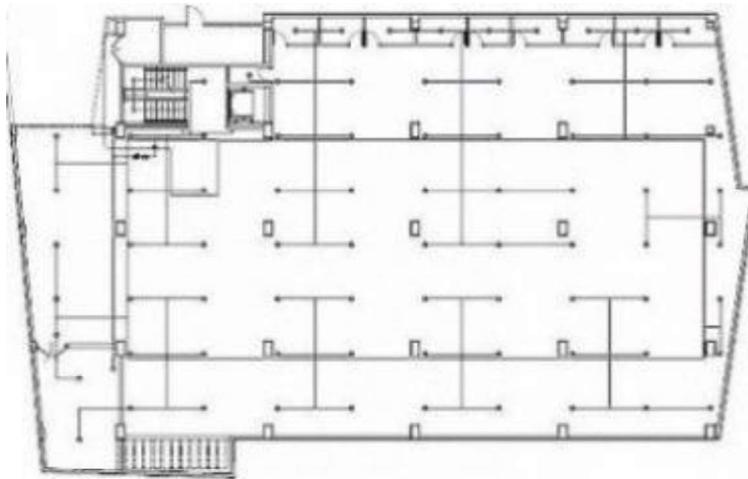
Es un sistema conformado por tuberías, aspersores y bomba hidráulica. El sistema es de agua presurizada, su principal del sistema es controlar o extinguir el incendio originado por diferentes fuentes de ignición. El proceso de funcionamiento del sistema es automático, se activa por efecto del calor cuando

ocurre el incendio se disipa calor a gran escala ocasionando la rotura del bulbo del aspersor, dejando salir agua en forma pulverizada a una media u alta presión para controlar y extinguir el fuego.

líneas de tuberías ramificadas

Las líneas de tubería son posicionadas normalmente en forma ramificada. Se ubican transversalmente con respecto a la línea de alimentación de tubería principal a una distancia determinada de separación entre los aspersores y entre ramificaciones. Casi en todas o en la mayoría de sistemas contra incendio por tubería húmeda se utiliza el sistema de ramificaciones.

Figura 2. 4. *sistema ramificado contra incendio.*



Fuente: <https://www.contraincendio.com.ve>

Líneas de tubería.

Las líneas de tubería son las que alimentan agua a los aspersores, pueden ser de dos tipos: tuberías principales que alimentan agua a las líneas secundarias o también llamada ramificadas.

El material de tuberías para sistemas contra incendio debe satisfacer las especificaciones de la norma técnica NFPA 13.

Aspersores o rociadores de agua.

Los aspersores son elementos que descargan agua pulverizada cuando ocurre el incendio, forman parte del sistema contra incendio por tubería húmeda. Se clasifican como cerrados o abiertos.

Figura 2. 6. Tipos de aspersores(rociadores)



Fuente: <https://www.contraincendio.com.ve>.

Índice de tiempo de respuesta (RTI)

rapidez de respuesta de un aspersor ante el incendio.

Se tiene tres tipos de índice de respuesta:

- Respuesta rápida es cuando $RTI < 50(m/s)^{1/2}$.
- Respuesta especial es cuando $50 < RTI < 80(m/s)^{1/2}$.
- Respuesta normal es cuando el $RTI > 80(m/s)^{1/2}$.

Factor K de descarga del aspersor.

El factor de descarga está relacionada al caudal y presión de descarga de un orificio, para aspersores de contra incendio se tiene los factores de descarga definidos por la norma NFPA 13.

Tabla 2. 3. Factor K de descarga para aspersores.

Identificación de las características de descarga de los rociadores					
Factor K nominal [gpm/(psi) ^{1/2}]	Factor K nominal [L/min/(bar) ^{1/2}]	Rango del factor K [gpm/(psi) ^{1/2}]	Rango del factor K [L/min/(bar) ^{1/2}]	Porcentaje de descarga del factor K-5.6 nominal	Tipo de rosca 1
1.4	20	1.3-1.5	19-22	25	NPT de ½ pulg.
1.9	27	1.8-2.0	26-29	33.3	NPT de ½ pulg.
2.8	40	2.6-2.9	38-42	50	NPT de ½ pulg.
4.2	57	4.0-4.4	59-64	75	NPT de ½ pulg.
5.6	80	5.3-5.8	76-84	100	NPT de ½ pulg.
8.0	115	7.4-8.2	107-118	140	NPT de ¾ pulg. o NPT de ½ pulg.
11.2	160	10.7-11.7	159-166	200	NPT de ½ pulg. o NPT de ¾ pulg.
14.0	200	13.5-14.5	195-209	250	NPT de ¾ pulg.
16.8	240	16.0-17.6	231-254	300	NPT de ¾ pulg.
19.6	280	18.6-20.6	272-301	350	NPT de 1 pulg.
22.4	320	21.3-23.5	311-343	400	NPT de 1 pulg.
25.2	360	23.9-26.5	349-387	450	NPT de 1 pulg.
28.0	400	26.6-29.4	389-430	500	NPT de 1 pulg.

Fuente: Tomado de la norma NFPA 13, 2010, pág. 33.

Área de protección y espaciamiento máximo entre aspersores.

Según la norma NFPA 13 el espaciamiento máximo entre aspersores y el área de cobertura de cada aspersor está establecida en la siguiente tabla.

Tabla 2. 4. áreas de protección y espaciamiento máximo de los aspersores pulverizantes de riesgo leve.

Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores pulverizadores estándar colgantes y montantes para riesgos leves					
Tipo de construcción	Tipo de sistema	Área de protección		Espaciamiento máximo	
		pies ²	m ²	pies	m
Incombustible, obstruida y no obstruida	Cédula de tubería	200	18.6	15	4.6
Combustible, no obstruida, con miembros expuestos 3 pies (0.91 m) o más entre centros	Cédula de tubería	200	18.6	15	4.6
Incombustible, obstruida y no obstruida	Calculado hidráulicamente	225	20.9	15	4.6
Combustible, no obstruida, con miembros expuestos 3 pies (0.91 m) o más entre centros	Calculado hidráulicamente	225	20.9	15	4.6
Combustible, obstruida, con miembros expuestos 3 pies (0.91 m) o más entre centros	Todos	168	15.6	15	4.6
Combustible, obstruida o no obstruida, con miembros expuestos menos de 3 pies (0.91 m) entre centros	Todos	130	12.1	15	4.6
Espacio combustible oculto bajo un techo inclinado con construcciones combustibles de viguetas de madera o de cerchas de madera, con miembros con menos de 3 pies (0.91 m) entre centros, con pendientes con una inclinación de 4 en 12 o superior	Todos	120	11.1	15 paralelo a la pendiente 10 perpendicular a la pendiente*	4.6 paralelo a la pendiente 3.05 perpendicular a la pendiente*

Fuente: norma NFPA 13, 2010, pág. 65.

Tabla 2. 5. área de protección y espaciamiento máximo de aspersores de riesgo ordinario.

Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores pulverizadores estándar colgantes y montantes para riesgos ordinarios					
Tipo de construcción	Tipo de sistema	Área de protección		Espaciamiento máximo	
		pies ²	m ²	pies	m
Todos	Todos	130	12.1	15	4.6

Fuente: norma NFPA 13, 2010, pág. 65.

Tabla 2. 6. Área de protección y espaciamiento máximo de aspersores de riesgo extra.

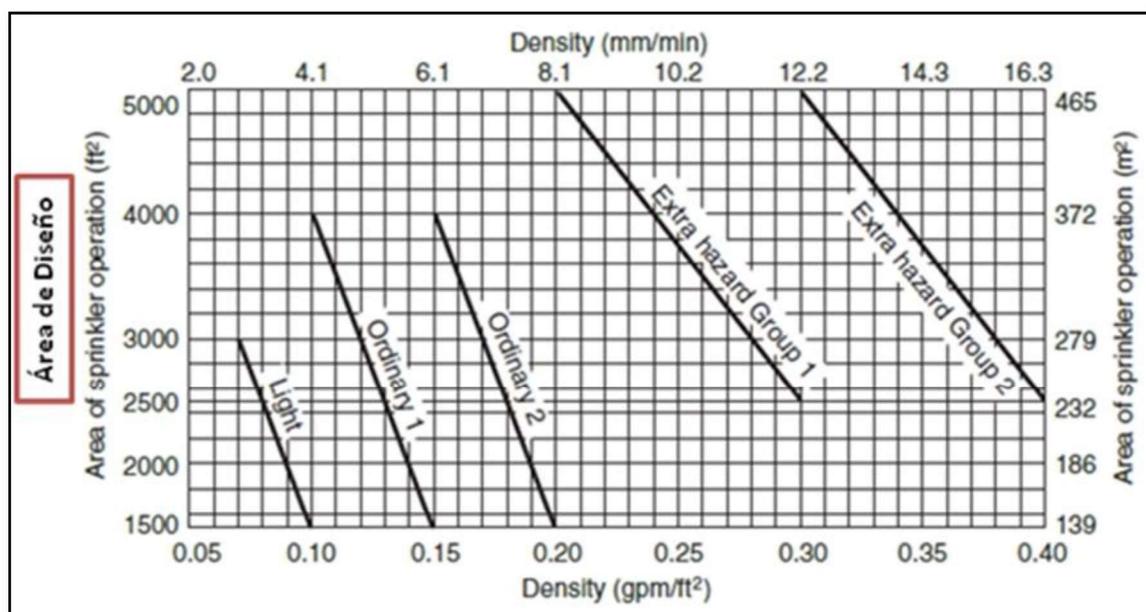
Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores pulverizadores estándar colgantes y montantes para riesgos extra					
Tipo de construcción	Tipo de sistema	Área de protección		Espaciamiento máximo	
		pies ²	m ²	pies	m
Todos	Cédula de tubería	90	8.4	12*	3.7*
Todos	Calculado hidráulicamente con densidad ≥0.25	100	9.3	12*	3.7*
Todos	Calculado hidráulicamente con densidad <0.25	130	12.1	15	4.6

Fuente: NFPA 13, 2010, pág.65.

Método de diseño por Área mínima para sistemas de tubería húmeda.

La obtención de área mínima de diseño para sistemas de tubería húmeda, está establecida de acuerdo a nivel de riesgo por la NFPA 13. Véase la tabla siguiente.

tabla 2. 7. área mínima para el diseño de tubería húmeda



Fuente: norma NFPA 13, 2010, pág.100.

Cálculo de presión y caudal en el sistema de aspersores a base de agua.

De acuerdo al área de diseño y área de cobertura de cada aspersor y utilizando la densidad de descarga de agua para los aspersores se determina el caudal requerido en el aspersor más crítico del sistema. Luego se utiliza la fórmula para determinar la presión estática de descarga con la fórmula siguiente.

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

Donde.

Q : caudal(gpm)

P : presión(psi)

K : Factor de descarga ($\frac{gpm}{\sqrt{psi}}$)

Análisis de riesgos.

El análisis de riesgo se puede evaluar por distintos métodos, se utiliza el método de MESARI, que consiste en evaluar diversos factores para determinar la magnitud de incendio que pueda ocurrir en un determinado espacio o lugar. El formato de Mesari paseé los ítems o factores que contribuyen a ocasionar el incendio. Cada ítem tiene una cualificación en escala numérica que se procesa a través de una expresión matemática simple para obtener el resultado que clasifica el nivel de riesgo incendio (véase anexo 3).

Determinación de temperatura máxima del área de protección del sistema contra incendio.

Se debe determinar la temperatura máxima del cielo raso de la zona a proteger, esta se toma como criterio para determinar la temperatura de activación del aspersor.

Tabla 2. 8. *rango de temperatura, clasificación y códigos de color*

Rangos de temperatura, clasificaciones y códigos de color						
Temperatura máxima en el cielo raso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Código de color	Colores de la ampolla de vidrio
°F	°C	°F	°C			
100	38	135–170	57–77	Ordinaria	Sin color o negro	Naranja o rojo
150	66	175–225	79–107	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
225	107	250–300	121–149	Alta	Azul	Azul
300	149	325–375	163–191	Extra alta	Rojo	Violeta
375	191	400–475	204–246	Extra muy alta	Verde	Negro
475	246	500–575	260–302	Ultra alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Naranja	Negro

Fuente. norma NFPA 13, 2010, pág. 34.

Sistemas de bombas hidráulicas. Las bombas son máquinas que proporcionan fluido a una presión y caudal determinado. Las bombas contra incendio normalmente son máquinas automatizadas que trabajan en forma interdependiente.

Las electrobombas y las bombas principales son los dos tipos de máquinas que se utiliza en sistemas contra incendio.

Las bombas principales. Son máquinas de alta potencia, su función principal es bombear agua a la presión requerida por el sistema, esto ocurre cuando se activan los aspersores. la activación de la bomba principal se da cuando la pérdida de presión en el sistema es mayor que la perdida de presión en el aspersor abierto más crítico del sistema.

Las electrobombas. son máquinas que mantienen presurizado el sistema contra incendio, cuando el sistema pierde presión por diferentes fuentes de pérdida de energía, la Electrobomba actúa presurizando el sistema en forma automática. la pérdida de presión debe ser una cantidad menor que la pérdida de presión en el aspersor abierto más crítico del sistema.

2.4. Definición de términos básicos.

Fuentes de ignición. Elementos que son capaces de producir fuego y pueden ser fuentes eléctricas, mecánicas y entre otras.

Riesgo de incendio. Es la probabilidad de ocurrencia del incendio. La magnitud del riesgo de incendio se puede calcular a partir de los elementos que se encuentran en el lugar de estudio que pueden ser materiales, objetos y fuentes de ignición.

Material combustible. es una sustancia que en presencia del oxígeno es capaz de producir fuego por efecto de ignición al ser expuesta a una determinada temperatura calorífica.

Comburente. componente oxidante de la reacción de combustión. Generalmente O₂ que se encuentra en el ambiente atmosférico en una proporción aproximada de 21% en la atmósfera.

Fuego. conjunto de partículas o moléculas incandescentes de materia combustible que emite calor y luz visible

Reacción en cadena. La reacción en cadena es el factor que permite que progrese y se mantenga la reacción de combustión una vez se haya iniciado.

Calor. es la energía que se caracteriza por el aumento de temperatura. Fuente de energía de activación en reacción de combustión.

Incendio. ocurrencia de fuego no controlado que puede ocasionar daños y perjuicios a algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructuras y/o a seres vivos.

Extinción de incendio. es la eliminación de incendio para evitar pérdidas humanas, económicas y/o activos.

Sistema contra incendio. Son sistemas que eliminar y/o controlar el incendio. Existen diferentes sistemas contra incendio que se diseñan y se implementan de acuerdo a los requerimientos del ambiente.

Sistema de tubería húmeda. es un sistema contra incendio que funciona con agua presurizada y dispositivos de activación, los aspersores.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Sí se diseña un sistema contra incendio por tubería húmeda, se podrá controlar y extinguir un eventual incendio en la sala de cables del edificio de control de la planta de tratamiento del agua de mar en la refinería Talara.

3.1.2. Hipótesis específica.

1. Sí se evalúa el nivel de riesgo de incendio del edificio de control se podrá diseñar un sistema contra incendio eficaz para la sala de cables del edificio.
2. Sí se selecciona los aspersores y las líneas de tubería de acuerdo a las normas técnicas que las regulan se obtendrá un sistema que cumpla la calidad y seguridad exigidas por las normas internacionales.
3. Sí se determina el caudal y presión requerida se podrá suministrar el agua al sistema para extinguir y contralar un eventual incendio.
4. Sí se selecciona los equipos de control necesarios y las máquinas de impulsión de agua, se obtendrá un sistema que cumpla su funcionalidad de manera óptima y automática.

3.1. Definición de Variables.

Para definir una o varias variables cualesquiera se recurre a la definición científica: Sea x una variable real, de tal forma que sí se le aplica un operador matemático f se tiene $f(x)$ llamada aplicación de f de x . Esta aplicación determina un resultado de variable real y , por tanto, queda determinado que $f(x) = y$. La característica particular de la expresión es la dependencia de la expresión y con respecto al variable independiente x , para toda expresión de variable real.

Definición de variables según (valderrama,2002, p.157) la variable independiente y dependiente se define:

“**variable independiente (V.I).** es aquella cuyo funcionamiento existencial es relativamente autónomo, pues no depende de otra; en cambio de ella dependen otras variables.

variable dependiente (V.D). es la que, en su existencia desenvolvimiento, depende de la variable independiente. Su modo de ser y su variabilidad están condicionados por otros hechos de la realidad”

3.2.1. Variable independiente de investigación

sistema de protección contra incendio por tubería húmeda

3.2.2. Variable dependiente de investigación.

Protección de la sala de cables.

Forma análoga, $f(x) = y$.

$f(\text{diseño de s.pci}) = \text{proteger}$.

3.2.3. Definición conceptual de variables.

Cuadro 3. 1. *Definición conceptual de variables.*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL
<u>V.</u> <u>INDEPENDIENTE</u> Sistema contra incendio por tubería húmeda	Conjunto de elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos; y equipos que constituyen un sistema de agua presurizado capaz de extinguir el incendio
<u>V.</u> <u>DEPENDIENTE</u> Protección en la sala de cables	sala de cables es un espacio de un edificio que está protegida con sistema contra incendio por tubería húmeda ante un eventual incendio.

Fuente: elaboración propia

3.3 Operacionalización de variables

Cuadro 3. 2. Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE	MÉTODO	TÉCNICA
<u>Independiente</u>	Nivel de riesgo de incendio .	Tipo de riesgo.	magnitud del incendio	Analítico de enfoque sistémico	Documenta I (toma de registro de datos, normas técnicas documentos de ingeniería ciencias.
Sistema contra incendio por tubería húmeda	sistema de aspersores y tuberías	Tipo de aspersor y tipo tubería	-Material		
			-Diámetro.		
			-Temperatura.		
			-Caudal y presión.		
	Caudal y presión requerida por el sistema	Caudal y presión mínima requerida en los rociadores para el área de diseño.	-Diámetro		
			-Velocidad media del fluido		
			-Caudal y presión		
			-Tipo de fluido		
			-Caída de presión		
Caudal y presión requerida por el Sistema de BIE's y toma para bomberos.	Caudal y presión requerida por el Sistema de BIE's y toma para bomberos.	-Diámetro			
		-Velocidad media del fluido			
		-Caudal y presión			
Equipos de control y maquinas de impulsión de agua.	válvulas, presostatos, manómetros, bombas hidráulicas.	-Potencia			
<u>Dependiente</u>	control y extinción de un eventual incendio en la sala de cables del edificio de control	Pruebas de operación del Sistema.	-Presión		
Protección de la sala de cables	control y extinción de un eventual incendio en la sala de cables del edificio de control	Pruebas de operación del Sistema.	-Caudal		
			-Caída de presión		

Fuente: Elaboración propia

IV. DISEÑO METODOLÓGICO.

4.1. Tipo y diseño de la investigación.

Tipo de investigación

Se define el **tipo de investigación TECNOLÓGICA**: “consiste en trabajos sistemáticos basados en conocimientos existentes, obtenidos mediante investigación y/o experiencia práctica. Se dirigen a la fabricación de nuevos materiales, productos o dispositivos; a establecer nuevos procesos, sistemas y servicios; o a la mejora sustancial de los ya existentes” (Valderrama Mendoza, 2002, p.165)

Nuestro proyecto es sobre el diseño de un producto utilizando conocimientos existentes de ingeniería básica, conocimientos empíricos obtenidos a lo largo de los años referentes a sistemas contra incendio, regulada por la norma NFPA; por la compatibilidad entre la definición de investigación tecnológica y el tipo de trabajo de nuestra investigación es de tipo **TECNOLÓGICA**.

Diseño de investigación

Los estudios que se realizan sin manipulación de variables y en las que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos se denominan **diseños no experimentales**. Este tipo de diseño de acuerdo a la recolección de datos puede ser longitudinal o transversal: la longitudinal hace referencia a la recolección de datos en tiempo indeterminado; mientras que, en la transversal, la recolección de datos es único en el tiempo. A la vez los diseños transversales pueden ser de tipo descriptivo: Indagación y la incidencia de las modalidades, categorías o niveles de una o más variables en una población de estudio de puramente descriptivo (SAMPIERI, 2010).

Nuestra investigación trata sobre el diseño del sistema contra incendio, para ello primero recolectamos información o datos del ambiente, edificio de control, para evaluar el nivel de riesgo de incendio. la recolección de datos se hizo por única vez y en forma descriptiva para luego ser procesado con las herramientas correspondientes para el diseño del sistema contra incendio por tubería húmeda; por lo que el diseño de nuestra investigación es **no experimental transversal de tipo descriptivo**.

4.2. Método de investigación.

Método analítico de enfoque sistémico.

el método analítico se define (Valderrama,2002, p.98) “Descomposición de un todo en sus partes, con el fin de observar relaciones, similitudes, diferencias, naturaleza y efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular” el propósito de este método es comprender el objeto de estudio y establecer nuevas teorías

El enfoque sistémico “tiene como punto principal el concepto del sistema, que es un conjunto de elementos interrelacionados con un objetivo común. En proyectos es relativamente fácil formular el objetivo común, que puede ser formulado en dos niveles: El nivel del producto que aparece al final de cualquier proyecto y el nivel de resultados que esperamos cuando el producto empieza a funcionar” (Kogan Schmukler, 2017)

Nuestra investigación es la aplicación del método analítico que trata sobre el uso de teorías que se descompone para luego integrar en una nueva teoría que pueda solucionar nuestro problema planteado y está orientado a crear y desarrollar un sistema contra incendio.

Parámetros.

- ✓ Parámetros para el diseño del sistema contra incendio

- Nivel de Riesgo de incendio.

- Dimensiones del edificio.

- Especificaciones técnicas de la norma NFPA 13.

- ✓ Parámetros para determinar el riesgo de incendio

- Condiciones ambientales.

- Ocupación y dimensiones del edificio.

- ✓ Parámetros para la selección del aspersor.

- Presión y caudal de flujo.

- Factor de descarga.

- Especificaciones técnicas de la norma NFPA 13.

- ✓ Parámetros para cálculo hidráulico del sistema.

- Velocidad de flujo de agua en líneas de tubería.

Dimensiones preliminares de líneas de tubería.

- ✓ Parámetros para la selección líneas de tubería y accesorios

presión y caudal del flujo.

Velocidad de flujo(m/s).

Especificaciones técnicas y dimensiones dadas por la norma NFPA 13.

