

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



**“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE  
ENFRIAMIENTO DE PROTECCIÓN  
CONTRA INCENDIO DE 4 000 GPM PARA  
LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE  
HIDROCARBUROS. TERMINAL SUPE –  
PETROLEOS DEL PERÚ S.A.”**

**INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL PARA  
OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN ENERGÍA**

**MAYNOR OSMEL PABLO LEÓN**

**Callao, Mayo, 2017**

**PERÚ**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

**I CURSO TALLER DE TITULACIÓN PROFESIONAL POR INFORME DE  
EXPERIENCIA LABORAL**

**ACTA DE EXPOSICIÓN DE INFORME FINAL DE EXPERIENCIA LABORAL**

Siendo, las 19:20 horas del día 08 de junio del 2017 en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los miembros del Jurado Revisor y Evaluador de la Exposición de los Informes Finales de Experiencia Laboral del I Curso Taller de Titulación Profesional por Informe de Experiencia Laboral Designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 084-2017-CF-FIME de fecha 23.05.17, conformado por los siguientes docentes:

**Presidente** : Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO  
**Secretario** : Ing. VICTORIANO SÁNCHEZ VALVERDE  
**Vocal** : Ing. EMILIANO LOAYZA HUAMÁN

Asimismo, contamos con la presencia de la Dra. Ana Mercedes León Zárate – Vicerrectora de Investigación de la Universidad Nacional del Callao (Supervisora General), Dr. José Hugo Tezén Campos – Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Supervisor de la Facultad), y el Lic. Rogelio Efrén Cerna Reyes - Miembro de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Representante de la Comisión de Grados y Títulos);

De acuerdo a lo señalado en el Capítulo X, numeral 10.1 de la "Directiva para la Titulación Profesional Modalidad por Informe de Experiencia Laboral con Curso Taller de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao", aprobada por Resolución de Consejo de Facultad N° 025-2017-CF-FIME de fecha 19.01.17;

Se procede con el acto de exposición de Informe Final de Experiencia Laboral del I Curso Taller de Titulación Profesional por Informe de Experiencia Laboral, título: **"MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO DE 4000 GPM PARA LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS. TERMINAL SUPE – PETROLEOS DEL PERÚ S.A"**, presentado por el Bachiller **PABLO LEÓN MAYNOR OSMEL**, contando el asesoramiento del Dr. **JUAN MANUEL PALOMINO CORREA**.

Luego de la exposición correspondiente y de absolver las preguntas formuladas por los miembros del Jurado de Exposición, se procede a la deliberación en privado respecto a la evaluación;

Este jurado acordó calificar al Sr. Bachiller **PABLO LEÓN MAYNOR OSMEL**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero en Energía** por la modalidad de Curso Taller de Titulación Profesional por Informe de Experiencia Laboral, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se detalla:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
<b>14 (CATORCE)</b>	<b>BUENO</b>

Con lo que se da por concluido el acto, siendo las 19:35 horas del día jueves 08 de junio del 2017

En señal de conformidad con lo actuado, firman la presente acta.

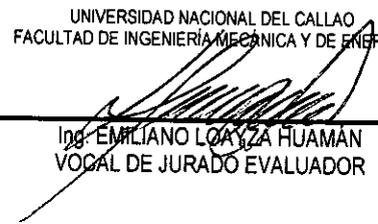
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

  
Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO  
PRESIDENTE DE JURADO EVALUADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

  
Ing. VICTORIANO SÁNCHEZ VALVERDE  
SECRETARIO DE JURADO EVALUADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

  
Ing. EMILIANO LOAYZA HUAMÁN  
VOCAL DE JURADO EVALUADOR

## **DEDICATORIA**

A mi Madre Diomila y a mi Padre Cipriano por darme la vida, por los cuidados que siempre me han ofrecido, por los valores inculcados, por su confianza, por su sacrificio para que pueda culminar mis estudios universitarios y su gran apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mis hermanos Aldo, Egner, Keila, Merly, Katy, Percy y Ronald, por sus consejos, por sus alegrías brindadas, por sus motivaciones, por lo que significan para mí y por ser parte importante de una gran familia unida.