- ✓ Parámetros para la selección de equipos de control e impulsión.

Caudal y presión.

Capacidad de la bomba.

4.3. Población y muestra.

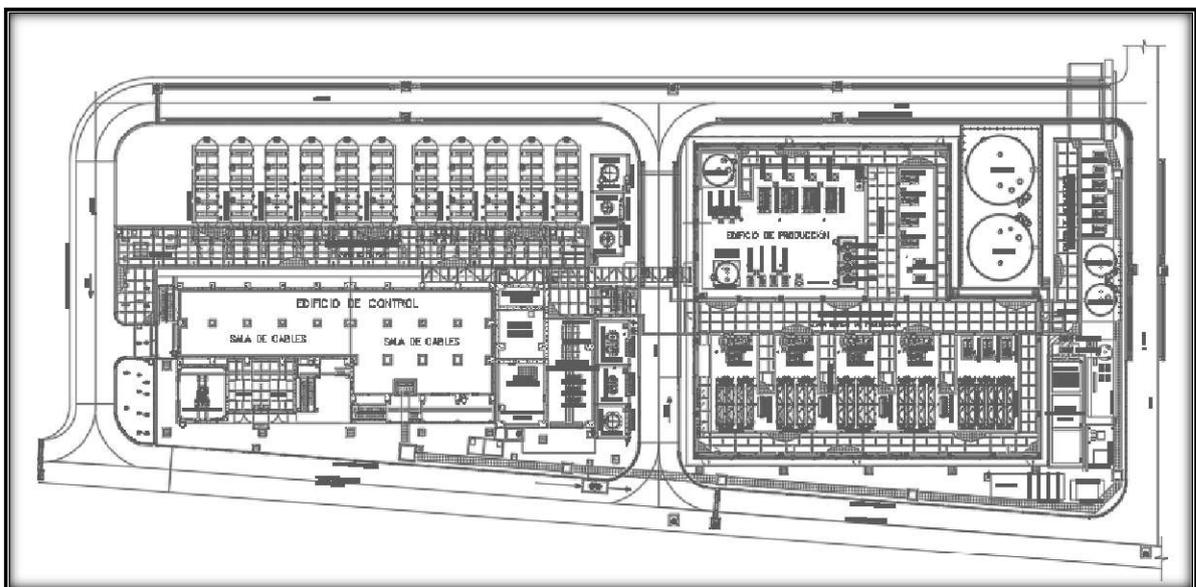
Población: sala de cables del edificio de control de la planta de tratamiento del agua de mar de refinería talara.

Para nuestra investigación la **muestra** es igual a **población**.

4.4. Lugar del estudio.

Se estudió las condiciones ambientales y el riesgo de incendio en la sala de cables del *edificio de control* de la planta de tratamiento del agua de mar de refinería talara, Piura, Perú.

Figura 4. 1. *Plano general de la planta de tratamiento de agua de mar, refinería talara.*



Fuente: expediente técnico de remodelación de refinería talara, Petroperú

Figura 4. 2. *plano del edificio de control de la planta.*



Fuente: plano general de la planta de tratamiento de refinería talara.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

La técnica que utilizamos en esta investigación es DOCUMENTAL y los instrumentos se nombran en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. 1. Instrumentos y técnica para recolección de información

DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE	MÉTODO	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Nivel de riesgo de incendio .	Tipo de riesgo.	magnitud del incendio	Analítico de enfoque sistémico	Documental (toma de registro de datos, normas técnicas documentos de ingeniería ciencias.	* Formato de Mesarí
sistema de aspersores y tuberías	Tipo de aspersor y tipo tubería	-Material			* ASTM 53
		-Diámetro.			* norma NFPA 13
		-Temperatura.			* norma técnica peruana
		-Caudal y presión.			
Caudal y presión requerida por el sistema	Caudal y presión mínima requerida en los rociadores para el área de diseño.	-Diámetro			* ASTM 53
		-Velocidad media del fluido			* norma NFPA 13
		-Caudal y presión			* norma técnica peruana
		-Tipo de fluido			* ingeniería básica
	Caudal y presión requerida por el Sistema de BIE's y toma para bomberos.	-Caída de presión			* software de calculo AFT fathom 10
		-Diámetro			
		-Velocidad media del fluido			
		-Caudal y presión			
Equipos de control y maquinas de impulsión de agua.	válvulas, presostatos, manómetros, bombas hidráulicas.	-Tipo de fluido			* ASTM 53
		-Material			* norma NFPA 13
		-Diámetro			* norma NFPA 20
		-Presión			* Fichas técnicas
		-Caudal			
control y extinción de un eventual incendio en la sala de cables	Pruebas de operación del Sistema.	-Potencia	* protocolos de prueba		
		-Presión	* norma NFPA 13		
		-Caudal	* manómetros y caudalímetros		
		-Caída de presión			

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Análisis y procesamiento de datos.

En esta etapa se desarrolla el diseño del sistema contra incendio a través del uso de metodologías prácticas de diseño; se usa información técnica- científica; normas de diseño de sistema contra incendio; y otros requerimientos que contribuyen a la creación del sistema.

Requerimientos para el diseño del sistema contra incendio.

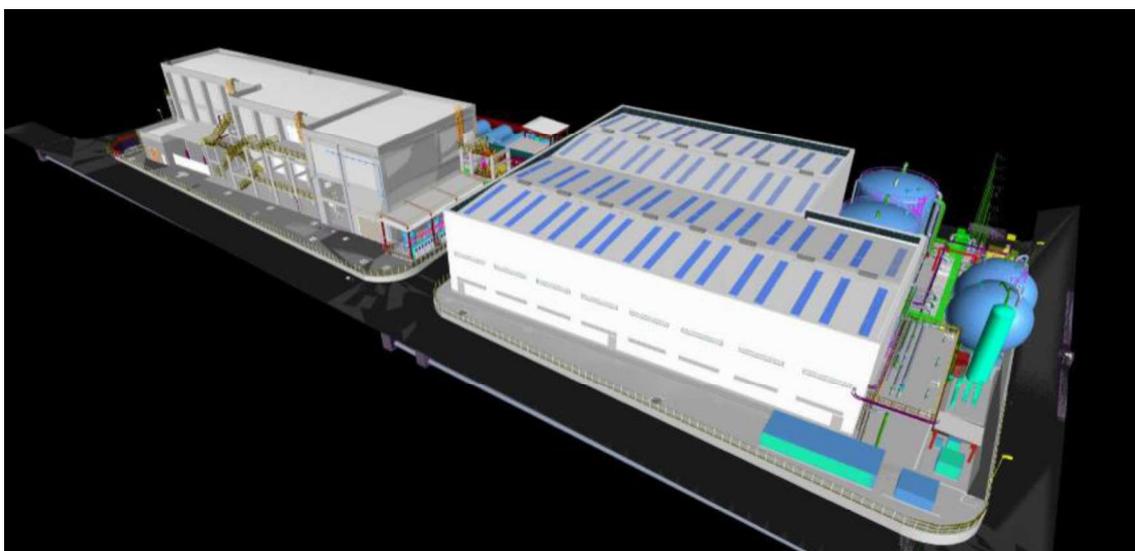
Cuadro 4. 2.Requerimiento de diseño de un producto para Refinería Talara

REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO	
DATOS GENERALES	
ENTIDAD	PETROPERÚ
PROYECTO:	REMODENIZACIÓN DE REFINERÍA TALARA.
UBICACIÓN:	REFINERÍA TALARA-PIURA
REQUERIMIENTO DE LA ENTIDAD	DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO POR TUBERÍA HÚMEDA
PUNTO DE ACCIÓN DEL SISTEMA	SALA DE CABLES DEL EDIFICIO DE CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE MAR.
CONDICIONES Y EXIGENCIAS	
DISEÑO :	EL SISTEMA DEBE DISEÑARSE DE ACUERDO A LAS NORMAS TECNICAS LEGALES NACIONALES E INTERNACIONALES:
	1. NATIONAL FIRE ASSOCIATION PROTECCION (NFPA)
	2. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES
	3. NORMAS TECNICAS PERUANAS(NTP)
FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA :	EL SISTEMA DEBE CUMPLIR SU FUNCIONALIDAD.
	SE DEBE IMPLEMENTAR PROTOCOLOS DE PRUEBA PERIODICA
	EL SISTEMA DEBE PASAR PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD
CALIDAD Y SEGURIDAD:	LA CALIDAD DEL SISTEMA DEBE CUMPLIR LAS EXIGENCIAS DE LA NORMA NFPA
	LA SEGURIDAD DEL SISTEMA DEBE CUMPLIR LAS EXIGENCIAS DE LA NORMA NFPA
MANTENIMIENTO DEL SISTEMA:	DEBE CUMPLIR LAS EXIGENCIAS DE LA NORMA NFPA.
	SE DEBE IMPLEMENTAR PROTOCOLOS Y PLANES DE MANTENIMIENTO EN FUNCIÓN A LA NORMA NFPA.
ACLARACIÓN:	EN EL CASO DE QUE SE PRESENTE INCOMPATIBILIDAD ENTRE LAS NORMAS, SE DEBE PREFERIR LA NFPA.
PRESUPUESTO:	LA EMPRESA QUE BRINDA SERVICIO DE INGENIERÍA Y/O IMPLEMENTACIÓN EMITIRA SU COTIZACIÓN FINAL PARA SU APROBACIÓN.

Fuente: requerimientos del cliente: Petroperú.

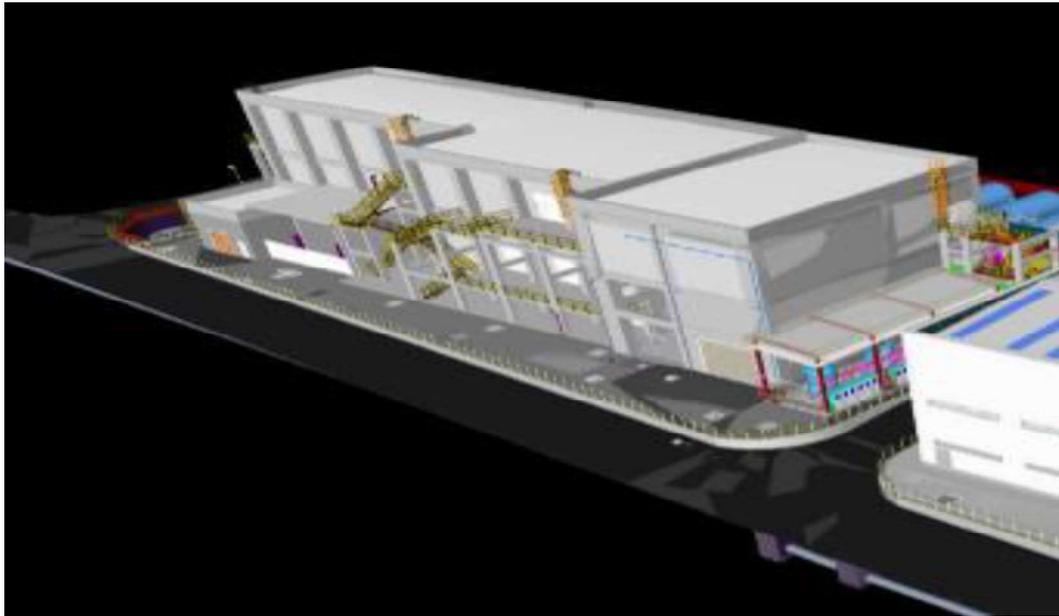
Modelado en 3D de la planta de tratamiento del agua de mar de refinería talara.

Figura 4. 3. Planta de tratamiento del agua de mar.



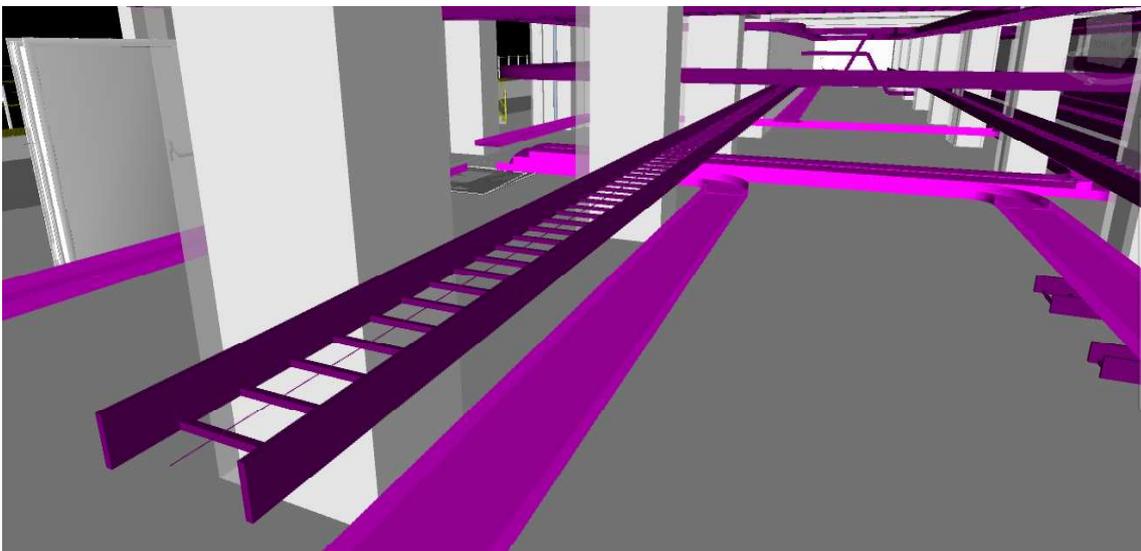
Fuente. Expediente técnico de modelado de estructura. Remodernización de refinería talara.

Figura 4. 4. *Edificio de control de la planta de tratamiento de agua de mar.*



Fuente. Expediente técnico de modelado de estructura. Remodernización de refinería talara.

Figura 4. 5. *Sala de cables del edificio de control.*



Fuente. Expediente técnico de modelado de estructura. Remodernización de refinería talara.

4.7. Etapas del diseño.

Etapas del diseño del sistema contra incendio

Etapa 1.

Determinación del riesgo de incendio.

Etapa 2.

Selección del aspersor en función a cálculos hidráulicos y criterios para la selección del aspersor y dimensionamiento de líneas de tuberías

Etapa 3.

Diseño morfológico del sistema contra incendio y cálculos hidráulicos para determinación del caudal y presión.

Etapa 4.

Selección de máquinas de impulsión y determinación de elementos de control para el correcto funcionamiento y automático del sistema contra incendio.

4.8. Ingeniería de detalle

Evaluación del nivel de riesgo de sala de cables.

Para evaluar el riesgo de incendio se tiene los parámetros básicos y se aplica el Método de Mesari.

Cuadro 4. 3. *Parámetros básicos del edificio de control.*

PARÁMETROS PARA DETERMINAR EL NIVEL DE RIESGO DE INCENDIO				
DIMENSIONES DEL EDIFICIO	EDIFICIO DE CONTROL DEL PLANTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA		UBICACIÓN: REFINERÍA TALARA-PIURA	
	N° DE PISOS DEL EDIFICIO DE CONTROL: 3 PISOS			
	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO			
	NIVELES	OCUPACIÓN	ALTURA(m)	DIMENSIONES BASE (m)
PISO ° 1	SALA DE CABLES	3	55x18x22x6x12	792
PISO ° 2	SALA ELÉCTRICA , SALA DE BATERIAS, SALA DE SERVIDORES	3.5		792
PISO ° 3	SALA CLIMATIZACIÓN, SALA ELECTRÓNICA Y DE CONTROL	3.5		792
CONDICIONES AMBIENTALES	DESCRIPCIÓN DE CONDICIONES AMBIENTALES REFINERÍA TALARA			
	TEMPERATURA	MIN. AMBIENTAL		MAX AMBIENTAL
		15°C		33°C
	PRESIÓN ATMOSFÉRICA	101.3KPa		
	HUMEDAD RELATIVA	80%		
	RENOVACIÓN DE AIRE	5-8 RENOV/H		
	SALA DE CABLES DEL EDIFICIO DE CONTROL			
	TEM. MÁX. PERMITIDA	PARA CABLES DE CONDUCCIÓN MAYOR	FUENTE: CODIGO NACIONAL NACIONAL DE ELECTRICIDAD	
CIELO RASO	TEMPERATURA MÁXIMO ACUMULADO EN EL CIELO RASO 60°C			

Fuente: expediente técnico de remodelación de refinería talara

Cuadro 4. 4. Evaluación de riesgo de incendio

EVALUACIÓN DE RIESGO DE INCENDIO: METODO MESARI					
EDIFICIO	EDIFICIO DE CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL MAR DE REFINERIA TALARA.				
FACTORES DE CONSTRUCCIÓN	N° DE PISOS	ALTURA DE EDIFICIO	COEFICIENTE	PUNTOS	
	<3	<6 M	3		
	3,4 o 5	ENTRE 6 y 10 M	2		
	6,7,8 o 9	15 A 28 M	1		
	>10	>28 M	0	2	
	SUPERFICIE DE MAYOR INCENDIO(M ²)				
	<500		5		
	ENTRE 501 A 1500		4		
	ENTRE 1501 A 2500		3		
	ENTRE 2501 A 3500		2		
	ENTRE 3501 A 4500		1	3	
	>4500		0		
	RESISTIVIDAD DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS A FUEGO				
	ALTA(HORMIGON,OBRA)		10	10	
	MEDIA(METÁLICA PROTEGIDA, MADERA GRUESA)		5		
BAJA(METÁLICA SIN PROTEGER, MADERA FINA)		0			
FALSOS TECHOS			3		
SIN FALSOS TECHOS		5			
CON FALSO TECHO INCOMBUSTIBLE		3			
CON FALSO TECHO COMBUSTIBLE		0			
FACTORES DE SITUACIÓN	DISTANCIA DE LOS BOMBEROS			0	
	<5 KM	< 5 MIN	10		
	ENTRE 5 A 10KM	ENTRE 5 A 10 MIN	8		
	ENTRE 10 A 15 KM	ENTRE 10 A 15MIN	6		
	ENTRE 15 A 20 KM	ENTRE 15 A 25 MIN	2		
	> 20 KM	> 25 MIN	0		
	ACCESIBILIDAD DEL EDIFICIO			1	
	BUENA		5		
	MEDIA		3		
	MALA		1		
MUY MALA		0			
FACTORES DE PROCESO / ACTIVIDAD	PELIGRO DE ACTIVACIÓN DE FUENTES DE IGNICIÓN			0	
	BAJO		10		
	MEDIO		5		
	ALTO		0		
	CARGA TÉRMICA			0	
	BAJA(<1000MJ/M ²)		10		
	MODERADO(ENTRE 1000MJ/M ² - 2000MJ/M ²)		5		
	ALTA(ENTRE 2000MJ/M ² - 5000MJ/M ²)		2		
	MUY ALTA(>5000MJ/M ²)		0		
	INFLAMABILIDAD DE LOS COMBUSTIBLES			3	
	BAJA		5		
	MEDIA		3		
	ALTA		0		
	ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO			5	
	ALTO		10		
	MEDIO		5		
	BAJO		0		
	ALMACENAMIENTO EN ALTURA			2	
MENOR DE 2 M		3			
ENTRE 2 A 6 M		2			
> 6 M		0			
FACTOR DE CONCENTACIÓN DE	CONCENTRACIÓN DE VALORES EN \$			0	
	<600 \$/M ²		3		
	ENTRE 600 A 1500 \$/M ²		2		
	>1500 \$/M ²		0		
	FACTOR DE DESTRUCTIBILIDAD	POR CALOR			0
		BAJA		10	
		MEDIA		5	
		ALTA		0	
		POR HUMO			0
		BAJA		10	
		MEDIA		5	
		ALTA		0	
POR CORROSIÓN			5		
BAJA		10			
MEDIA		5			
ALTA		0			
POR AGUA			0		
BAJA		10			
MEDIA		5			
ALTA		0			
FACTOR DE PROPAGABILIDAD	VERTICAL			0	
	BAJA		5		
	MEDIA		3		
	ALTA		0		
	HORIZONTAL			0	
	BAJA		5		
MEDIA		3			
ALTA		0			
SUBTOTAL "X"				34	

FACTORES DE PROTECCIÓN	INSTALACIONES DE EQUIPOS DE P.C.I	VIGILANCIA HUMANA				PUNTOS
		SIN		CON		
	DETECCIÓN AUTOMÁTICA	SIN CRA 0	CON CRA 2	SIN CRA 3	CON CRA 4	2
ROCIADORES AUTOMÁTICOS	SIN CRA 5	CON CRA 6	SIN CRA 7	CON CRA 8	6	
EXTINTORES PORTATILES	1		2		1	
BOCAS DE INCENDIO EQUIPADA(BIE)	2		2		2	
HIDRANTES EXTERIORES	2		4		2	
ORGANIZACIÓN						
EQUIPOS DE PRIMERA INTERVENCIÓN	2		2		2	
EQUIPOS DE SEGUNDA INTERVENCIÓN	4		4		4	
PLAN DE AUTOPROTECCIÓN Y EMERGENCIA	2		4		2	
SUBTOTAL "Y"					21	

$$\text{VALOR DE RIESGO, P.} = \frac{5}{129} X + \frac{5}{30} Y; \quad 4.8178$$

E EVALUACIÓN DE RIESGO		
VALOR DE RIESGO, P	CALIFICACIÓN DE RIESGO	EQUIV. NFPA 13
<3	MUY MALO	RIESGO EXTRA GRUPO II
3 A 5	MALO	RIESGO EXTRA GRUPO I
5 A 8	BUENO	RIESGO ORDINARIO
>8	MUY BUENO	RIESGO LEVE

Fuente: elaboración pro

Selección del aspersor de sistema contra incendio.

parámetros para la selección del aspersor.

- ✓ nivel de riesgo de incendio.
- ✓ temperatura del cielo raso.
- ✓ cobertura máxima del aspersor o área de protección
- ✓ densidad de descarga
- ✓ factor de descarga K.

el tipo de aspersor que normalmente se utiliza en los edificios es tipo montante o colgante de cobertura estándar de respuesta normal ($RTI > (80 m - s) \frac{1}{2}$) (NFPA13,2010)

Determinación de temperatura de activación del aspersor

La temperatura del cielo raso de sala de cables es de 60°C.

Entonces utilizamos la tabla: "tabla 2. 8. rango de temperatura, clasificación y códigos de color" para determinar la temperatura de activación de aspersor.

Rangos de temperatura, clasificaciones y códigos de color						
Temperatura máxima en el cielo raso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Código de color	Colores de la ampolla de vidrio
°F	°C	°F	°C			
100	38	135–170	57–77	Ordinaria	Sin color o negro	Naranja o rojo
• 150	66	175–225	79–107	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
225	107	250–300	121–149	Alta	Azul	Azul
300	149	325–375	163–191	Extra alta	Rojo	Violeta
375	191	400–475	204–246	Extra muy alta	Verde	Negro
475	246	500–575	260–302	Ultra alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Naranja	Negro

Fuente: Tabla 2.8. extraído de la base teórica.

Entonces tenemos la temperatura de 66°C la que más se ajusta a nuestro requerimiento para determinar las características funcionales básicas del aspersor en el ambiente de sala de cables.

Color de ampolla o fusible: **Amarillo**.

Rango de temperatura de activación: **79°C-105°C**.

Clasificación temperatura: **Intermedia**.

Determinación de cobertura del aspersor

Se utiliza la siguiente tabla: “tabla 2. 6. *área de protección y espaciamiento máximo de aspersores de riesgo extra*” para determinar el área de protección del aspersor

Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores pulverizadores estándar colgantes y montantes para riesgos extra					
Tipo de construcción	Tipo de sistema	Área de protección		Espaciamiento máximo	
		pies ²	m ²	pies	m
Todos	Cédula de tubería	90	8.4	12*	3.7*
• Todos	Calculado hidráulicamente con densidad ≥ 0.25	100	9.3	12*	3.7*
Todos	Calculado hidráulicamente con densidad < 0.25	130	12.1	15	4.6

Fuente: Tabla 2.6. extraído de la base teórica.

El sistema se diseña de acuerdo a cálculos hidráulicos con densidad mayor a 0.25, por lo tanto, se tiene de la tabla anterior.

$$A = \text{área de protección del aspersor} = 100 \text{ pies}^2 = 9.3 \text{ m}^2$$

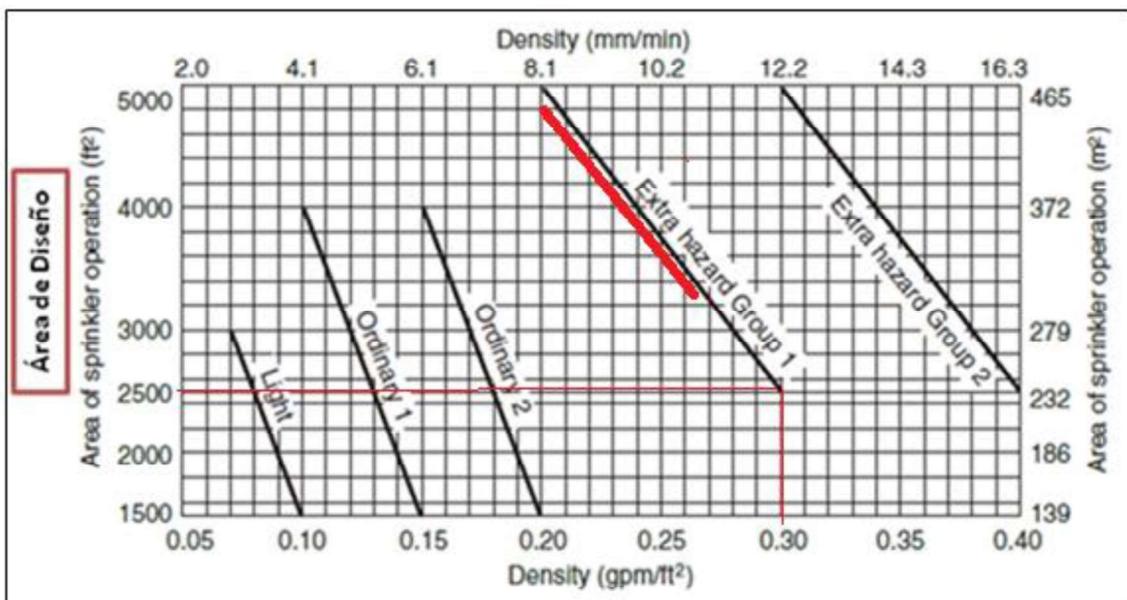
Separación máxima entre aspersores = 3.7m

Área mínima de diseño del sistema contra incendio

La determinación del área mínima de diseño para tubería húmeda está en función al riesgo de incendio.

Para el edificio de acuerdo al riesgo determinado: **Riesgo extra grupo 1.**

Se determina el área de diseño de acuerdo a la tabla: "tabla 2. 7. *área mínima para el diseño de tubería húmeda*"



Fuente: Tabla 2.7. extraído de la base teórica.

de la tabla riesgo extra grupo 1:

$$\text{Área mínima de diseño del sistema} = A_{\text{diseño}} = 2500 \text{ pies}^2.$$

$$\text{Densidad de descarga del aspersor} = 0.30 \text{ gpm/pies}^2.$$

$$\text{Densidad de descarga del aspersor} + 0.02: D_{\text{srg}} = 0.32 \text{ gpm/pies}^2 \text{ (criterio de diseño)}$$

Caudal mínimo requerido en los aspersores dentro del área de diseño

$$q_1 = A \times D_{\text{srg}}$$

Donde

q_1 : caudal mínimo requerido en el aspersor

A: área de protección del aspersor (pies^2)

D_{arg}: densidad de descarga en el aspersor.

$$q_1 = 100 \text{ pies}^2 \times 0.32 \text{ gpm}/\text{pies}^2 = 32 \text{ gpm}$$

Determinación de factor de descarga del aspersor: factor K.

El Criterio de selección Para riesgo extra: la presión de descarga en el aspersor debe ser mayor a 20 psi, de acuerdo a las recomendaciones de buenas prácticas de NFPA. Entonces de la tabla: “tabla 2. 3. *factor K de descarga para aspersores*” se tiene.

Identificación de las características de descarga de los rociadores					
Factor K nominal [gpm/(psi) ^{1/2}]	Factor K nominal [L/min/(bar) ^{1/2}]	Rango del factor K [gpm/(psi) ^{1/2}]	Rango del factor K [L/min/(bar) ^{1/2}]	Porcentaje de descarga del factor K-5.6 nominal	Tipo de rosca l
1.4	20	1.3–1.5	19–22	25	NPT de ½ pulg.
1.9	27	1.8–2.0	26–29	33.3	NPT de ½ pulg.
2.8	40	2.6–2.9	38–42	50	NPT de ½ pulg.
4.2	57	4.0–4.4	59–64	75	NPT de ½ pulg.
5.6	80	5.3–5.8	76–84	100	NPT de ½ pulg.
8.0	115	7.4–8.2	107–118	140	NPT de ¾ pulg. o NPT de ½ pulg.
11.2	160	10.7–11.7	159–166	200	NPT de ½ pulg. o NPT de ¾ pulg.
14.0	200	13.5–14.5	195–209	250	NPT de ¾ pulg.
16.8	240	16.0–17.6	231–254	300	NPT de ¾ pulg.
19.6	280	18.6–20.6	272–301	350	NPT de 1 pulg.
22.4	320	21.3–23.5	311–343	400	NPT de 1 pulg.
25.2	360	23.9–26.5	349–387	450	NPT de 1 pulg.
28.0	400	26.6–29.4	389–430	500	NPT de 1 pulg.

Fuente: Tabla 2.3. extraído de la base teórica.

Determinación de factor de descarga del aspersor.

normalmente se utiliza los siguientes factores de descarga

$$5.6 \text{ gpm}/\sqrt{\text{psi}} ; 8 \text{ gpm}/\sqrt{\text{psi}} ; 11.2 \text{ gpm}/\sqrt{\text{psi}} .$$

Se tiene la expresión.

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

Y como dato tenemos:

$$q_1 = 32 \text{ gpm}$$

Entonces.

$$P1 = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 = \left(\frac{32}{5.6}\right)^2 = 32.65 \text{ psi} \quad \nearrow$$

$$P2 = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 = \left(\frac{32}{8}\right)^2 = 16 \text{ psi} \quad \times$$

$$P3 = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 = \left(\frac{32}{11.2}\right)^2 = 8.16 \text{ psi} \quad \times$$

Entonces factor de descarga K, que cumple el criterio de selección es

$$K = 5.6 \text{ gpm}/\sqrt{\text{psi}}$$

Cálculo de número de aspersores en el área de diseño

$$\#R = \frac{A_{\text{diseño}}}{A_{\text{cobertura del rociador}}} = \frac{2500}{100} = 25 \text{ rociadores}$$

$$\#R = 25 \text{ rociadores.}$$

Donde

#R: cantidad de aspersores en el área de diseño

Cálculo del Total de aspersores en la sala de cables.

$$A_t = 792 \text{ m}^2 = 8525.088 \text{ pie}^2$$

$$T_{\text{asp}} = \frac{A_t}{A_{\text{p.asp.}}} = \frac{8525.088 \text{ pie}^2}{100 \text{ pie}^2} = 85.25.$$

$$T_{\text{asp}} = 86 \pm 5$$

Donde.

A_t: área de sala de cables

T_{asp}: total de aspersores necesarios para la sala de cables.

Cálculo hidráulico de presión y caudal para el sistema.

Para el cálculo hidráulico se desarrollado un esquema morfológico (véase anexo 4) del sistema contra incendio de acuerdo a los componentes que se ha seleccionado y la selección de líneas de tubería de acuerdo a la tabla: "Tabla 4.

1. *Dimensiones mínimas por aspersor de líneas de tubería para riesgo extra"*

Criterios de selección de líneas de tubería

1. la velocidad de flujo según la norma NFPA 13 no debe exceder más 4.5m/s; y en ningún caso se permite que exceda más de 6 m/s. sí la velocidad del flujo sobrepasa 4.5 m/s, se debe permitir que solo en menos de 3% del total

de líneas de tubería, se permita las velocidades superiores a 4.5 m/s , siempre que sea menor a 6m/s.

2. para dimensionar el diámetro mínimo de las tuberías se aplica el criterio que se establece en la “tabla 4.1”.
3. se utiliza la norma NFPA 13, la cual especifica el uso de diferentes normas, para determinar el tipo de tubería en nuestro caso se utilizará la Tri-norma ASTM 53, 106 y API5.(acero negro)

Tabla 4. 1. Dimensiones mínimas por aspersor de líneas de tubería para riesgo extra.

Tabulación de las tuberías de riesgo extra			
Acero		Cobre	
1 pulg	1 rociador	1 pulg	1 rociador
1¼ pulg	2 rociadores	1¼ pulg	2 rociadores
1½ pulg	5 rociadores	1½ pulg	5 rociadores
2 pulg	8 rociadores	2 pulg	8 rociadores
2½ pulg	15 rociadores	2½ pulg	20 rociadores
3 pulg	27 rociadores	3 pulg	30 rociadores
3½ pulg	40 rociadores	3½ pulg	45 rociadores
4 pulg	55 rociadores	4 pulg	65 rociadores
5 pulg	90 rociadores	5 pulg	100 rociadores
6 pulg	150 rociadores	6 pulg	170 rociadores

Fuente: Norma NFPA 13, 2010, pág.430.

la selección de líneas de tubería es de acuerdo a la “tabla 4.1” y las líneas de tuberías seleccionadas se puede visualizar en el “anexo 5”

Criterios para determinar el caudal y presión

1. zona o área de diseño más alejado con respecto al punto de suministro de agua, mayor pérdida de carga en las líneas de tubería.
2. Área de diseño correspondiente a 25 aspersores activadas más dos bocas de incendio equipada en funcionamiento, más una toma de bomberos.

Se utilizará las siguientes expresiones para determinar el caudal y presión requerida por el sistema.

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

Para determinar caída de presión en líneas de tubería

Las fórmulas de Hazan-Williams.

$$p = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}$$

Donde:

p : presión por efecto resistencia de fricción, pérdida (psi/pies)

Q : caudal(gpm).

d : diámetro(pulg).

C : coeficiente de pérdida por fricción.

El coeficiente de pérdida por fricción se obtiene de la tabla: "tabla 2.

1.coeficiente de caída de presión por fricción."

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

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

Fuente: tabla 2.1. extraído de la base teórica.

Para determinar caída de presión en los accesorios y válvulas Sé va utilizar la tabla: "tabla 2. 2. accesorios y válvulas expresados en longitud equivalente de tubería de cedula 40"

Table 14.4.3.1.1 Equivalent Schedule 40 Steel Pipe Length Chart

Fittings and Valves	Fittings and Valves Expressed in Equivalent Feet of Pipe														
	½ in.	¾ in.	1 in.	1¼ in.	1½ in.	2 in.	2½ in.	3 in.	3½ in.	4 in.	5 in.	6 in.	8 in.	10 in.	12 in.
45° elbow	—	1	1	1	2	2	3	3	3	4	5	7	9	11	13
90° standard elbow	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18	22	27
90° long-turn elbow	0.5	1	2	2	2	3	4	5	5	6	8	9	13	16	18
Tee or cross (flow turned 90°)	3	4	5	6	8	10	12	15	17	20	25	30	35	50	60
Butterfly valve	—	—	—	—	—	6	7	10	—	12	9	10	12	19	21
Gate valve	—	—	—	—	—	1	1	1	1	2	2	3	4	5	6
Swing check ^a	—	—	5	7	9	11	14	16	19	22	27	32	45	55	65

For SI units, 1 in. = 25.4 mm; 1 ft = 0.3048 m.

Note: Information on ½-in. pipe is included in this table only because it is allowed under 8.14.19.3 and 8.14.19.4.

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

Fuente: tabla 2.2. extraído de la base teórica.

Metodología de cálculo Hidráulico

La metodología de cálculo es ANALÍTICO. Los cálculos se desarrollan a partir de caudal mínimo requerido por el sistema en el aspersor más crítico. se hace el cálculo hacía la línea de tubería principal o de alimentación para determinar la presión y caudal requerido por el sistema contra incendio; también se tiene que tener en cuenta agregar el caudal necesario en los BIES.

La presión de caída de presión en líneas de tubería y accesorios se determina con la siguiente expresión.

Caída de presión por fricción en línea de tubería.

$$Pfl = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} * L(psi)$$

Caída de presión por gravedad.

$$Pg = \gamma * h \text{ (psi)}$$

Caída de presión en accesorio de conexión.

$$Pac = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} * Leqv \text{ (psi)}$$

Donde.

L: longitud de tubería(feet)

h: altura gravitacional con respecto a un punto(feet)

Leqv.: longitud equivalente del accesorio con respecto a la línea de tubería (feet)

γ : peso específico del agua a 12°C = 0.0361($\frac{lb}{pulg^3}$).

Para determinar el factor de orificio K, cuando sea necesario determinar el caudal y presión se utiliza la expresión:

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

Determinación de caudal y presión para el sistema.

Se sabe que el caudal mínimo en el aspersor es $q_1 = 32\text{gpm}$

Agregamos +7gpm (criterio de diseño) al aspersor para el cálculo de presión y caudal necesario.

Aclaración para nuestro calculo: Los prefijos o denominaciones (*T...*, *J...*) hacen referencia a los nombres de las tuberías y aspersores, respectivamente, que se encuentran en el sistema (véase el anexo 4 y 5)

También *Q ...* y *P ...* representan el caudal y presión en las líneas de tuberías o aspersores y que el numeral es lógicamente equivalente entre ellas.

Entonces el caudal y presión en el aspersor *J4*(véase anexo 4)

$$Q4 = q'_1 = 39\text{gpm}$$

$$P4 = \left(\frac{Q4}{K}\right)^2 = \left(\frac{39}{5.6}\right)^2 = 48.50 \text{ psi}$$

- Caída de presión línea T29 y accesorio.

$$Cp = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} * (L + Leqv) + \gamma * h$$

$$Cp29 = \frac{4.52 \times 39^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.61^{4.87}} * (0.984 + 4) + 0.0361 * 11.81 = 0.703 \text{ psi.}$$

Presión en la salida en la línea de tubería T28.

$$Pst28 = 48.50 \text{ psi} + 0.703 \text{ psi} = 49.20 \text{ psi.}$$

$$Qt28 = 39 \text{ gpm}$$

- Caída de presión en la línea tubería T28

$$Cp28 = \frac{4.52 \times 39^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.61^{4.87}} * (9.19 + 0) + 0.0361 * 0 = 0.51 \text{ psi.}$$

Presión en la salida de tubería T26.

$$Pst26 = 49.20 \text{ psi} + 0.51 \text{ psi} = 49.71 \text{ psi}$$

Determinación de factor K de descarga del orificio de distribución entre las líneas de tubería T(26,27,28).

Se sigue el siguiente procedimiento.

Hemos supuesto que el caudal que debe salir por el aspersor es de 39gpm

Entonces el caudal y presión en el aspersor J3

$$P3 = \left(\frac{Q3}{K}\right)^2 = \left(\frac{39}{5.6}\right)^2 = 48.50 \text{ psi}$$

- Caída de presión línea T27 y accesorio.

$$Cp27 = \frac{4.52 \times 39^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.61^{4.87}} * (0.984 + 8) + 0.0361 * 11.81 = 0.926 \text{ psi.}$$

Presión en la salida de la línea de tubería T26.

$P_{st26} = 48.50 \text{ psi} + 0.926 \text{ psi} = 49.43 \text{ psi}$ (presión para determinar el factor K del orificio de salida de caudal)

Se observa que se tiene dos presiones en la salida de la línea de tubería T26, 49.71 psi y 49.43 psi , la presión mayor es la real y la menor se utiliza únicamente para determinar el factor K de descarga.

Entonces se calcula el factor K de orificio de distribución entre T(26,27,28) orificio T27

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} = \frac{39}{\sqrt{49.43}} = 5.55 \text{ gpm} / \sqrt{\text{psi}}$$

Este factor es válido para todos los orificios de tuberías que se interceptan con la línea de tubería conectada al aspersor; por el hecho de que en todo aspersor se tiene que suponer para el cálculo del factor de orificio K: el caudal de 39gpm, $K=5.5$, y las líneas de tubería que están conectadas al aspersor que son del mismo material y dimensiones iguales.

Cálculo del caudal real que sale por el aspersor J3

Se tiene dos presiones en la salida de la tubería T26.

49.71 psi y 49.43 psi . la presión mayor es la presión real, mientras que la presión ideal es la menor, la cual es útil para determinar el factor K del orificio.

Entonces el caudal real que circula por el aspersor J3

es

$$Q_3 = K\sqrt{P} = 5.55 \times \sqrt{49.71} = 39.13 \text{ gpm}$$

Caudal que sale en la tubería T26

$$. Q_{t26} = Q_{t28} + Q_{t29} = 39 \text{ gpm} + 39.13 \text{ gpm} = 78.13 \text{ gpm}$$

Presión en la salida en la tubería T26

$$P_{st26} = 49.71 \text{ psi}.$$

- Caída de presión línea T26

$$Cp_{26} = \frac{4.52 \times 78.13^{1.85}}{120^{1.85} \times 1.61^{4.87}} * (11.48 + 0) + 0.0361 * 0 = 2.30 \text{ psi}$$

Presión en la salida de la línea de tubería T24.

$$P_{st24} = 49.71 \text{ psi.} + 2.30 \text{ psi} = 52.00 \text{ psi.}$$

Para determinar el caudal que sale al aspersor J2 se hace el calculo directamente ya que se tiene el factor K de orificio. Además, se tiene la presión real.

Entonces.

$$Qt_{25} = J2 = K\sqrt{P} = 5.5\sqrt{52} = 39.66 \text{ gpm.}$$

Caudal en la salida de la tubería T24

$$Qt_{24} = Qt_{25} + Qt_{26} = 39.66 \text{ gpm.} + 78.13 \text{ gpm} = 117.79 \text{ gpm}$$

- Caída de presión línea T24

$$Cp_{24} = \frac{4.52 \times 117.79^{1.85}}{120^{1.85} \times 2.067^{4.87}} * (7.54 + 0) + 0.0361 * 0 = 0.96 \text{ psi}$$

Presión en la salida de la línea de tubería T22.

$$P_{st22} = 52.00 \text{ psi} + 0.96 \text{ psi} = 52.98 \text{ psi.}$$

Caudal que sale en el aspersor J1

$$Qt_{23} = J1 = K\sqrt{P} = 5.5\sqrt{52.98} = 40.03 \text{ gpm.}$$

Caudal en la salida de la tubería T22

$$Qt_{22} = Qt_{23} + Qt_{24} = 40.03 \text{ gpm} + 117.79 \text{ gpm} = 157.82 \text{ gpm.}$$

- Caída de presión línea T22 y accesorio.

$$Cp_{22} = \frac{4.52 \times 157.82^{1.85}}{120^{1.85} \times 2.067^{4.87}} * (2.08 + 5) + 0.0361 * 0 = 1.55 \text{ psi}$$

Presión en la salida de la línea de tubería T21.

$$P_{st21} = 52.98 \text{ psi} + 1.55 \text{ psi} = 54.53 \text{ psi}.$$

Determinación del factor K de descarga del orificio entre las tuberías T(21,22)

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} = \frac{157.82}{\sqrt{54.52}} = 21.37 \text{ gpm} / \sqrt{\text{psi}}$$

Este factor es usado para determinar directamente el caudal que sale a los ramales del grupo de aspersores, a partir de las líneas de tubería principal de abastecimiento.