Para ustedes, son lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia, que estuvo presente apoyándome en cada etapa de mi vida estudiantil.

A mi alma mater Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía por haberme permitido formarme y a los profesores que fueron partícipes de ese proceso.

A mi asesor Dr. Juan Palomino por su dirección en el desarrollo del presente trabajo.

A una persona importante en mi vida, que me apoyo e impulso a sacar adelante el presente trabajo; por su paciencia y amor, Jorella.

A mi buen amigo Fernando, por compartir su tiempo, su conocimiento y sus valiosas sugerencias al presente trabajo.

A mis compañeros de clase con quienes compartimos muchas vivencias académicas y situaciones de la vida.

A todas las personas que participaron y facilitaron que este trabajo se culmine de la mejor forma.

**Gracias.**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁG.
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
ÍNDICE DE FOTOS.....	8
INTRODUCCIÓN .....	9
<b>I. OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
1.1 Objetivo General.....	11
1.2 Objetivos Específicos.....	11
<b>II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....</b>	<b>12</b>
2.1 Empresa HT Ingeniería & Consultoría S.A.C. ....	12
2.2 Datos Generales.....	12
2.3 Declaraciones estratégicas .....	12
2.4 Gestión Calidad y Seguridad .....	13
2.4.1 Política HSSE .....	13
2.4.2 Política de Calidad .....	14
2.5 Descripción General de Estructura Orgánica.....	15
2.5.1 Estructura Orgánica .....	15
2.5.2 Organigrama Estructural.....	17

2.5.3. Descripción de cargo y funciones .....	18
<b>III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Gerenciamiento, Auditoria y Supervisión de Proyectos, Programas y Portafolios .....	19
3.2 Disciplinas de Ingeniería.....	19
3.3 Supervisión e Inspección .....	20
3.4 Sectores de Actividad .....	20
3.5 Proyectos Representativos .....	20
<b>IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA</b>	<b>22</b>
4.1 Descripción del Tema .....	22
4.1.1 Descripción del sistema de protección contra incendio existente.....	24
4.2 Antecedentes.....	29
4.2.1 Antecedentes Nacionales .....	29
4.2.2 Antecedentes Internacionales.....	30
4.3 Planteamiento del problema .....	32
4.4 Justificación .....	32
4.4.1 Justificación Legal.....	32
4.4.2 Justificación Tecnológica .....	32

4.5	Marco teórico.....	33
4.5.1	Definición de Términos Básicos.....	33
4.5.2	Principios Teóricos.....	38
4.5.3	Legislación Nacional.....	47
4.5.4	Normativa Internacional.....	47
4.6	Fases del proyecto.....	48
4.6.1	Fase 1: Determinación de escenarios de riesgo de la instalación.....	48
4.6.2	Fase 2: Determinación de parámetros normativos requeridos.....	53
4.6.3	Fase 3: Selección de equipos, tuberías y especificación de materiales para tuberías y accesorios.....	57
4.6.4	Fase 4: Verificación de parámetros normativos con software.....	69
<b>V.</b>	<b>EVALUACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICO.....</b>	<b>77</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>81</b>
6.1	Conclusiones.....	81
6.2	Recomendaciones.....	82
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIALES.....</b>	<b>84</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS Y PLANOS.....</b>	<b>87</b>
8.1	Anexos.....	87