- Caída de presión línea T21 y accesorio.

$$C_{p21} = \frac{4.52 \times 157.82^{1.85}}{120^{1.85} \times 4.026^{4.87}} * (8.86 + 0) + 0.0361 * 0 = 0.08 \text{ psi}$$

Presión en la salida de la línea de tubería T20.

$$P_{st20} = 54.53 \text{ psi} + 0.08 \text{ psi} = 54.61 \text{ psi}.$$

Caudal de salida en la T30 para los aspersores (J5,J6,J7,J8)

$$Q_{t30} = K\sqrt{P} = 21.37\sqrt{54.61} = 157.92 \text{ gpm}.$$

Caudal en la salida de la tubería T20

$$Q_{t20} = 157.82 \text{ gpm} + 157.92 \text{ gpm} = 315.74$$

- Caída de presión línea T20

$$C_{p20} = \frac{4.52 \times 315.74^{1.85}}{120^{1.85} \times 4.026^{4.87}} * (8.86 + 0) + 0.0361 * 0 = 0.27 \text{ psi}$$

Presión en la salida de la línea de tubería T19.

$$P_{st19} = 54.61 \text{ psi} + 0.27 \text{ psi} = 54.88 \text{ psi}.$$

Caudal de salida en la T38 para los aspersores (J9,J10,J11,J12)

$$Q_{t38} = K\sqrt{P} = 21.37\sqrt{54.88} = 158.31 \text{ gpm}.$$

Caudal en la salida de la tubería T19

$$Qt19 = 315.74gpm + 158.31gpm = 474.05gpm$$

- Caída de presión línea T19 y accesorio.

$$Cp19 = \frac{4.52 \times 474.05^{1.85}}{120^{1.85} \times 4.026^{4.87}} * (8.86 + 0) + 0.0361 * 0 = 0.58psi$$

Presión en la salida de la línea de tubería T18.

$$Pst18 = 54.88psi + 0.58psi = 55.46psi$$

Caudal de salida en la T46 para los aspersores (J13,J14,J15,J16)

$$Qt46 = K\sqrt{P} = 21.37\sqrt{55.46} = 159.14gpm.$$

Caudal en la salida de la tubería T18

$$Qt18 = 474.05gpm + 159.14gpm. = 633.19gpm.$$

- Caída de presión línea T18

$$Cp18 = \frac{4.52 \times 633.19^{1.85}}{120^{1.85} \times 6.065^{4.87}} * (8.86 + 0) + 0.0361 * 0 = 0.13psi$$

Presión en la salida de la línea de tubería T17.

$$Pst17 = 55.46psi + 0.13psi = 55.59 psi$$

Caudal de salida en la T54 para los aspersores (J17,J18,J19,J20)

$$Qt54 = K\sqrt{P} = 21.37\sqrt{55.59} = 159.33gpm.$$

Caudal en la salida de la tubería T17

$$Qt17 = 633.19gpm + 159.33gpm = 792.52gpm$$

- Caída de presión línea T17

$$Cp17 = \frac{4.52 \times 792.52^{1.85}}{120^{1.85} \times 6.065^{4.87}} * (8.86 + 0) + 0.0361 * 0 = 0.20psi$$

Presión en la salida de la línea de tubería T16.

$$P_{st16} = 55.59 \text{ psi} + 0.20 \text{ psi} = 55.79 \text{ psi}.$$

Caudal de salida en la T62 para los aspersores (J21, J22, J23, J24)

$$Q_{t62} = K\sqrt{P} = 21.37\sqrt{55.79} = 159.61 \text{ gpm}.$$

Caudal en la salida de la tubería T16

$$Q_{t16} = 792.52 \text{ gpm} + 159.61 \text{ gpm} = 952.13 \text{ gpm}$$

✓ Caída de presión línea T16

$$C_{p17} = \frac{4.52 \times 952.13^{1.85}}{120^{1.85} \times 6.065^{4.87}} * (8.86 + 0) + 0.0361 * 0 = 0.285 \text{ psi}$$

Presión en la salida de la línea de tubería T15.

$$P_{st15} = 55.79 \text{ psi} + 0.28 \text{ psi} = 56.07 \text{ psi}.$$

Cálculo de caudal real de salida en el aspersor J28

El ramal que conecta al último aspersor J28 del área de diseño del sistema, para nuestro diseño no abastece agua a todos los aspersores, sino solo al aspersor J28.

Por ello se determinará un nuevo factor K de descarga del orificio entre las tuberías T(15,16,70)

Para tal caso se hace el procedimiento de cálculo aplicado anteriormente.

Se sabe que en todo aspersor el caudal de salida debe ser 39gpm

entonces

$$J28 = q'_1 = 39 \text{ gpm}$$

$$P4 = \left(\frac{Q4}{K}\right)^2 = \left(\frac{39}{5.6}\right)^2 = 48.50 \text{ psi}$$

- Caída de presión línea T77 y accesorio.

$$Cp = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} * (L + Leqv) + \gamma * h$$

$$Cp77 = \frac{4.52x39^{1.85}}{120^{1.85}x1.61^{4.87}} * (0.984 + 4) + 0.0361 * 11.81 = 0.703 \text{ psi.}$$

- Caída de presión línea T(76,74)

$$Cp(t76,74) = \frac{4.52x39^{1.85}}{120^{1.85}x1.61^{4.87}} * ((9.19 + 11.48) + 0) + 0.0361 * 0 = 1.15 \text{ psi.}$$

- Caída de presión línea T(70,72) y accesorios.

$$Cp(t70,72) = \frac{4.52x39^{1.85}}{120^{1.85}x2.067^{4.87}} * ((2.08 + 7.55) + 10) + 0.0361 * 0 = 0.32 \text{ psi.}$$

Presión ideal en la entrada de la línea de tubería T70.

$$Pst70 = P4 + Cp77 + Cp(t76,74) + Cp(t70,72)$$

$$Pst70 = 48.50 \text{ psi} + 0.703 \text{ psi} + 1.15 \text{ psi} + 0.32 \text{ psi} = 50.67 \text{ psi}$$

Cálculo de factor K del orificio de tubería en la entrada de T70.

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} = \frac{39}{\sqrt{50.67}} = 5.47 \text{ gpm} / \sqrt{\text{psi}}$$

En la entrada de línea de tubería T70 se tiene dos presiones una la mayor y otra menor que es la ideal, que facilita el cálculo del factor K del orificio de tubería.

Calculo real del caudal de salida en el aspersor J28

$$Qj28 = Qt70 = K\sqrt{P} = 5.47\sqrt{56.07} = 40.95 \text{ gpm}$$

Caudal en la salida de la tubería T15

$$Qt15 = Qt16 + Qt70$$

$$Qt15 = 952.13 \text{ gpm} + 40.95 \text{ gpm} = 993.08 \text{ gpm}$$

Caudal de diseño para el sistema de aspersores (Qdis)

$Q_{dis} = 993.08 \text{ gpm}$

- Caída de presión en la línea tubería $T(5,8,10,11,12,13,14)$

$$(2.30 + 1.64Cp(t5 - 14)) = \frac{4.52 \times 993.08^{1.85}}{120^{1.85} \times 2.067^{4.87}} * ((8.86 + 8.86 + 4.59 + 19.69 + 2.30 + 1.64 + 1.64) + (30 + 14 + 3)) + 0.0361 + 1.64 = 6.46 \text{ psi.}$$

Entonces la presión y caudal en la línea de tubería de entrada $T(5)$

$Q_{t5} = 993.08 \text{ gpm}$

$P_{et5} = 56.07 \text{ psi} + 6.46 \text{ psi} = 62.54 \text{ psi}$

Calculo hidráulico para conexiones de mangueras internas y una conexión externa para el uso de bomberos.

Cuadro 4. 5. *parámetros básicos para el cálculo hidráulico de mangueras.*

RECOMENDACIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO HIDRÁULICO PARA CONEXIONES DE MANGUERA SEGÚN NFPA		
DESCRIPCIÓN	VALORES	
para conexiones de mangueras de 2 -1/2" el flujo mínimo	caudal 100 <i>gpm</i>	presión 100 <i>psi</i>
para conexiones de mangueras de 2 -1/2" el flujo máximo	250 <i>gpm</i>	175 <i>psi</i>
caudal adicional para sistema combinado (sistema de aspersores+ conexiones de manguera y conexión bomberos) riesgo extra	agregar 500 <i>gpm</i> al caudal determinado para el sistema de aspersores	
ubicación de conexión de mangueras	1.5 m desde el nivel del piso	
longitud máxima de manguera	30 m	

Fuente: Elaboración propia, bajo criterios de diseño de NFPA 13 Y 14.

De acuerdo a las condiciones dadas para el diseño hidráulico de conexiones de mangueras.

Sabemos Que la longitud de manguera es de 30m y la dimensión del edificio de sala de cables, el largo de uno de los lados es de 55m.

Por lo que se determina que es necesario instalar 2 conexiones de mangueras y una válvula de conexión externa para el uso de cuerpo bomberos. Parámetros básicos para el diseño de BIE's.

Cuadro 4. 6. *condiciones básicas para el cálculo hidráulico de mangueras*

PARÁMETROS PARA DISEÑO HIDRÁULICO EN LA SALIDA DE CONEXIONES		
DESCRIPCIÓN	VALOR	
Conexión de manguera 1, BIE1, más alejada	caudal 150gpm	presión 109psi
conexión de manguera 2, BIE2.	caudal 150gpm	presión por determinar
Toma de bomberos	caudal 200gpm	presión por determinar

Fuente: elaboración propia con criterios establecidos por NFPA 13 y 14.

Cálculo de presión y caudal de suministro desde el punto BIE hasta la línea de entrada de tubería T4.

Para el cálculo de caída de presión se escoge la de BIE1, por el hecho de que es la más alejada que el resto de conexiones de manquera, por lo tanto, la caída de presión será mayor que el resto de caídas de presión en tuberías de manguera. La mayor caída de presión en el la línea de tubería para BIE's será la presión de comparación con la presión de sistema de aspersores para finalmente definir el mayor de ellas como presión de trabajo para el sistema.

Se aclara también que el cálculo de presión para comprobar si cumple el mínimo requerido el BIE2 y conexión toma bomberos no se realizará, porque se deduce que la BIE2 y conexión toma de bomberos está más cerca al sistema de bombeo por lo tanto sí se determina que la presión en el BIE1 cumple lo requerido, entonces el resto de las tomas también cumplen con el requerimiento establecido por la NFPA.

Entonces Tenemos.

BIE1.

Presión 109 psi y caudal 150 gpm.

Presión a la salida de la línea de tubería T214 ,la cual es igual a la presión de salida de la válvula de conexión a manguera, también llamado boca de incendio equipada (BIE)

Hemos agregado 9psi de presión a la presión requerida mínima requerida por la BIE1, entonces se tiene 109psi

$$P_{st214} = 109psi. \text{ y } Q_{st214} = 150gpm.$$

Presión en la entrada de la línea de tubería T214

$$\begin{aligned} P_{et214} &= 109 + \frac{4.52 \times 150^{1.85}}{120^{1.85} \times 2.635^{4.87}} * (3.281 + 0) + (-0.0361 * 3.281) \\ &= 107.78psi \end{aligned}$$

Presión en la entrada de la línea de tubería T213

$$P_{et213} = 107.78 + \frac{4.52 \times 150^{1.85}}{120^{1.85} \times 2.635^{4.87}} * (98.43 + (6 + 6)) + (0.0361 * 0) = 114.51psi$$

Presión en la entrada de la línea de tubería T210

$$P_{et210} = 107.78 + \frac{4.52 \times 150^{1.85}}{120^{1.85} \times 2.635^{4.87}} * (26.248 + 12) + (0.0361 * 0) = 116.85psi.$$

Presión en la entrada de la línea de tubería T9

$$P_{et9} = 116.85 + \frac{4.52 \times 300^{1.85}}{120^{1.85} \times 4.026^{4.87}} * (3.94 + 6) + (0.0361 * 3.94) = 118.82psi.$$

Presión en la entrada de la línea de tubería T7

$$P_{et7} = 116.85 + \frac{4.52 \times 300^{1.85}}{120^{1.85} \times 4.026^{4.87}} * (1.64 + 6) + (0.0361 * 1.64) = 119.82psi.$$

Caída de presión en la línea de tubería T4 y accesorio

$$C_{pt4} = \frac{4.52 \times 300^{1.85}}{120^{1.85} \times 4.026^{4.87}} * (0.98 + 20) + (0.0361 * 0) = 1.51 psi$$

Presión en la salida de línea de tubería T3

$$P_{st4} = 119.82 + 1.51 psi = 121.33psi$$

El caudal que sale de la línea de tubería T3 es igual al caudal que sale a los BIE's más el caudal que sale al sistema de aspersores.

Entonces

$$Q_{t3} = Q_{bies} + Q_{asp} = Q_{t4} + Q_{t5}$$

$$Q_{t3} = 500gpm + 993.08gpm = 1493.08gpm$$

Existe dos presiones calculadas a la salida de la línea de tubería T3

$$P_{st3} = 121.33psi. \text{ Y } 62.54psi.$$

De estas dos presiones la presión de trabajo es la mayor, pero el sistema de aspersores solo requiere 62.54psi. en este caso se utilizará una válvula reguladora de presión para limitar la presión y caudal requerido por el sistema de aspersores.

cálculo de presión y caudal requerido por el sistema.

En la salida de tubería T3

Se tiene

$$Q_{t3} = 1493.08gpm \text{ y } P_{st3} = 121.33psi$$

Calcularemos la presión requerido hasta el punto de bombeo

Presión en la entrada de la línea de tubería T2: se calcula caída de presión en T3 más caída de presión en la línea T2 y accesorios.

$$P_{st2} = 121.33 + \frac{4.52 \times 1493.08^{1.85}}{120^{1.85} \times 6.0656^{4.87}} * ((2.62 + 14) + 6.56) + (0.0361 * 2.62) = 124.18psi.$$

Finalmente, la Presión en la entrada de la línea de tubería T1

$$P_{et1} = 124.18psi + \frac{4.52 \times 1493.08^{1.85}}{150^{1.85} \times 6.0656^{4.87}} * (131.24 + 0.0361 * 0) = 130.59psi.$$

Por lo tanto, el sistema de tubería húmeda requiere De Caudal y presión.

$$Q_t = 1493.08gpm \text{ y } P_t = 130.59psi$$

Cálculo de presión y caudal requerido con software aft fathom10, para comprobar los resultados.

Cuadro 4. 7. Simulación del sistema y resultados hidráulico requerida

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (gal/min)	P Estática Max (psig)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Mín (psig)	Elevación de Entrada (meters)
1	T1	1,500.00	130.00	5.077	120.15	0.0000
2	T2	1,500.00	120.15	5.077	119.66	0.0000
3	T3	1,500.00	118.82	5.077	117.49	0.0000
4	T4	500.00	118.29	3.841	118.22	0.8000
5	T5	1,000.00	118.53	3.385	117.76	0.8000

Fuente: calculo hidráulico con software aft fathom 10.

Resultados de cálculo hidráulico con software aft fathom para sistema contra incendio.

$$Q_t = 1500\text{gpm} \quad y \quad P_t = 130\text{psi}$$

Cálculo de error porcentual de caudal y presión.

Error porcentual del caudal.

$$\Delta Q\% = \frac{1500 - 1493.08}{1500} \times 100\% = 0.46\%$$

$$\Delta P\% = \frac{130.59 - 130}{130} \times 100\% = 0.45\%$$

entonces nuestro calculo es confiable ya que el error de cálculo de presión y caudal es menor a 3% con respecto al cálculo especializado del software aft fathom 10.

los resultados que se va utilizar en este diseño son los resultados obtenidos por el software, ya que se aproxima más al resultado real.

entonces presión y caudal requerido por el sistema es

$$Q = 1500\text{gpm} \quad y \quad P = 130\text{psi}$$

Selección de tuberías y accesorios.

Se observa que la velocidad en las líneas de tubería, en la “tabla 4.11” solo en la entrada excede al valor de 4.5 m/s, en el resto de las líneas de tubería, siempre la velocidad es menor a 4.5 m/s.

También las líneas de tubería proporcionan suficiente caudal y presión al sistema

Por lo que las tuberías seleccionadas anteriormente cumplen con los requerimientos y por tanto quedan seleccionadas para el sistema contra incendio por tubería húmeda.

Selección de máquinas de impulsión de agua

Cálculo de Potencia hidráulica (Ph)

$$Ph = \gamma QH$$

Donde

Ph : potencia hidráulica, unidad kilowatts (KW).

γ : peso específico (KN/m^3)

Q : caudal (m^3/s)

H : altura neta de bombeo.

Cuadro 4. 8. *Parámetros para la selección de bomba hidráulica.*

PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE BOMBAS HIDRÁULICAS			
DESCRIPCIÓN	EQUIVALENCIA DE VALORES		TEMPERATURA
	AMERICANA	INTERNACIONAL	
CAUDAL	1500GPM	0.095 m ³ /S	17°C
PRESIÓN	130 PSI	92 mca	
PESO ESPECÍFICO	62.4lb/pie ³	9.810 KN/m ³	
PRESIÓN DE VAPORIZACIÓN DEL AGUA(Pv)	----	1.938Kpa	
PRESIÓN ATMOSFÉRICO(Patm)	-----	101.325Kpa	

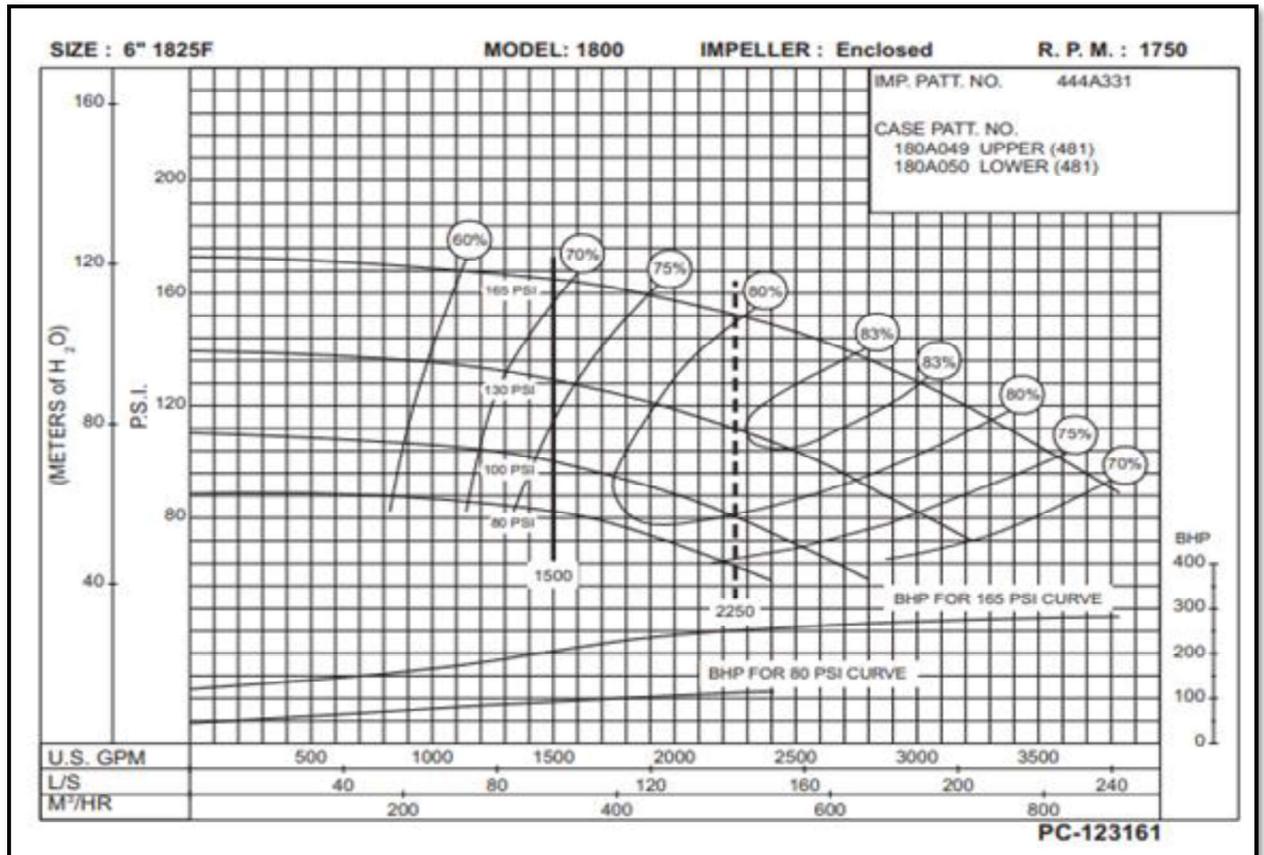
Fuente: Elaboración propia.

Selección de la bomba principal

Cálculo de Potencia hidráulica (P_h)

$$P_h = 9.810 \times 0.095 \times 92 = 85.78 \text{KW} = 115 \text{HP}$$

Gráfico 4. 1. Curva de rendimiento de la bomba centrífuga tipo Split, motor diésel.



Fuente: pump fire, pentair aurora.

De la tercera curva se tiene.

1500gpm y 130psi,

Eficiencia de la bomba(n): 70%.

Potencia requerida de la bomba (P_b)

$$P_b = \frac{P_h}{n} = \frac{115 \text{HP}}{0.7} = 165 \text{HP}.$$

Criterios de selección de bomba jockey o electrobomba.

Esta bomba se utiliza para presurizar el sistema cuando el sistema contra incendio pierde presión por diferentes factores de despresurización, mientras que la bomba principal funciona cuando el caudal de salida es igual o mayor que de un aspersor y/o la pérdida de presión es significativo, ósea cuando se produce un incendio se activa uno o más aspersores produciendo caída de presión y caudal que es mayor o igual que lo que sale en un aspersor, de tal forma en la válvula de alarma existe un presostato que comunica al panel control para activar la bomba principal.

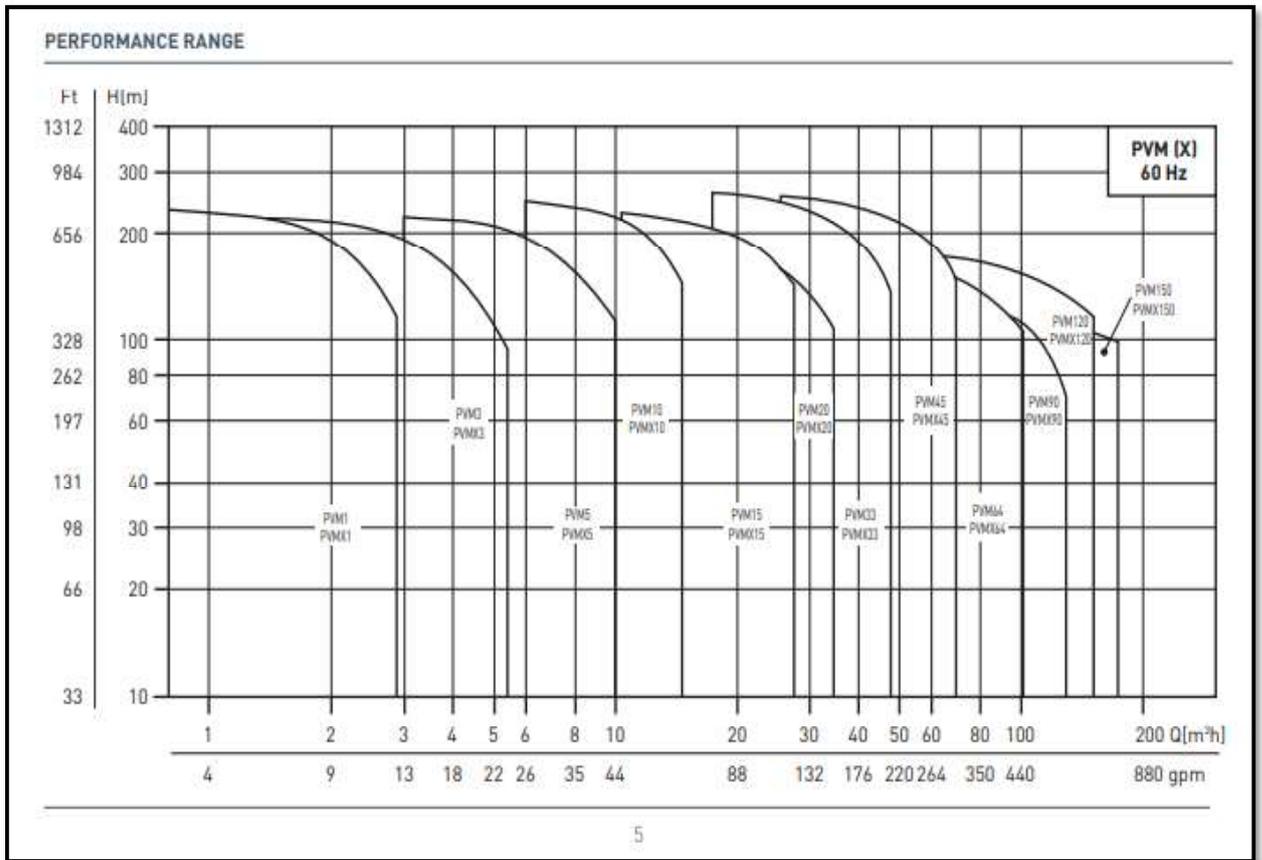
Caudal requerido por electrobomba

El caudal máximo requerido debe ser el caudal mínimo requerido por el aspersor menos el 40% de la misma, que da como resultado de Aproximadamente 22gpm.

Presión requerida por electrobomba

Se debe aumentar una cierta cantidad de presión a la presión nominal de la bomba principal, que oscila entre un mínimo y máximo de 10 a 20psi, respectivamente.

Gráfico 4. 2. Curva de rendimiento de electrobomba jockey.



Fuente: fire pump, pentair aurora.

para 22gpm se tiene una altura de aproximadamente de 102m<>145psi <>130psi +15psi. La cual se encuentra dentro del rango de adición de presión mencionada anteriormente.

Capacidades seleccionadas de electrobomba

22gpm, 145psi, 2hp.

Determinación de altura neta positiva de aspiración de las bombas, NSPH(D)

$$NPSH(D) = \frac{P. nivel sp. tanq.}{\gamma} - \frac{Pv}{\gamma} \pm Hs - \sum Hperdidas$$

Altura efectiva del contenido de agua en el tanque $Ht = Hs = 8.5m$

Ht: altura desde el eje horizontal de la bomba hasta el nivel de agua superior del tanque de almacenamiento.

Entonces para la bomba principal se tiene $NPSH(D1)$

$$NPSH(D1) = \frac{101.325Kpa}{9.810 \text{ KN/m}^3} - \frac{1.938Kpa}{9.810 \frac{KN}{m^3}} + 8.5 - 0 = 18.63m$$

para la electrobomba jockey se tiene $NPSH(D2)$

$$NPSH(D1) = \frac{101.325Kpa}{9.810 \text{ KN/m}^3} - \frac{1.938Kpa}{9.810 \frac{KN}{m^3}} + 8.5 - 0 = 18.63m$$

El criterio para evitar que se produzca la cavitación es que la bomba presente la siguiente desigualdad: $NPSH(R) < NPSH(D)$

Donde

$NPSH(R)$: altura neta positiva de aspiración requerida por la bomba.

$NPSH(D)$: altura neta positiva de aspiración disponible para la instalación de la bomba; de las especificaciones técnicas se tienen que el $NPSH(R)$ de la bomba principal es de 6 m y la electrobomba es de 2m.

entonces se cumple $NPSH(R) < NPSH(D)$, en efecto no ocurre cavitación en sistema de bombeo de agua.

Selección de tanque de almacenamiento

Criterio de cálculo de capacidad de tanque de almacenamiento de agua

Para el cálculo de capacidad de tanque de agua se considera un consumo aproximado de agua 1100gpm, 15 rociadores activados para controlar el incendio del total requerido de 1500gpm de caudal requerido por el sistema.

Cuadro 4. 9. *capacidad de tanque de almacenamiento*

CAPACIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO				
DESCRIPCIÓN	CAUDAL(gpm)	CAUDAL TOTAL(gpm)	TIEMPO MÍNIMO DE OPERACIÓN(min)	VOLUMEN REQUERIDO(m ³)
OPERATIVIDAD DE BIEs Y TOMA DE BOMBEROS.RIESGO EXTRA	500	1100	90	375
CONSIDERANDO 15 ROCIADRES OPERATIVOS, APROX 40GPM/ASPERSOR	600			

Fuente: elaboración propia

Dimensiones del tanque de almacenamiento.

Las dimensiones de tanque y el material de construcción deben cumplir la norma api 650, tanques de almacenamiento según la norma NFPA 13.

Elementos de control del sistema de protección por tubería húmeda

Los elementos de control son las bombas de impulsión, válvulas, elementos de medición y entre otras requeridas por el sistema se selecciona de acuerdo al plano que se muestra en el anexo 6.

V. RESULTADOS.

5.1. Resultados de evaluación de riesgo de incendio.

El resultado de evaluación de riesgo incendio se muestra en el cuadro: “cuadro 4.4. *evaluación de riesgo de incendio por el método de Mesari.*” Para el edificio de control. el nivel de riesgo evaluado es, **RIESGO EXTRA DE GRUPO 1**, de acuerdo a la norma NFPA 13.

5.2. Resultados de selección del aspersor y tubería.

a) El resultado de selección de aspersores a partir de una serie de cálculos realizados en la sección de ingeniería de detalle se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 5. 1. *Características del aspersor seleccionado.*

DESCRIPCIÓN	ÁREA	CANTIDAD	FACTOR K	DIÁM. CONEX.	MATERIAL	TEM. ACTV(°C)	COLOR. AMPOLLA
ROCIADOR TIPO SPRAY MONTANTE DE COBERTURA ESTANDAR Y RESPUESTA NORMAL, RTI>80(m-s) ^{1/2}	ÁREA DE DISEÑO	25	$5.6 \text{ gpm}/\sqrt{\text{psi}}$	3/4" ROSCA EXTERNA NTP	BRONCE	79-107	AMARILLO
	ÁREA TOTAL DE SALA DE CABLES	88					

Fuente: Elaboración propia.

b) La selección de líneas de tuberías se realizó en función a criterios establecidos por la norma NFPA13. las tuberías son de Acero negro cedula 40, y cumplen la Trinorma que las regula ASTM 53, 106 y API5L. Las dimensiones de las tuberías se muestran: “anexo 5”

5.3. Resultados de cálculo de caudal y presión.

se determinó el caudal y presión para el sistema contra incendio. Obteniéndose como resultado el caudal y presión, respectivamente

$$Q = 1500 \text{ gpm} \text{ y } P = 130 \text{ psi.}$$

Se simuló con software especializado el sistema contra incendio obteniéndose los siguientes resultados que se muestra en el cuadro “cuadro 5.2.”

Cuadro 5. 2. Resultados de simulación del sistema contra incendio por tubería húmeda.

RESULTADOS DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA ASPERSOR Y BIE'S CON SOFTWARE AFT FATHOM 10						
DESCRIPCIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	ELEVACIÓN DE ENTRADA	ELEVACIÓN DE SALIDA	PRESIÓN ESTÁTICA ENTRADA	PRESIÓN ESTÁTICA SALIDA
	gal/min	m/s	m	m	psig	psig
T1(TUB.PRINCIPAL)	1500	5.08	0	0	130	120.15
T2(TUB.PRINCIPAL)	1500	5.08	0	0	120.15	119.66
T3(TUB.PRINCIPAL)	1500	5.08	0	0.8	118.82	117.49
T4(TUB.BIES)	500	3.84	0.8	0.8	118.29	118.22
T5(TUB.ASPERORES)	1000	3.39	0.8	1.3	118.53	117.76
J95(REGULADOR DE PRESIÓN)	1000	----	1.3	1.3	117.76	65
P8(TUB.ASPERORES)	1000	3.39	1.3	1.8	63.4	60.56
J1(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	40.54	--	2.8	2.8	52.16	0
J2(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	40.16	--	2.8	2.8	51.19	0
J3(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	39.25	--	2.8	2.8	48.88	0
J4(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	39.04	--	2.8	2.8	48.38	0
J5(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	40.57	--	2.8	2.8	52.23	0
J6(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	40.19	--	2.8	2.8	51.27	0
J7(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	39.28	--	2.8	2.8	48.96	0
J8(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	39.01	--	2.8	2.8	48.3	0
J9(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	40.68	--	2.8	2.8	52.51	0
J10(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	40.3	--	2.8	2.8	51.54	0
J11(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	39.38	--	2.8	2.8	49.22	0
J12(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	39.11	--	2.8	2.8	48.55	0
J13(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	40.9	--	2.8	2.8	53.09	0
J14(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	40.52	--	2.8	2.8	52.1	0
J15(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	39.6	--	2.8	2.8	49.76	0
J16(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	39.33	--	2.8	2.8	49.09	0
J17(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	40.95	--	2.8	2.8	53.22	0
J18(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	40.57	--	2.8	2.8	52.24	0
J19(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	39.65	--	2.8	2.8	49.89	0
J20(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	39.38	--	2.8	2.8	49.21	0
J21(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	41.03	--	2.8	2.8	53.42	0
J22(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	40.65	--	2.8	2.8	52.44	0
J23(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	39.73	--	2.8	2.8	50.08	0
J24(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	39.46	--	2.8	2.8	49.4	0
J28(ASPERSOR DEL A. DISEÑO)	40.71	--	2.8	2.8	52.6	0
J96(CONEX. MAN, EXTERNA.BOMBEROS)	200	--	1.5	1.3	119.14	0
J97(BIE1. CONX. INTERNA)	150	--	1.5	1.5	116.11	0
J98(BIE2. CONX. INTERNA)	150	--	1.5	1.5	108.06	0

Fuente: Elaboración propia, resultados de simulación hidráulica con software Aft fathom 10.

5.4. Resultados de Selección de máquinas de impulsión y elementos de control.

- ✓ En el siguiente cuadro se tiene los resultados de la selección de bombas hidráulicas contra incendio.

Cuadro 5. 3. Bombas hidráulicas contra incendio

RESULTADOS DE SELECCIÓN DE BOMBAS HIDRÁULICAS							
DESCRIPCIÓN	CAUDAL(GP M)	ALTURA NETA	POTENCIA (HP)	FRECUENCIA (HZ)	NPSH-R(m)	NPSH-D(m)	NOTA
BOMBA CENTRIGA CON MOTOR DIESEL/FAIRBANKS NIJHUIS, MODEL 1800 - PENTAIR- SPLIT CASE FIRE PUMPS. ZISE-MODELO: 6-1825F	1500	300 PIE <=>91MCA<=>130PSI	165	60	6	18.6	NO SE PRODUCE CAVITACIÓN EN LA BOMBA(NPSH-R<NPSH-D)
ELECTROBOMA(JOCKEY),VERTICAL MULTISTAGE CENTRIFUGAL PUMPS AURORA .SERIE PVM(3). TRIFASICO.208V-230V	22	335PIE<=>102MCA<=>145PSI	2		2	18.6	

Fuente. elaboración propia

- ✓ Elementos de control.

Los elementos de control se han seleccionado de acuerdo al plano del anexo 6

A continuación, se muestra el cuadro: “cuadro 5.4” de los elementos de control del sistema contra incendio.

Cuadro 5. 4. Elementos de control del sistema contra incendio

ELEMENTOS DE CONTROL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO					
DESCRIPCION	NOMBRE/UBICACIÓN	MEDIDA	UND	ELEVACIÓN(m)	MATERIAL
VÁLVULA REDUCTOR DE PRESIÓN	EN LA TUB. PARA ASPERS.	6	pulg	1.3	HIERRO FUNDIDO
VÁLVULA COMPUERTA (OS&Y)	CUARTO DE BOMBA	6	pulg	0	HIERO FUNDIDO
VÁLVULA COMPUERTA (OS&Y)	CUARTO DE BOMBA	2	pulg	0	HIERO FUNDIDO
VALVULA ANGULAR CONEXIÓN BOMBEROS	EN LA SALIDA TUB. BIEs	2-1/2"	pulg	0.8	BRONCE
VALVULA DE ALARMA	PARA SISTEMA ASPERS	6	pulg	1.8	HIERO FUNDIDO
VÁLVULA MARIPOSA	CUARTO DE BOMBA	6	pulg	0	HIERO FUNDIDO
VALVULA MARIPOSA	CUARTO DE BOMBA	6	pulg	0	HIERO FUNDIDO
VÁLVULA ANGULAR DE PRUEBA DE PRESIÓN Y CAUDAL	PARA ASPERSOR CR´TICO	1-1/2"	pulg	1.5	BRONCE
VALVULA ANGULAR DE BOCA DE INCENDIO EQUIPADA Ø2-1/2"	PARA BIE 2	2-1/2"	pulg	1.5	BRONCE
VALVULA ANGUIAR DE BOCA DE INCENDIO EQUIPADAØ 2-1/2"	PARA BIE 1	2-1/2"	pulg	1.5	BRONCE
CHECK VALVE	SALIDA DE AGUA A BIEs	4	pulg	1.3	HIERO FUNDIDO
CHECK VALVE	EN LA CONEX. SIAMESA	4	pulg	1.3	HIERO FUNDIDO
CHECK VALVE	CUARTO DE BOMBA	6	pulg	0	HIERO FUNDIDO
CHECK VALVE	CUARTO DE BOMBA	6	pulg	0	HIERO FUNDIDO
CHECK VALVE	CUARTO DE BOMBA	2"	pulg	0	HIERO FUNDIDO
CAUDALIMETRO	PRUEBA ASPERSOR CRÍTIC	1-1/2"	pulg	1.5	ACERO INOXIDABLE
CAUDALIMETRO	CUARTO DE BOMBA	6	pulg	0	ACERO INOXIDABLE
MANÓMETRO	CUARTO DE BOMBA	3"/300PSI	pulg/P	0	ACERO INOXIDABLE
MANÓMETRO	PRUEBA ASPERSOR CRÍTIC	3"/300PSI	pulg/P	1.5	ACERO INOXIDABLE
PRESOSTATO	CUARTO DE BOMBA	30-300PSI	PSI	0	ACERO INOXIDABLE
PRESOSTATO	VALVULA DE ALARMA	30-300PSI	PSI	0	ACERO INOXIDABLE
CONEXIÓN PARA SUMINISTRO DE AGUA(SIAMESA) Ø2-1/2X4"	EN TUB. PRINCIPAL	2	pulg	2	BRONCE
FILTROY	CUARTO DE BOMBA	6	pulg	0	HIERO FUNDIDO
FILTROY	CUARTO DE BOMBA	6	pulg	0	HIERO FUNDIDO
FILTROY	CUARTO DE BOMBA	2	pulg	0	HIERO FUNDIDO
PANEL DE CONTROL	CUARTO DE BOMBA	---	---	1.7	INOXIDABLE

Fuente: elaboración propia.

Por último, se ha dimensionado el tanque de almacenamiento de agua fría para el sistema contra incendio y costos.

Cuadro 5. 5. Tanque de almacenamiento de agua

DIMENSIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA					
DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD(m ³)	ALTURA CILINDRICA(m)	ALTURA EFECTIVA DEL AGUA EN EL TANQUE(m)	DIÁMETRO(m)	ALTURA CÓNICA(m)
DIMENSIONES DEL TANQUE CILÍNDRICO-CÓNICO, CONSTRUÍDO CON LAS ESPECIFICACIÓN TÉCNICA NORMA API650. NO PRESURIZADO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA FRIA	397.5	9	8.5	7.62	0.5

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 5. 6. Costo

COSTO DEL PROYECTO		
DESCRIPCIÓN DE COSTO	SUB- TOTAL(\$)	SUB- TOTAL(S/.)
Costo de diseño	10,000.00	37,000.00
Materiales y Equipos	124,274.00	459,813.80
Costo de instalación	25,000.00	92,500.00
Otros gastos	6,000.00	22,200.00
SUB-TOTAL	165,274.00	611,513.80
TOTAL = (SUB-TOTAL) + IGV	195,023.32	721,586.28

Fuente: elaboración propia.

VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de hipótesis.

Contrastación y demostración de hipótesis general.

hemos diseñado el sistema contra incendio que se muestra en el plano general y el plano P&ID (véase anexo 6), la cual ha sido diseñado estrictamente con la norma NFPA (13, 14, 20 y 72). También se estableció el caudal y presión mínima de 32 *gpm*, 32.65 *psi*, respectivamente para los aspersores y comprobamos que en todos los aspersores el caudal y presión de descarga es superior a la mínima establecida ver cuadro:” *Cuadro 5. 2. Resultados de simulación del sistema contra incendio por tubería húmeda*”. Lo cual es muy importante ya que eso indica que cuando ocurra un incendio el sistema abastecerá agua suficiente para extinguir o controlar el incendio.

Se contrastará las hipótesis específicas que se ha planteado de acuerdo a los resultados obtenidos.

Una de las hipótesis específicas que se planteó es la siguiente

- ✓ “Sí se evalúa el nivel de riesgo de incendio del edificio de control se podrá diseñar un sistema contra incendio eficaz para la sala de cables del edificio.”

La hipótesis trata sobre la evaluación de riesgo de incendio que es el primer paso para intentar diseñar el sistema contra incendio. en el capítulo de resultados se ha obtenido que el nivel de riesgo de incendio para el edificio de control es de “**RIESGO EXTRA GRUPO 1**” la cual se ha determinado utilizando uno de los métodos más conocidos a nivel internacional para la evaluación de riesgo de incendio: Método Mesari.

La segunda hipótesis trata sobre la selección de los aspersores y tuberías y es la siguiente

- ✓ “Sí se selecciona los aspersores y las líneas de tubería de acuerdo a las normas técnicas que las regulan se obtendrá un sistema que cumpla la calidad y seguridad exigidas por las normas internacionales.”

Sea ha seleccionado los aspersores en función a la norma técnica NFPA 13, y los criterios de selección que establece dicha norma.

La norma NFPA es una de las normas que más se utiliza en el mundo y que además de ser obvia, cumple con el ISO de calidad, seguridad, medio ambiente; y entre muchas de las certificaciones que respaldan a dicha norma. Entonces realizar la selección o diseño de aspersores nos garantiza la calidad y seguridad para nuestro sistema.

También para selección de líneas de tubería se utilizado las recomendaciones de la norma NFPA 13, la cual nos proporciona criterios de selección de líneas de tubería y además sugiere el uso de la norma ASTM 53, como norma reguladora de tuberías de Acero negro.

Como tercera hipótesis tenemos la determinación de caudal y presión para el sistema.

- ✓ “Sí se determina el caudal y presión requerida se podrá suministrar el agua al sistema para extinguir y contralar un eventual incendio.”

El caudal determinado y la presión está en función a los criterios de cálculo hidráulico establecidos por la norma NFPA 13, las cuales son universalmente utilizados para el cálculo hidráulico y además se ha seguido un criterio de cálculo de buena práctica, que se puede llamar como criterio metodológico de cálculo hidráulico. los resultados del cálculo realizado se han comprobado con la simulación del sistema contra incendio con el software especializado: “AFT FATHOM 10”

De la comparación se puede concluir que el cálculo entre los dos métodos es similar y existe un desfase de error mínimo no significativo.

por último, tenemos la siguiente hipótesis específica.

- ✓ “Sí se selecciona los equipos de control necesarios y las máquinas de impulsión de agua, se obtendrá un sistema que cumpla su funcionalidad de manera óptima y automática.”

La hipótesis plantea la selección de equipos de control y máquinas de impulsión para el sistema.

Primero se ha seleccionado satisfactoriamente las máquinas de impulsión o también llamadas bombas hidráulicas contra incendio, que mantendrán en funcionamiento el sistema contra incendio cuando se requiera el uso de ella. De acuerdo a los calculo hidráulicos realizados se ha seleccionado las bombas.

Con respecto a elementos de control se ha determinado el uso de diferentes dispositivos para el sistema, porque se requiere el uso de dichos dispositivos para el funcionamiento correcto y automático. Esta selección se hace en base al diseño del plano con el criterio de que el sistema tenga dispositivos de control para diferentes requerimientos como pruebas, mantenimiento, funcionamiento automático y entre otros usos del sistema.

6.2. Contrastación de resultados con estudios similares.

La tesis de Daniel Tuesta (2008). tiene como objetivo diseñar un sistema contra incendio obteniendo como resultado un sistema capaz de cumplir su funcionalidad. Se diseñó con el uso de metodología de diseño práctico y el uso de la norma NFPA Se evalúa el nivel de riesgo de incendio, se selecciona los componentes del sistema contra incendio, las cuales concuerdan con nuestro resultado obtenido.

Lesly Mendoza (2014) en su trabajo de investigación trata sobre sistema de protección contra incendio por agua-espuma, está tesis llega a resultados de obtención de caudal y presión necesaria para impulsar el agua al sistema contra incendio, se selecciona bombas hidráulicas, aspersores, tuberías para el funcionamiento del sistema; y finalmente se obtiene un sistema capaz de suplir la necesidad de extinguir el incendio. Los resultados que se obtuvo en esta tesis son similares y concordantes con nuestros resultados obtenidos.

Sotelo Calderón (2014) En su tesis de investigación se diseña un sistema hidráulico de protección contra incendios para la Universidad Católica de Colombia sede el Claustro. se evalúa las condiciones de riesgo, se selecciona los materiales y elementos del sistema; y también la bomba contra incendios. Estos resultados obtenidos son concordantes con lo que se obtuvo en este trabajo.

Redondo y Saavedra (2010) En su trabajo de investigación se diseña un sistema de supresión de incendios que utiliza rociadores automáticos y gabinetes contra incendios. el sistema fue realizado bajo los requisitos expuestos en la norma NFPA 13; además cuenta con el sistema de detección automática de incendios. Estos resultados que se obtuvieron son similares con el diseño de nuestro sistema contra incendio.

Los antecedentes de investigación en esta tesis hacen referencia al diseño de sistema contra incendio las cuales llegan a diseñar un sistema contra incendio utilizando la norma NFPA (11,12,13, 14,16,20,25).

Los resultados obtenidos en los estudios tienen en común la determinación de caudal y presión; la selección de ductos como tuberías, bombas contra incendio y una serie de dispositivos de control con la finalidad de obtener un sistema contra incendio.

Estos trabajos realizados tienen una gran similitud con el sistema contra incendio que hemos diseñado ya que se ha obtenido una serie de resultados que contrastan o concuerdan con los obtenidos en esta tesis.

6.3. Responsabilidad ética.

El diseño del sistema contra incendio tiene como objetivo proteger la vida y los bienes activos de la empresa de refinería talara, específicamente el área de sala de cables del edificio de control.

El sistema contra incendio se ha diseñado con las normas más exigentes de nivel internacional como la norma NFPA. Que garantiza la calidad y seguridad del sistema.

CONCLUSIONES.

En esta tesis se concluye los resultados del diseño del sistema contra incendio por tubería húmeda.

1. Conclusión general.

Se diseñó el sistema contra incendio por tubería húmeda para la sala cables del edificio de control de la planta de tratamiento de agua de mar de refinería talara, obteniéndose como resultado un producto capaz de extinguir y controlar el incendio en dicha sala, el producto final se plasma en los planos: general y P&ID (véase anexo 6) para su implementación.

2. Conclusiones específicas.

- ✓ Se evaluó el nivel de riesgo de incendio para el diseño del sistema contra incendio por tubería húmeda obteniéndose como resultado: **riesgo extra de grupo I.**
- ✓ Se seleccionó los Los aspersores y líneas de tubería de acuerdo a las norma NFPA13 y Tri-norma ASTM 53, 106 y API5L.
- ✓ Se determinó el caudal y presión para el sistema contra incendio obteniéndose como resultado el caudal y presión de **$Qt = 1500\text{gpm}$ y $Pt = 130\text{psi}$** , respectivamente.
Se determinó que el caudal y presión para el sistema en los aspersores es mayor al mínimo establecido de 32gpm y 32.65psi (véase cuadro 5.2).
se simuló el sistema contra incendio para verificar su funcionalidad y su eficacia con el software *atf fathom 10*.
- ✓ Se seleccionó una bomba hidráulica principal contra incendio y electrobomba de presurización para el sistema; así como también los elementos de control.

RECOMENDACIONES.

- ✓ Para el sistema contra incendio que se ha diseñado se debe realizar un protocolo para la prueba periódica de funcionamiento de acuerdo a la norma NFPA 13.
- ✓ Se debe elaborar un plan de mantenimiento para el sistema contra incendio de acuerdo a la norma NFPA 25.
- ✓ El personal de mantenimiento y de prueba para el sistema contra incendio debe estar calificado y capacitado para realizar dichas actividades.
- ✓ El combustible que se almacena en el tanque de la bomba principal se debe reemplazar en periodos determinados de acuerdo al estudio que se haga si dicho combustible está en condiciones adecuadas para su uso, ya que debido al efecto de degradación que pueda ocurrir por diversas causas: humedad, presencia de oxígeno, temperatura, etc. El combustible pueda perder sus propiedades para ser utilizado como fuente de combustión por el motor diésel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- National Fire Protection Association. 2016.** *Standard for Portable Fire Extinguishers(NFPA 10)*. Massachusetts : Estados Unidos, 2016.
- CENGEL, YUNUS A. y BOLES, MICHAEL A. 2009.** *Termodinámica*. SÉPTIMA EDICIÓN. MÉXICO : MC GROW HILL, 2009.
- Hernández Sampieri, Roberto. 2014.** *Metodología de investigación*. SEXTA EDICIÓN. MÉXICO : MC GRAW HILL, 2014.
- Kogan Schmukler. 2017.** El enfoque sistémico y sistemático en un proyecto. *INCAE business school*. [En línea] 26 de Enero de 2017. [Citado el: 20 de Enero de 2020.] <https://www.incae.edu/es/blog/2017/01/26/el-enfoque-sistemico-y-sistematico-en-un-proyecto.html>.
- MATAIX, CLAUDIO. 1993.** *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. SEGUNDA EDICIÓN. Madrid : Castillo S.A, 1993.
- Mendoza Bruno, Lesly Edith. 2014.** *DISEÑO HIDRÁULICO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO PARA EL PATIO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE-DISEL 85-UNIDAD MINERA TOQUEPALA*. CALLAO : s.n., 2014.
- Ministerio de vivienda de construcción y sanamiento. 2006.** *Reglamento Nacional de Edificaciones*. LIMA-PERÚ : SENCICO, 2006.
- MOTT, ROBERT L. 2006.** *Mecánica de fluidos*. SEXTA EDICIÓN. MÉXICO : PEARSON, 2006.
- Mott, Robert. 2006.** *Mecánica de fluidos*. 2006. 156.
- National Fire Protection Association. 2016.** *National Fire Alarm and Signaling Code*. Massachusetts, Estados Unidos : NFPA, 2016.
- . **2016.** *Standard for the Installation of Sprinkler Systems(NFPA13)*. Massachusetts, Estados Unidos. : NFPA, 2016.
- . **2016.** *Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems (NFPA 14)*. Massachusetts : NFPA, 2016.
- . **2016.** *Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection (NFPA 20)*. Massachusetts : NFPA, 2016.
- Redondo Conrado, Adolfo Javier. 2010.** *DISEÑO BÁSICO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA BIBLIOTECA CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*. BUCARAMANGA : s.n., 2010.
- Sotelo Calderón , Miguel Angel. 2014.** *DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA LA*

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA SEDE EL CLAUSTRO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. BOGOTÁ : s.n., 2014.

Tohalino Tuesta, Daniel Arturo. 2008. *DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS CON ROCIADORES PARA OFICINAS ADMINISTRATIVAS DE EMPRESA MINERA.* LIMA : s.n., 2008.

Valderrama Mendoza, Santiago. 2015. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica.* QUINTA EDICIÓN. LIMA : SAN MARCOS, 2015.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

VARIABLES	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	TÉCNICA
Variable independiente. sistema contra incendio por tubería húmeda	¿Cómo diseñar un sistema contra incendio por tubería húmeda para proteger y extinguir eficazmente un eventual incendio en la sala de cables del edificio de control de la planta de tratamiento del agua de mar de refinería talara? problemas específicos 1: ¿Cómo evaluar el nivel de riesgo de incendio del edificio de control para diseñar el sistema contra incendio por tubería húmeda en la sala de cables? 2. ¿Cómo seleccionar los aspersores y líneas de tubería de acuerdo a las normas técnicas de diseño para el sistemas contra incendio? 3. ¿Cómo determinar el caudal y presión de agua requerida por el sistema? 4. ¿Cómo seleccionar los equipos de control y máquinas de impulsión de agua para el sistema contra incendio?	Objetivo general Diseñar un sistema contra incendio por tubería húmeda para la sala de cables del edificio de control de la planta de tratamiento del agua de mar de la refinería talara. Objetivos específicos. 1. Evaluar el nivel de riesgo de incendio del edificio de control para diseñar el sistema contra incendio en la sala de cables. 2. Seleccionar los aspersores y líneas de tubería de acuerdo a las normas técnicas de diseño para el sistema contra incendio . 3. Determinar el caudal y presión de agua requerida por el sistema. 4. Seleccionar equipos de control y máquinas de impulsión de agua para el sistema.	Hipótesis general Sí se diseña un sistema contra incendio por tubería húmeda, se podrá controlar y extinguir un eventual incendio en la sala de cables del edificio de control de la planta de tratamiento del agua de mar en la refinería talara. Hipótesis específica. 1. Sí se evalúa el nivel de riesgo de incendio del edificio de control se podrá diseñar un sistema contra incendio eficaz para la sala de cables del edificio. 2. Sí se selecciona los aspersores y las líneas de tubería de acuerdo a las normas técnicas que las regulan se obtendrá un sistema que cumpla la calidad y seguridad exigidas por las normas internacionales. 3. Sí se determina el caudal y presión requerida por el sistema se podrá suministrar el agua necesario para extinguir y contralar un eventual incendio. 4. Sí se selecciona los equipos de control necesarios y las máquinas de impulsión de agua, se obtendrá un sistema que cumpla su funcionalidad de manera óptima y automática.	Nivel de riesgo de incendio	Tipo de riesgo	TIPO : Tecnológica DISEÑO : No experimental transversal de tipo descriptivo MÉTODO : Analítico de enfoque sistémico POBLACIÓN : Sala de cables del edificio de control MUESTRA : sala de cables del edificio de control.	Documental. (registro de datos, normas tecnicas, documentos de ingeniería y ciencias.
				sistema de tuberías y aspersores	tipo de aspersor, tipo de tubería		
				caudal y presión requerida por el sistema	Caudal y presión mínima requerida por los aspersores para el área de diseño.		
				Equipos de control y máquinas de impulsión de agua.	Caudal y presión requerida por el Sistema de BIE's y toma para bomberos válvulas, presostatos, manómetros, panel de control, bombas hidráulicas.		
Variable dependiente. Protección de la sala de cables				control y extinción de un eventual incendio en la sala de cables del edificio de control	Pruebas de operación del Sistema		

Fuente: elaboración propia

Anexo 2. propiedades básicas del agua a nivel del mar.

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

Fuente: "Mecánica de fluidos", Robert mott, 2006, P.590.

Anexo 3. Formato de MESERI para evaluación de riesgos.

FORMATO DE CÁLCULO DEL MESERI			
EMPRESA: <input type="text"/>		EDIFICIO: <input type="text"/>	
		Coeficiente	Puntos
FACTORES DE CONSTRUCCIÓN	N.º DE PISOS DEL EDIFICIO 1 o 2 3, 4 o 5 6, 7, 8 o 9 10 o más	ALTURA DEL EDIFICIO (m) < 6 entre 6 y 15 entre 15 y 28 > 28	3 2 1 0
	SUPERFICIE DEL MAYOR SECTOR DE INCENDIO (m²) < 500 501 a 1.500 1.501 a 2.500 2.501 a 3.500 3.501 a 4.500 > 4.500		5 4 3 2 1 0
	RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Alta (hormigón, obra) Media (metálica protegida, madera gruesa) Baja (metálica sin proteger, madera fina)		10 5 0
	FALSOS TECHOS Sin falsos techos Con falso techo incombustible (M0) Con falso techo combustible (M4)		5 3 0
FACTORES DE SITUACIÓN	DISTANCIA DE LOS BOMBEROS < 5 km entre 5 y 10 km entre 10 y 15 km entre 15 y 20 km más de 20 km	TIEMPO DE LLEGADA < 5 min entre 5 y 10 min entre 10 y 15 min entre 15 y 25 min > 25 min	10 8 6 2 0
	ACCESIBILIDAD DEL EDIFICIO Buena Media Mala Muy mala		5 3 1 0
FACTORES DE PROCESO/ACTIVIDAD	PELIGRO DE ACTIVACIÓN (FUENTES DE IGNICIÓN) Bajo Medio Alto		10 5 0
	CARGA TÉRMICA Baja (< 1.000 MJ/m ²) Moderada (entre 1.000 y 2.000 MJ/m ²) Alta (entre 2.000 y 5.000 MJ/m ²) Muy alta (> 5.000 MJ/m ²)		10 5 2 0
	INFLAMABILIDAD DE LOS COMBUSTIBLES Baja Media Alta		5 3 0
	ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO Alto Medio Bajo		10 5 0
	ALMACENAMIENTO EN ALTURA Menor de 2 m Entre 2 y 6 m Superior a 6 m		3 2 0
CONCENTRACIÓN DE VALOR	FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE VALORES Menos de 100.000 ptas./m ² -600 euros/m ² Entre 100.000 y 250.000 ptas./m ² -Entre 600 y 1.500 euros/m ² Superior a 250.000 ptas./m ² -1.500 euros/m ²		3 2 0

continua...

		Coefficiente	Puntos
FACTORES DE DESTRUCTIBILIDAD	POR CALOR Baja Media Alta	10 5 0	
	POR HUMO Baja Media Alta	10 5 0	
	POR CORROSIÓN Baja Media Alta	10 5 0	
	POR AGUA Baja Media Alta	10 5 0	
FACTORES DE PROPAGABILIDAD	VERTICAL Baja Media Alta	5 3 0	
	HORIZONTAL Baja Media Alta	5 3 0	

Subtotal X:

FACTORES DE PROTECCIÓN	INSTALACIONES Y EQUIPOS DE P.C.I.	VIGILANCIA HUMANA				Puntos
		SIN		CON		
	DETECCIÓN AUTOMÁTICA	Sin CRA 0	Con CRA 2	Sin CRA 3	Con CRA 4	
	ROCIADORES AUTOMÁTICOS	Sin CRA 5	Con CRA 6	Sin CRA 7	Con CRA 8	
	EXTINTORES PORTÁTILES	1		2		
	BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIE)	2		2		
	HIDRANTES EXTERIORES	2		4		
	ORGANIZACIÓN					Puntos
	EQUIPOS DE PRIMERA INTERVENCIÓN (EPI)	2		2		
	EQUIPOS DE SEGUNDA INTERVENCIÓN (ESI)	4		4		
	PLAN DE AUTOPROTECCIÓN Y EMERGENCIA	2		4		

CRA: Central Receptora de Alarmas.

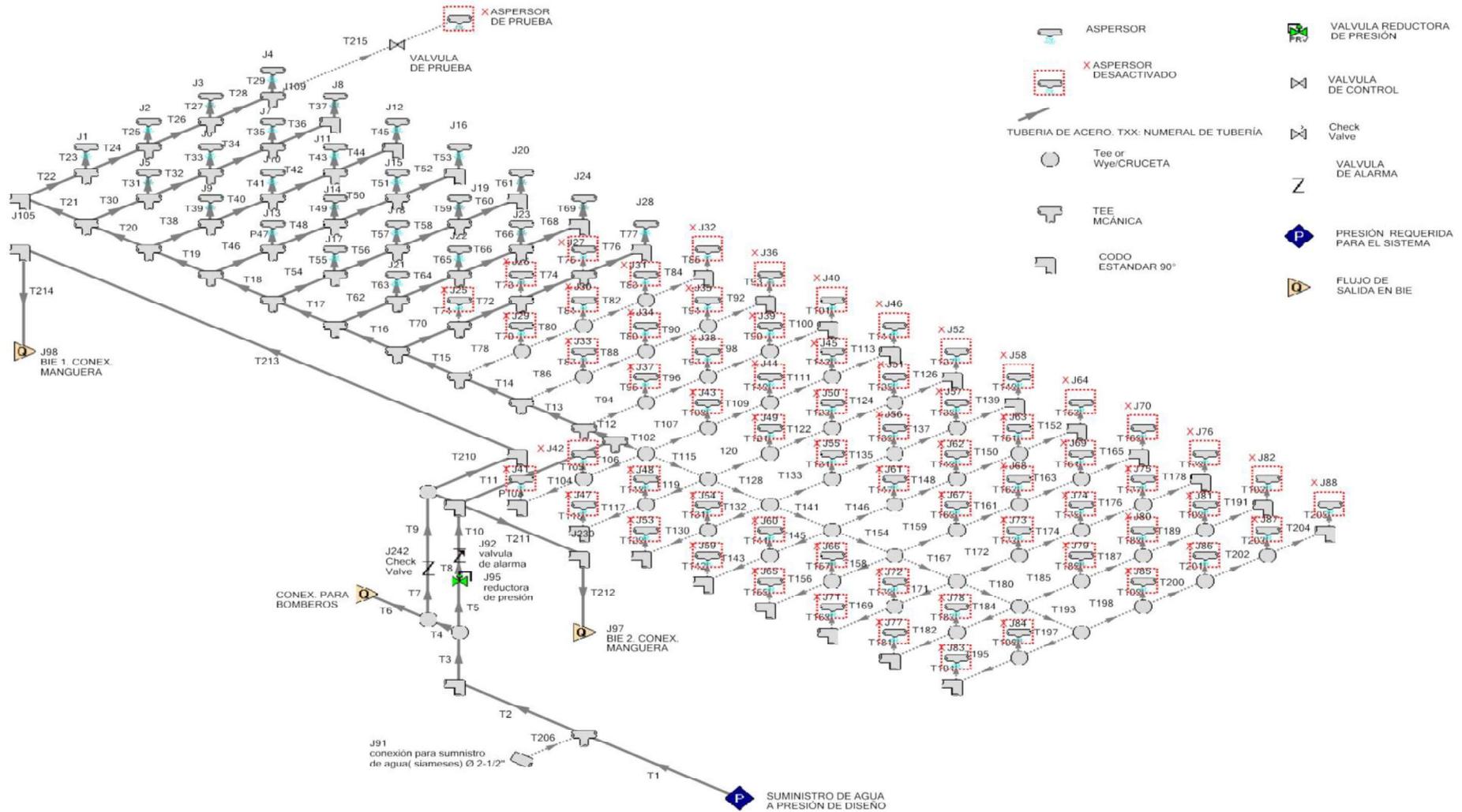
Subtotal Y:

$$\text{VALOR DE RIESGO, } P = \frac{5}{129} X + \frac{5}{30} Y: \quad \text{$$

VALOR DE RIESGO, P	CALIFICACIÓN DEL RIESGO
Inferior a 3	Muy malo
3 a 5	Malo
5 a 8	Bueno
Superior a 8	Muy bueno

Fuente: FUNDACIÓN MAFRE ESTUDIOS. Instituto de seguridad integral, 1998.

Anexo 4. Esquema morfológico del sistema contra incendio.



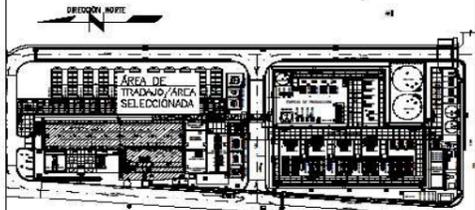
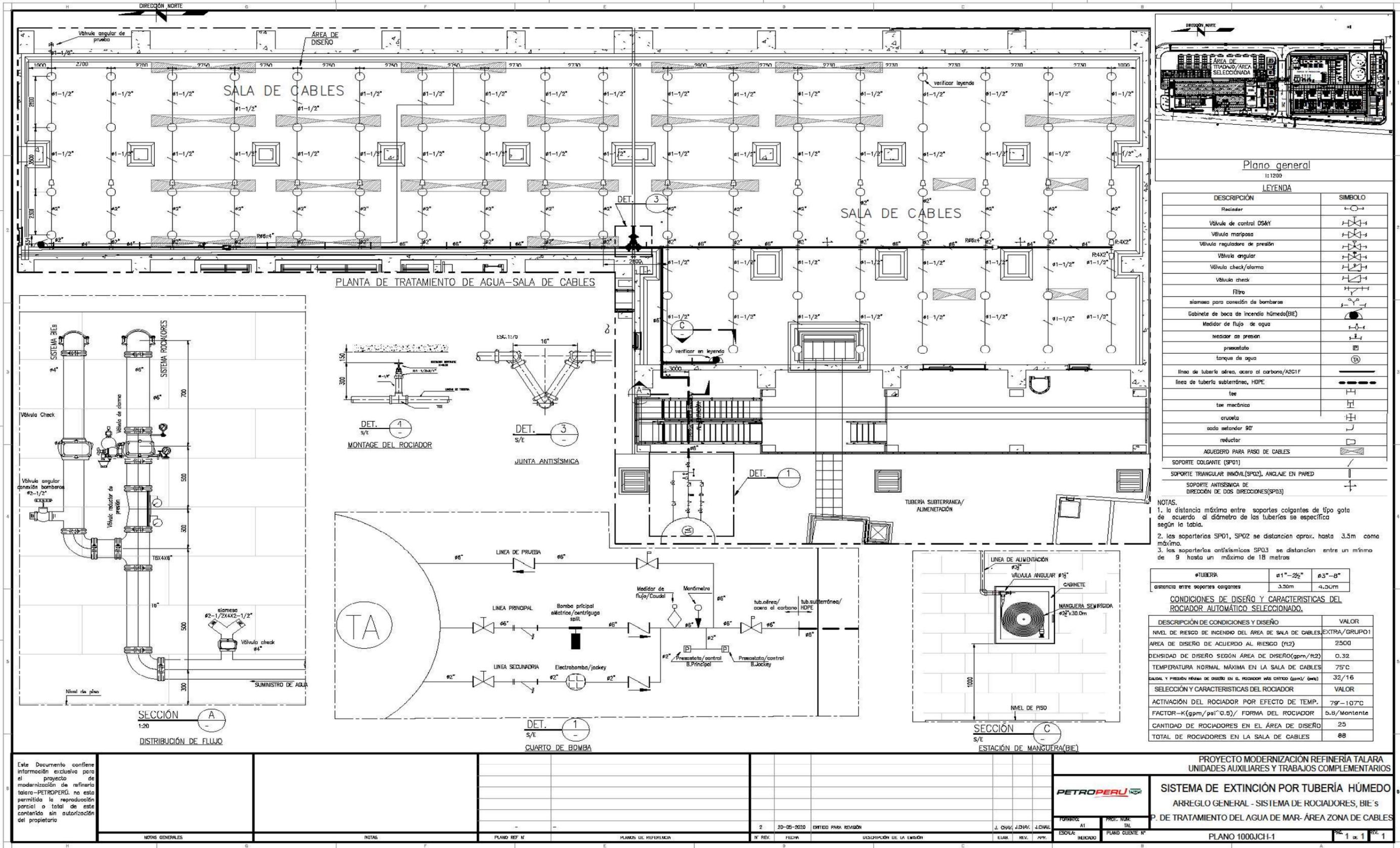
Anexo 5. Líneas de tubería del sistema contra incendio.

LINEAS DE TUBERÍA DEL SISTEMA						
ESPECIFICACIONES (VER ANEXO 8 Y 9)						
DIMENSIONES						
Tubería	D. Non(pulg)	D.hidr.(pulg)	long.(m)	long.(feet)	long.(pulg)	Material
T1	6"	6.065	40.0	131.24	1574.88	HDPE
T2	6"	6.065	2.0	6.56	78.74	
T3	6"	6.065	0.8	2.62	31.50	
T4	4"	4.026	0.3	0.98	11.81	
T5	6"	6.065	0.5	1.64	19.69	
T6	2-1/2"	2.469	0.3	0.98	11.81	
T7	4"	4.26	0.5	1.64	19.69	
T8	6"	6.065	0.5	1.64	19.69	
T9	4"	4.026	1.2	3.94	47.25	
T10	6"	6.065	0.7	2.30	27.56	
T11	6"	6.065	6.0	19.69	236.23	
T12	6"	6.065	1.4	4.59	55.12	
T13	6"	6.065	2.7	8.86	106.30	
T14	6"	6.065	2.7	8.86	106.30	
T15	6"	6.065	2.7	8.86	106.30	
T16	6"	6.065	2.7	8.86	106.30	
T17	6"	6.065	2.7	8.86	106.30	
T18	6"	6.065	2.7	8.86	106.30	
T19	4"	4.026	2.7	8.86	106.30	
T20	4"	4.026	2.7	8.86	106.30	
T21	4"	4.026	2.7	8.86	106.30	
T22	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T23	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T24	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T25	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T26	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T27	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T28	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T29	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T30	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T31	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T32	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T33	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T34	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T35	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T36	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T37	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T38	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T39	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T40	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T41	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T42	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T43	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T44	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T45	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T46	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T47	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T48	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T49	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T50	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T51	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T52	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T53	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T54	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T55	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T56	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T57	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T58	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T59	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T60	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T61	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T62	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T63	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T64	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T65	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T66	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T67	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T68	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T69	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T70	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T71	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T72	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T73	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T74	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T75	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T76	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T77	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T78	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T79	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T80	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T81	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T82	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T83	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T84	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T85	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T86	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T87	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T88	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T89	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T90	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T91	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T92	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T93	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T94	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T95	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T96	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T97	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T98	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T99	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T100	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	

TUBO DE ACERO NEGRO(HOJA DE DATOS: VER ANEXO 8)

T101	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T102	6"	6.065	1.4	4.59	55.12	
T103	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T104	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T105	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T106	1-1/2"	1.61	2.5	8.20	98.43	
T107	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T108	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T109	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T110	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T111	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T112	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T113	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T114	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T115	6"	6.065	2.8	9.19	110.24	
T116	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T117	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T118	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T119	1-1/2"	1.61	2.5	8.20	98.43	
T120	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T121	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T122	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T123	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T124	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T125	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T126	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T127	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T128	6"	6.065	2.8	9.19	110.24	
T129	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T130	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T131	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T132	1-1/2"	1.61	2.5	8.20	98.43	
T133	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T134	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T135	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T136	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T137	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T138	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T139	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T140	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T141	6"	6.065	2.8	9.19	110.24	
T142	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T143	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T144	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T145	1-1/2"	1.61	2.5	8.20	98.43	
T146	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T147	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T148	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T149	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T150	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T151	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T152	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T153	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T154	6"	6.065	2.8	9.19	110.24	
T155	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T156	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T157	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T158	1-1/2"	1.61	2.5	8.20	98.43	
T159	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T160	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T161	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T162	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T163	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T164	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T165	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T166	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T167	6"	6.065	2.8	9.19	110.24	
T168	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T169	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T170	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T171	1-1/2"	1.61	2.5	8.20	98.43	
T172	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T173	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T174	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T175	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T176	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T177	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T178	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T179	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T180	4"	4.026	2.8	9.19	110.24	
T181	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T182	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T183	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T184	1-1/2"	1.61	2.5	8.20	98.43	
T185	2"	2.067	0.6	2.08	24.96	
T186	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T187	2"	2.067	2.3	7.55	90.56	
T188	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T189	1-1/2"	1.61	3.5	11.48	137.80	
T190	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T191	1-1/2"	1.61	2.8	9.19	110.24	
T192	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T193	4"	4.026	2.8	9.19	110.24	
T194	1-1/2"	1.61	0.3	0.98	11.81	
T195	1-1/2"	1.61				

Anexo 6. Plano general y P&ID del sistema contra incendio por tubería húmeda



Plano general
1:1200

LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
Rociador	[Symbol]
Válvula de control OS&Y	[Symbol]
Válvula mariposa	[Symbol]
Válvula reguladora de presión	[Symbol]
Válvula angular	[Symbol]
Válvula check/alarma	[Symbol]
Válvula check	[Symbol]
Filtro	[Symbol]
alimosa para conexión de bombas	[Symbol]
Gabinete de boca de incendio húmeda(BIE)	[Symbol]
Medidor de flujo de agua	[Symbol]
medidor de presión	[Symbol]
presostato	[Symbol]
tanque de agua	[Symbol]
línea de tubería aérea, acero al carbono/A301F	[Symbol]
línea de tubería subterránea, HDPE	[Symbol]
tee	[Symbol]
tee mecánica	[Symbol]
cruceta	[Symbol]
codo estándar 90°	[Symbol]
reductor	[Symbol]
AGUERO PARA PASO DE CABLES	[Symbol]
SOPORTE COLGANTE (SP01)	[Symbol]
SOPORTE TRIANGULAR INMÓVIL(SPO2), ANCLAJE EN PARED	[Symbol]
SOPORTE ANTISISMICA DE DIRECCIÓN DE DOS DIRECCIONES(SPO3)	[Symbol]

- NOTAS:
1. la distancia máxima entre soportes colgantes de tipo gota de acuerdo al diámetro de las tuberías se especifica según la tabla.
 2. los soporteries SP01, SP02 se distancian aprox. hasta 3.5m como máximo.
 3. los soporteries antisísmicas SP03 se distancian entre un mínimo de 9 hasta un máximo de 18 metros

TIPO TUBERÍA	Ø1" - 2 1/2"	Ø3" - 8"
distancia entre soportes colgantes	3.30m	4.00m

CONDICIONES DE DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DEL ROCIADOR AUTOMÁTICO SELECCIONADO.

DESCRIPCIÓN DE CONDICIONES Y DISEÑO	VALOR
NIVEL DE RIESGO DE INCENDIO DEL ÁREA DE SALA DE CABLES:EXTRA/GRUPO1	
ÁREA DE DISEÑO DE ACUERDO AL RIESGO (ft2)	2500
DENSIDAD DE DISEÑO SEGÚN ÁREA DE DISEÑO(gpm/ft2)	0.32
TEMPERATURA NORMAL MÁXIMA EN LA SALA DE CABLES	75°C
CAUDAL Y PRESIÓN MÍNIMA DE DISEÑO EN EL ROCIADOR MÁS CRÍTICO (gpm/ (psi))	32/16
SELECCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ROCIADOR	VALOR
ACTIVACIÓN DEL ROCIADOR POR EFECTO DE TEMP.	79°-107°C
FACTOR-K(gpm/psi ^{0.5})/ FDRMA DEL ROCIADOR	5.8/Montante
CANTIDAD DE ROCIADORES EN EL ÁREA DE DISEÑO	25
TOTAL DE ROCIADORES EN LA SALA DE CABLES	88

Este Documento contiene información exclusiva para el proyecto de modernización de refinería Talara-PETROPERU, no está permitida la reproducción parcial o total de este contenido sin autorización del propietario

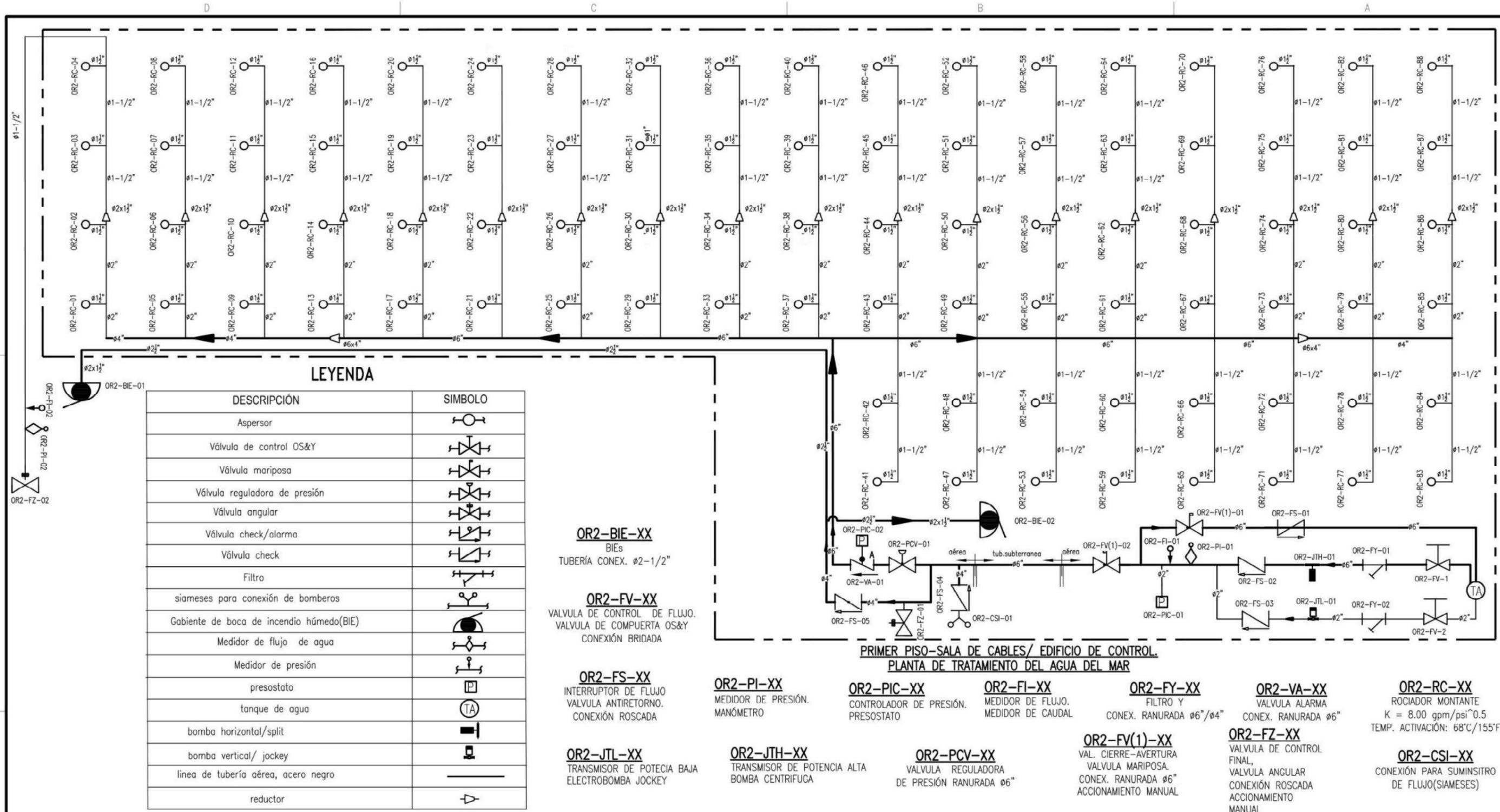
PROYECTO MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA UNIDADES AUXILIARES Y TRABAJOS COMPLEMENTARIOS



SISTEMA DE EXTINCIÓN POR TUBERÍA HÚMEDO

ARRREGLO GENERAL - SISTEMA DE ROCIADORES, BIE's P. DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE MAR- ÁREA ZONA DE CABLES

NOTAS GENERALES	NOTAS	PLANO REF. N°	PLANOS DE REFERENCIA	N° REV.	FECHA	ENTRADA PARA REVISIÓN	DISTRIBUCIÓN DE LA EMISIÓN	ELAB.	REV.	APR.	FORMA: A1	PROY. NÚM.: TAL	ESCALA: INDIKADO	PLANO CUENTE N°	PLANO 1000JCH-1	REV. 1 de 1
-----------------	-------	---------------	----------------------	---------	-------	-----------------------	----------------------------	-------	------	------	-----------	-----------------	------------------	-----------------	-----------------	-------------



LEYENDA

DESCRIPCIÓN	SIMBOLO
Aspensor	
Válvula de control OS&Y	
Válvula mariposa	
Válvula reguladora de presión	
Válvula angular	
Válvula check/alarma	
Válvula check	
Filtro	
siameses para conexión de bomberos	
Gabiente de boca de incendio húmeda(BIE)	
Medidor de flujo de agua	
Medidor de presión	
presostato	
tanque de agua	
bomba horizontal/split	
bomba vertical/ jockey	
línea de tubería aérea, acero negro	
reductor	

OR2-BIE-XX
BIEs
TUBERÍA CONEX. $\phi 2-1/2"$

OR2-FV-XX
VALVULA DE CONTROL DE FLUJO.
VALVULA DE COMPUERTA OS&Y
CONEXIÓN BRIDADA

OR2-FS-XX
INTERRUPTOR DE FLUJO
VALVULA ANTIRETORNO.
CONEXIÓN ROSCADA

OR2-JTL-XX
TRANSMISOR DE POTENCIA BAJA
ELECTROBOMBA JOCKEY

OR2-PI-XX
MEDIDOR DE PRESIÓN.
MANÓMETRO

OR2-JTH-XX
TRANSMISOR DE POTENCIA ALTA
BOMBA CENTRIFUGA

OR2-PIC-XX
CONTROLADOR DE PRESIÓN.
PRESOSTATO

OR2-PCV-XX
VALVULA REGULADORA
DE PRESIÓN RANURADA $\phi 6"$

OR2-FI-XX
MEDIDOR DE FLUJO.
MEDIDOR DE CAUDAL

OR2-FV(1)-XX
VAL. CIERRE-AVERTURA
VALVULA MARIPOSA.
CONEX. RANURADA $\phi 6"$
ACCIONAMIENTO MANUAL

OR2-FY-XX
FILTRO Y
CONEX. RANURADA $\phi 6"/\phi 4"$

OR2-VA-XX
VALVULA ALARMA
CONEX. RANURADA $\phi 6"$

OR2-FZ-XX
VALVULA DE CONTROL
FINAL,
VALVULA ANGULAR
CONEXIÓN ROSCADA
ACCIONAMIENTO
MANUAL

OR2-RC-XX
ROCIADOR MONTANTE
K = 8.00 gpm/psi^{0.5}
TEMP. ACTIVACIÓN: 68°C/155°F

OR2-CSI-XX
CONEXIÓN PARA SUMINISTRO
DE FLUJO(SIAMESES)

Este Documento contiene información exclusiva para el proyecto de modernización de refinería talara-PETROPERÚ.

01	15-06-2020	EMITIDO PARA REVISIÓN	J.CH	J.CH	J.CH
N° REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA EMISIÓN	ELAB.	REV.	APR.

PROYECTO MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA
UNIDADES AUXILIARES Y TRABAJOS COMPLEMENTARIOS

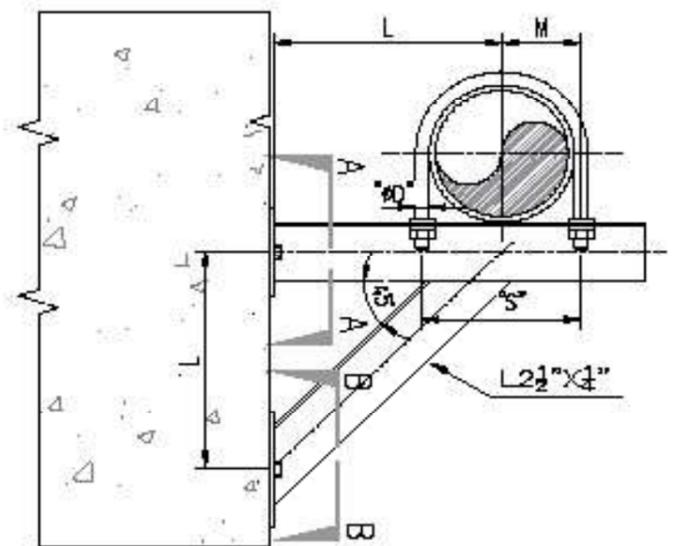
SISTEMA DE EXTINCIÓN POR TUBERÍA HÚMEDA
P&ID - SISTEMA DE ROCIADORES Y BIE'S

P. TRATAMIENTO DEL AGUA DEL MAR- ÁREA ZONA DE CABLES

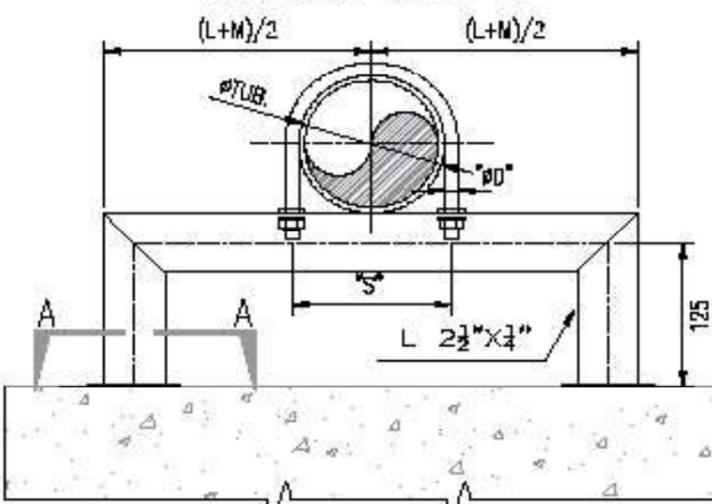
FORMATO: A3	PROY. NUM: TAL
ESCALA: S/E	PLANO CLIENTE N°

PLANO 1000JCH-2

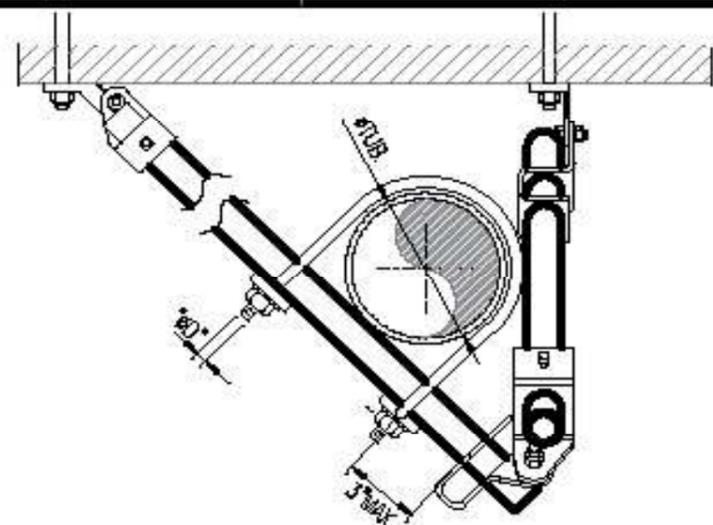
PAG. 1 DE 1	REV. 1
-------------	--------



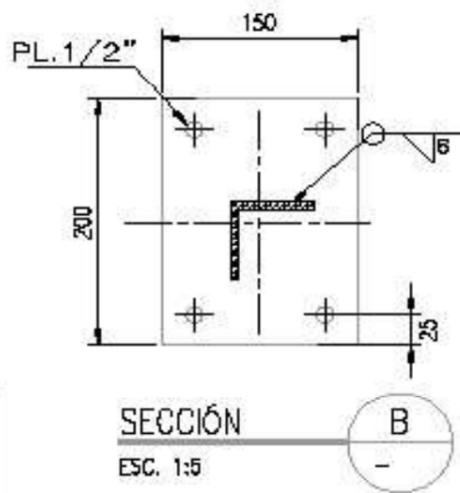
SPO2
SOPORTE HORIZONTAL
S/E. (VER TABLA "1")



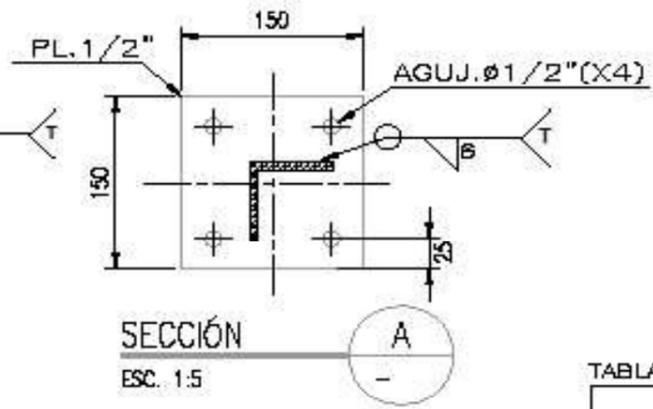
SPO4
SOPORTE VERTICAL
S/E. (VER TABLA "1")



SPO3
SOPORTE ANTISISMICA
S/E. (VER TABLA "1")



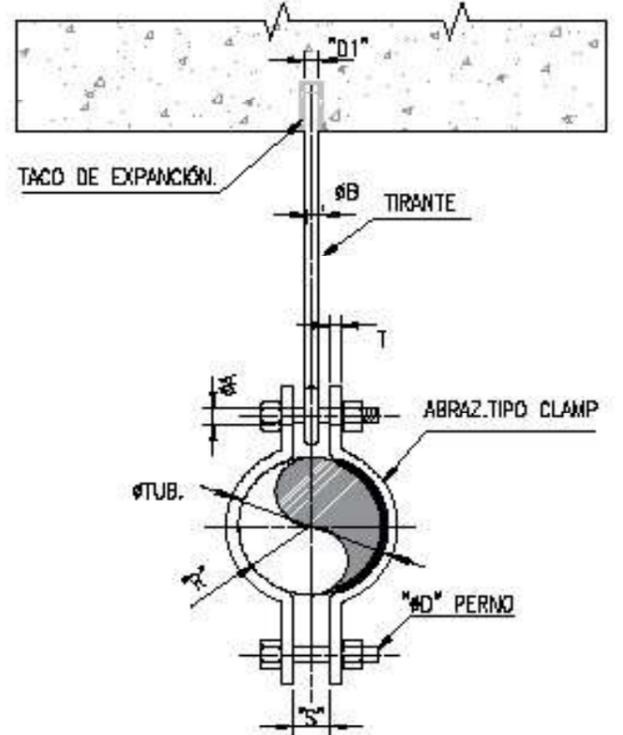
SECCIÓN B
ESC. 1:5



SECCIÓN A
ESC. 1:5

TABLA "1".

DIMENSIONES DE SOPORTERIAS			DIAM. DE PERNO. U"		
phi TUB.	M (mm)	L (mm)	phi D"	S" (mm)	T"
4"	100	250	M12	1/2"	130
5"	110	300	M16	5/8"	188
6"	135	350	M18	5/8"	239



SPO1
SOPORTE COLGANTE:
S/E. (VER TABLA "2")

TABLA "2".

phi TUB.	PERNO "phi D"	phi A (mm)	R (mm)	T (mm)	S (mm)	phi B	"D1"
1"	3/8"x2 1/4"	18	17	6	10	5/8"	5/8"
1 1/4"	3/8"x2 1/4"	18	22	6	10	9/8"	5/8"
1 1/2"	3/8"x2 1/4"	18	24	6	10	3/4"	7/8"
2"	3/8"x2 1/4"	18	30	6	15	5/8"	5/8"
3"	3/8"x2 1/4"	18	45	6	20	9/8"	9/8"
4"	3/8"x2 1/4"	22	57	6	20	3/4"	3/4"
6"	3/8"x3 1/4"	22	84	8	32	3/4"	3/4"

Este Documento contiene información exclusiva para el proyecto de modernización de refinería Talara-PETROPERÚ.

N° REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA EMISIÓN	ELAB.	REV.	APR.
D1	15.12.2020	EMISIÓN PARA REVISIÓN	JCH	J.CH	J.CH

PROYECTO MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA
UNIDADES AUXILIARES Y TRABAJOS COMPLEMENTARIOS

SOPORTERÍA DE SISTEMA DE EXINTICIÓN
ARREGLOS TÍPICOS MECÁNICOS
P. TRATAMIENTO DE AGUA DE MAR/ SALA DE CABLES

FORMATO: A3	PROY. NÚM: TAL	1000JCH-P-SP1	PÁG. 1 DE 1	REV. 1
ESCALA: S/E	PLANO CLIENTE N°			

Anexo 7. Lista de Equipos y Materiales

LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS PAR SISTEMA CONTRA INCENDIO DE SALA DE CABLES DEL EDIFICIO					
ITEM	ELEMENTOS DE SISTEMAS DE EXTINCIÓN	CANT	UND	COSTO/UNIT(\$)	SUB-TOTAL(\$)
SISTEMAS DE FUERZA					
1	BOMBA CENTRIFUGA CON MOTOR DIESEL/FAIRBANKS NIJHUIS, MODEL 1800 - PENTAIR- SPLIT CASE FIRE PUMPS. ZISE-MODELO: 6-1825F. MÁS TANQUE DE COMBUSTIBLE+ TABLERO DE CONTROL	1.00	UND	24,000.00	24,000.00
2	ELECTROBOMA(JOCKEY),VERTICAL MULTISTAGE CENTRIFUGAL PUMPS AURORA .SERIE PVM(3). TRIFÁSICO.208V-230V + TABLERO DE CONTROL	1.00	UND	700.00	700.00
LINEAS DE TUBERIA					
3	TUBERÍA ACERO NEGRO DIAMETRO 6"/A2G1F	48.00	m	49.00	2,352.00
4	TUBERÍA HDPE DIAMETRO 6"/PEOF40T	30.00	m	42.00	1,260.00
5	TUBERÍA ACERO NEGRO DIAMETRO 4"/A2G1F	24.00	m	29.00	696.00
6	TUBERÍA ACERO NEGRO DIAMETRO 2-1/2"/A2G1F	36.00	m	19.00	684.00
7	TUBERÍA ACERO NEGRO DIAMETRO 2"/A2G1F	56.00	m	12.50	700.00
8	TUBERÍA ACERO NEGRO DIAMETRO 1-1/2"/A2G1F	192.00	m	11.00	2,112.00
ACCESORIOS					
10	CODO 90 ° HIERRO FUNDIDO, DIÁMETRO 6", RANURADA	5.00	UND	15.00	75.00
11	CODO 90 ° HDPE, DIÁMETRO 6", ESTÁNDAR	2.00	UND	140.00	280.00
12	CODO 90 ° HIERRO FUNDIDO, DIÁMETRO 4", RANURADA	2.00	UND	8.00	16.00
13	CODO 90 ° HIERRO FUNDIDO, DIÁMETRO 4"X2" RANURADOX ROSCADO	1.00	UND	6.00	6.00
14	CODO ROSCADO HIERRO FUNDIDO, DIÁMETRO 2",	2.00	UND	1.50	3.00
15	CODO 90 ° HIERRO FUNDIDO, DIÁMETRO 2-1/2", ROSCADO	3.00	UND	3.20	9.60
16	CODO 90 ° HIERRO FUNDIDO, DIÁMETRO 1-1/2", ROSCADO	27.00	UND	2.80	75.60
17	TE HIERRO FUNDIDO, ROSCA INTERNA 2"	2.00	UND	2.20	4.40
18	TEE HIERRO FUNDIDO, DIÁMETRO 6", RANURADA	2.00	UND	22.00	44.00
19	TEE ASTM-197, DIÁMETRO 1-1/2", ROSCA INTERNA NTP	27.00	UND	2.70	72.90
20	TEE MECÁNICA, 6X2-1/2" RANURADA	2.00	UND	11.00	22.00
21	TEE HIERRO FUNDIDO ,REDUCIDA 6X4X6", RANURADA	1.00	UND	18.00	18.00
22	TEE MECÁNICA HIERRO FUNDIDO, 6X2", RANURADA	6.00	UND	9.50	57.00
23	TEE MECÁNICA HIERRO FUNDIDO, 4X2" RANURADA	3.00	UND	7.20	21.60
24	TEE ASTM-197/ PINTADO COLOR RAL 3020, REDUCIDA 2X1-1/2X2"ROSCADA	36.00	UND	4.50	162.00
25	REDUCTOR RANURADO HIERRO FUNDIDO, DIÁMETRO 6X4"	2.00	UND	8.00	16.00
26	REDUCTOR RANURADO HIERRO FUNDIDO, DIÁMETRO 4X2-1/2"	1.00	UND	5.00	5.00
27	REDUCTOR ROSCA INTERNA, ASTM-197/CLASE 150, DIÁMETRO 2X 1-1/2"	26.00	UND	2.00	52.00
28	REDUCTOR HIERRO FUNDIDO,RANURADA, DIAM. 4X2", COLOR RAL 3020.	2.00	UND	4.50	9.00
29	REDUCCIÓN BUSHING, CONEXIÓN NTP, DIAM. 1-1/2"X1/2", COLOR RAL 3020.	88.00	UND	1.30	114.40
30	CRUCETA REDUCTOR RANURADA ASTM-197. DIAMETRO 6X 2"	6.00	UND	30.00	180.00
31	CRUCETA REDUCTOR RANURADA ASTM-197. DIAMETRO 4X 2"	2.00	UND	18.00	36.00
32	FLANGE ADAPTER HDPE, DIAMETRO 6"	2.00	UND	125.00	250.00
33	BACK RING, HIERRO DUCTIL, CLASE 150, DIÁMETRO 6"	2.00	UND	10.00	20.00
34	BRIDA ADAPTADOR,RANURADA, CLASE 150, DIAMETRO 6", P. MAX 500PSI	4.00	UND	18.00	72.00
35	ACOPLE RIGIDO HIERRO FUNDIDO/CAUCHO ,DIAMETRO 6", P. MAX 500PSI	32.00	UND	8.00	256.00
36	ACOPLE RIGIDO HIERRO FUNDIDO/CAUCHO ,DIAMETRO 4", P. MAX 500PSI	19.00	UND	4.00	76.00
37	ACOPLE RIGIDO HIERRO FUNDIDO/CAUCHO ,DIAMETRO 2-1/2", P. MAX. 500PSI	3.00	UND	3.50	10.50
38	ACOPLE RIGIDO HIERRO FUNDIDO /CAUCHO, DIAMETRO 2", 500PSI	26.00	UND	3.00	78.00
39	ACOPLE FLEXIBLE HIERRO FUNDIDO/ CAUCHO, DIÁMETRO 6", P. MAX. 450PSI	4.00	UND	8.00	32.00
EQUIPOS DE VALVULERIA Y MEDICIÓN					
40	VALVULA DE COMPUERTA OS&Y, HIERRO DÚCTIL, DIÁMETRO 6", CONEXIÓN BRIDA CLASE 150.	1.00	UND	520.00	520.00
41	VALVULA DE COMPUERTA OS&Y, HIERRO DÚCTIL, DIÁMETRO 2", CONEXIÓN BRIDA CLASE 150.	1.00	UND	60.00	60.00
42	VALVULA MARIPOSA, HIERRO DÚCTIL, DIÁMETRO 6", CONEXIÓN RANURADA	2.00	UND	320.00	640.00
43	VALVULA DE ALARMA + KIT DE ALARMA, HIERRO DÚCTIL, DIÁMETRO 6", CONEXIÓN RANURADA	1.00	UND	1,700.00	1,700.00
44	VALVULA REDUCTORA DE PRESIÓN, HIERRO DÚCTIL, DIÁMETRO 6", CONEXIÓN RANURADA	1.00	UND	420.00	420.00
45	VÁLVULA ANGULAR, BRONCE, DIÁMETRO 2-1/2", CONEXIÓN ROSCA INTERNA	4.00	UND	146.00	584.00
46	VÁLVULA ANGULAR, MAT. BRONCE, DIÁMETRO 1-1/2", CONEXIÓN ROSCA INTERNA NTP	1.00	UND	80.00	80.00
47	MANOMETRO DE PRESIÓN MAX 300PSI	3.00	UND	80.00	240.00
48	MEDIDOR DE FLUJO, CAUDAL PARA UNA DIAMETRO DE TUBERIA DE 6"	1.00	UND	120.00	120.00
49	PRESOSTATO	1.00	UND	100.00	100.00
50	VALVULA CHECK, HIERRO DUCTIL, DIAMÉMETRO 6", CONEX. RANURADA	2.00	UND	350.00	700.00
51	VALVULA CHECK, HIERRO DUCTIL, DIÁMETRO 4", CONX. RANURADA	1.00	UND	300.00	300.00
52	VALVULA CHECK, BRONCE, DIÁMETRO 2", CONXIÓN ROSCADA NTP	1.00	UND	5.00	5.00
53	FILTRO EN "Y" DIAMETRO DE 2", ROSCA INTERNA, NTP	1.00	UND	18.00	18.00
54	FILTRO EN "Y" DIAMETRO DE 6", BRIDADA CLASE 150.	1.00	UND	300.00	300.00
55	SIAMESA RECTA DOBLE CLAPETA, MAT. BROCE, DE 4"X2-1/2"X 2-1/2", ROSCA INTERNA NTP.	1.00	UND	250.00	250.00
56	MANGUERA SEMIRIGIDA, 30 MTS. TEGIDO CON POLIESTER Y TUBO INTERIOR DE CAUCHO 2-1/2".	2.00	UND	120.00	240.00
57	KIT PITON PLÁSTICO DE CHORRO, DIAMETRO 2-1/2".	2.00	UND	80.00	160.00
58	GABINTE PARA CONTENER LA MANGUERA Y OTROS ACCESORIOS. 90X90X25cm	2.00	UND	96.00	192.00
ASPERORES					
59	ASPERSOR PULVERIZADOR DE COBERTURA ESTANDAR Y RESPUESTA NORMAL, MONTANTE,FACTOR K=5.60, DIAMETRO DE CONEX. 3/4", ROSCA EXTERNA NTP.MATERIAL BRONCE	90.00	UND	15.00	1,350.00
ELEMENTOS DE AUTOMATIZACIÓ Y CONTROL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO					
60	PANEL DE CONTROL DIRECCIONABLE- MODELO : MS-9050UDE-marca fir-lite	1.00	UND	1,100.00	1,100.00
62	SIRENA Y LUXZ ESTROBOSCOPICA	5.00	UND	67.00	335.00
63	CAPANA	1.00	UND	37.00	37.00
64	ESTACIÓN MANUAL	3.00	UND	25.00	75.00
SOPORTERIA					
65	SUJECCIÓN AEREA/ TECHO-TUBERIA /DIAM. DEL CABLE DE ACERO FLEX. 1/2", PARA TUBERIAS DE DIAM. 6", LONGITUD NO MENOR A 70 CM. KIT COMPLETO	10.00	UND	5.00	50.00
66	SUJECCIÓN AEREA/ TECHO-TUBERIA /DIAM. DEL CABLE DE ACERO FLEX. 5/8", PARA TUBERIAS DE DIAM. 6". LONGITUD NO MENOR A 70 CM.KIT COMPLETO	90.00	UND	3.00	270.00
67	SOPORTE ANTSISMICO LATERAL DIAMETRO DEL TUBO 1-1/2"	2.00	UND	25.00	50.00
68	SOPORTE ANTSISMICO TRANSVERSAL DIAMETRO DEL TUBO 1-1/2"	2.00	UND	25.00	50.00
69	SOPORTE TRIANGULAR INMÓVIL, ANCLAJE EN PARED. MAT. ASTM-A 36, PERFIL "L" 2X1/4", MEDIDAS 40X30 CM.	10.00	UND	15.00	150.00
70	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	1.00	UND	79,600.00	79,600.00
				SUBTOTAL	124,274.00

Anexo 8. Hoja de datos de tubos Acero Negro

HOJA DE DATOS	
TUBERÍA AÉREA PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIO	
MATERIAL:	TUBO DE ACERO NEGRO
COSTURA:	SIN COSTURA GRADO B
NORMAS:	TRI-NORMA ASTM53 GR-B/ ASTM 106 GR-B/API 5L GR-B
REVESTIMIENTO FÁBRICA :	ÓXIDO DE HIERRO
REVESTIMIENTO ADICIONAL:	PINTURA EPÓXICA COLOR ROJO: RAL 3020
GEOMETRÍA DEL TUBO:	REDONDO
CONEXIONES:	1/2"-2" CONEXIÓN ROSCADA NTP DIÁM.> 2" CONEX. RANURADA
CÉDULA:	SCH 40
PRESIÓN DE TRABAJO:	VER ANEXO 10

Fuente: elaboración propia.

Anexo 9. Hoja de datos Tubos. HDPE

HOJA DE DATOS	
TUBERIA ENTERRADA PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIO	
MATERIAL:	HDPE(POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD), PE80
NORMAS:	ISO 4427
GEOMETRÍA DEL TUBO:	REDONDO
CONEXIONES:	ELETROFUSIÓN, BRIDADA CLASE 150
PRESIÓN DE TRABAJO MÁX.	HDPE TIPO PE80 80MPA
DIÁM.	6 pulg

Fuente: elaboración propia.



Tubos A53 /A106 API 5L/GR B SCH STD/40/XS/80/160

Tubo de acero negro sin costura, tri-norma A53 / ASTM A106 / API 5L grado B x 6 metros de largo.

Desde 1/4" a 11/2" en corte recto, y desde 2" a 24" con extremos biselados.

Esta tubería está destinada a aplicaciones mecánicas y de presión y también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas, y las líneas de aire.

Este tipo de tubería es apta para ser soldada y roscada. La vida útil corresponde al uso en condiciones normales para lo que fue fabricada.



TUBERÍA DE ACERO

Anexo 10. Especificaciones Técnicas de tubos de Acero Negro

Tubos A53 /A106 API 5L/GR B Presión de Trabajo vs. Temperatura

Medida Nominal inch (mm)	Cédula	Espesor de pared (mm)	Máxima Presión PSI								
			Temperature (°C)								
			-29 +38	205	260	350	370	400	430	450	
			Maximum Allowable Stress (MPa)								
			137.8	137.8	130.2	117.1	115.7	89.6	74.4	59.9	
1/4" (6)	STD 40	2.24	7985	7985	-	-	-	-	-	-	
	XS 80	3.02	10798	10798	-	-	-	-	-	-	
3/8" (9.6)	STD 40	2.31	6606	6606	-	-	-	-	-	-	
	XS 80	3.20	9147	9147	-	-	-	-	-	-	
1/2" (15)	STD 40	2.77	4992	4992	4718	4243	4193	3245	2696	2172	
	XS 80	3.73	6975	6975	6594	5929	5859	4534	3766	3034	
		160	4.78	9113	9113	8612	7746	7655	5923	4921	3964
	XXS		7.47	14249	14249	13465	12112	11969	9262	7695	6199
3/4" (20)	STD 40	2.87	4071	4071	3847	3461	3420	2646	2198	1771	
	XS 80	3.91	5717	5717	5402	4860	4802	3715	3087	2486	
		160	5.56	8434	8434	7971	7169	7084	5482	4554	3668
	XXS		7.82	12054	12054	11391	10246	10125	7836	6509	5243
1" (25)	STD 40	3.38	3807	3807	3598	3236	3198	2474	2056	1656	
	XS 80	4.55	5262	5262	4973	4476	4420	3421	2842	2289	
		160	6.35	7612	7612	7193	6470	6394	4948	4110	3311
	XXS		9.09	11172	11172	10558	9496	9385	7262	6033	4860
1 1/4" (32)	STD 40	3.56	3135	3135	2962	2664	2633	2038	1693	1364	
	XS 80	4.85	4377	4377	4136	3720	3676	2845	2363	1904	
		160	6.35	5888	5888	5564	5005	4946	3827	3180	2561
	XXS		9.7	9370	9370	8854	7963	7871	6090	5059	4075
1 1/2" (40)	STD 40	3.68	2820	2820	2665	2397	2368	1833	1530	1226	
	XS 80	5.08	3974	3974	3756	3379	3339	2583	2147	1729	
		160	7.14	5764	5764	5453	4905	4847	3750	3116	2510
	XXS		10.16	8525	8528	8056	7247	7161	5541	4604	3708
2" (50)	STD 40	3.91	2375	2375	2243	2020	1996	1544	1283	1033	
	XS 80	5.54	3431	3431	3242	2916	2882	2230	1853	1492	
		160	8.74	5637	5637	5327	4792	4736	3665	3044	2452
	XXS		11.07	7367	7367	6962	6262	6189	4789	3978	3205
2 1/2" (65)	STD 40	5.16	2598	2598	2455	2208	2183	1689	1403	1130	
	XS 80	7.01	3600	3600	3401	3060	3024	2339	1944	1566	
		160	9.53	5020	5020	4745	4267	4217	3264	2711	2184
	XXS		14.02	7699	7699	7275	6544	6467	5004	415	3349
3" (80)	STD 40	5.49	2256	2256	2171	1918	1895	1466	1218	981	
	XS 80	7.62	3189	3186	3014	2711	2679	2073	1722	1387	
		160	11.13	4798	4798	4533	4077	4029	3118	2590	2087
	XXS		15.24	6813	6813	6439	5791	5723	4429	3679	2964
4" (100)	STD 40	6.02	1913	1913	1808	1626	1607	1243	1033	832	
	XS 80	8.56	2764	2764	2612	2349	2322	1797	1754	1202	
		120	11.13	3654	3654	3453	3105	3069	2374	1973	1595
	XXS		13.49	4499	4499	4251	3824	3779	2924	2429	1916
5" (125)	STD 40	6.55	1677	1677	1584	1425	1408	1089	905	731	
	XS 80	9.53	2474	2474	2338	2103	2079	1609	1336	1076	
		120	12.7	3355	3355	3170	285	2818	2180	1812	159
	XXS		15.88	4265	4265	4030	3626	3583	2772	2303	1856

Máximos de rangos de presión y temperatura de acuerdo a ASME B31.3

Tubos A53 /A106 API 5L/GR B Presión de Trabajo vs. Temperatura

Medida Nominal inch (mm)	Cédula	Espesor de pared (mm)	Máxima Presión PSI								
			Temperature (°C)								
			-29 +38	205	260	350	370	400	430	450	
			Maximum Allowable Stress (MPa)								
			137.8	137.8	130.2	117.1	115.7	89.6	74.4	59.9	
6" (150)	STD 40	7.11	1530	1530	1440	1294	1279	990	779	663	
	XS 80	10.97	2389	2389	2258	2032	2008	1553	1290	1039	
	XXS 160	18.26	4108	4108	3882	3492	3450	2670	2218	1787	
8" (200)		20	6.35	1035	1035	978	879	869	673	559	450
		30	7.04	1149	1149	1086	976	965	747	621	500
	STD 40	8.18	1341	1341	1267	1139	1126	871	724	584	
		60	10.31	1703	1703	1609	1447	1430	1106	919	740
	XS 80	12.7	2113	2113	1997	1797	1775	1374	1141	919	
		100	15.09	2531	2531	2391	2151	2126	1645	1367	1101
	XXS 160	22.23	3819	3819	3608	3247	3209	2482	2063	1662	
10" (250)		20	6.35	826	826	781	703	695	538	447	360
		30	7.8	1019	1019	963	866	856	663	551	444
	STD 40	9.27	1216	1216	1149	1034	1022	790	657	530	
	XS 80	12.7	1682	1682	1589	1429	1412	1093	908	731	
		80	15.09	2011	2011	1900	1709	1689	1307	1085	874
		100	18.26	2454	2454	2319	2087	2062	1595	1325	1067
	XXS 160	21.44	2906	2906	2746	2470	2440	1889	1569	1264	
12" (300)		20	6.35	695	695	658	591	584	452	376	303
		30	8.38	922	922	871	783	783	600	498	401
	STD 40	9.53	1050	1050	992	892	882	663	568	457	
		40	10.31	1139	1139	1076	968	957	727	616	496
	XS 80	12.7	1410	1410	1333	1199	1184	916	761	614	
		60	14.27	1591	1591	1503	1352	1336	1034	859	692
	XXS 160	17.48	1962	1962	1864	1667	1648	1275	1059	853	
4" (350)		100	21.44	2427	2427	2294	2063	2040	1578	1311	1056
	XXS 120	25.4	2903	2903	2743	2467	2438	1887	156	1262	
		140	28.58	3290	3290	3109	2796	2763	2138	1776	1431
		160	33.32	3878	3878	3666	3297	3258	2521	2094	1687
		10	6.35	633	633	598	538	532	411	342	275
	STD 20	7.92	791	791	749	674	666	515	428	345	
	XS 30	9.53	954	954	902	811	802	621	516	416	
4" (350)		40	11.13	1119	1119	1060	951	939	728	605	487
	XS 60	12.7	1281	1281	1211	1089	1076	832	692	558	
		80	15.09	1529	1529	1445	1300	1285	994	825	666
		100	19.05	1947	1947	1840	1655	1635	1410	1051	846
		120	23.83	2458	2458	2323	2090	2066	1598	1328	1069
		140	27.79	2891	2891	2732	2457	2428	1880	1561	1258
	XXS 160	35.71	3778	3778	3571	3212	3174	2456	2041	1644	

Máximos de rangos de presión y temperatura de acuerdo a ASME B31.3

Fuente: <https://www.fiorellarepre.com.pe/FichaTecnica/>

fin