8.1.1	Parámetros normativos requeridos del sistema de enfriamiento .....	87
8.1.2	Cálculo de presión en aspersores y en entrada de anillo de enfriamiento de escenarios críticos .....	87
8.1.3	Determinación de la cantidad de aspersores en un tanque de almacenamiento .....	87
8.1.4	Reporte modelo hidráulico de escenario más crítico. ....	87
8.1.5	Gráfico de curva de bombas existentes .....	87
8.1.6	Datos técnicos boquillas aspersores .....	87
8.1.7	Presupuesto del proyecto .....	87
8.1.8	Cronograma del proyecto.....	87
8.1.9	Especificación técnica de materiales para tuberías y accesorios.....	87
8.1.10	Especificación técnica de pintura.....	87
8.2	Planos.....	87
8.2.1	Arreglo general .....	87
8.2.2	Radiación térmica .....	87
8.2.3	P&ID Sistema de enfriamiento .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

	PÁG.
<b>CAPITULO IV</b>	
TABLA N° 4.1 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO .....	23
TABLA N° 4.2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA .....	24
TABLA N° 4.3 BOMBAS CONTRA INCENDIO.....	25
TABLA N° 4.4 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EXISTENTE .....	26
TABLA N° 4.5 NÚMERO MÍNIMO DE SALIDAS DE DESCARGA .....	40
TABLA N° 4.6 RATE DE APLICACIÓN DE ESPUMA EN SALIDAS FIJAS .....	40
TABLA N° 4.7 PROTECCIÓN CON DESCARGA FIJA DE ESPUMA ENCIMA DEL SELLO PARA TANQUES DE TECHO FLOTANTE.....	41
TABLA N° 4.8 NÚMERO DE CHORROS SUPLEMENTARIOS.....	42
TABLA N° 4.9 TIEMPO DE OPERACIÓN DE CHORRO SUPLEMENTARIOS ..	42
TABLA N° 4.10 VALORES C – HAZEN Y WILLIAMS .....	43
TABLA N° 4.11 CARTA DE EQUIVALENCIAS DE LONGITUDES DE TUBERÍA .....	45
TABLA N° 4.12 COMPARACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO .....	51
TABLA N° 4.13 ESCENARIOS DE DISEÑO .....	52
TABLA N° 4.14 CAUDAL MÍNIMO NORMATIVO DE AGUA .....	53
TABLA N° 4.15 CAUDAL MÍNIMO NORMATIVO DE ESPUMA .....	55
TABLA N° 4.16 CONSUMO TOTAL DE AGUA .....	56
TABLA N° 4.17 CAPACIDAD MÍNIMA REQUERIDA DE AGUA.....	57
TABLA N° 4.18 CANTIDAD DE ASPERSORES POR TANQUE .....	60

TABLA N° 4.19 FACTOR K DE ASPERSOR - TEÓRICO.....	61
TABLA N° 4.20 LISTA DE ASPERSORES CON CERTIFICACIÓN UL Y FM.....	62
TABLA N° 4.21 FACTOR K DE ASPERSOR - COMERCIAL.....	63
TABLA N° 4.22 PRESIÓN MÍNIMA DE INGRESO A ANILLO DE ENFRIAMIENTO.....	64
TABLA N° 4.23 CAUDAL MÁXIMO POR TUBERÍA.....	66
TABLA N° 4.24 DIÁMETRO DENTRO DE DIQUE - TEÓRICO.....	67
TABLA N° 4.25 DIÁMETRO RED TRONCAL - TEÓRICO.....	68
TABLA N° 4.26 ESPESOR DE TUBERÍA TRONCAL - TEÓRICO.....	69
TABLA N° 4.27 VERIFICACIÓN DE CÉDULA.....	69
TABLA N° 4.28 DETERMINACIÓN DE K TOTAL.....	71
TABLA N° 4.29 DIÁMETROS, TEÓRICO – SIMULADO.....	72
TABLA N° 4.30 DIÁMETROS DE LA RED TRONCAL, SIMULADO.....	73
TABLA N° 4.31 CAUDAL Y PRESIÓN, TEÓRICO – SIMULADO.....	74
TABLA N° 4.32 CAPACIDAD DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA CUBRIR LA DEMANDA DE AGUA, TEÓRICO – SIMULADO.....	75
TABLA N° 4.33 CAPACIDAD DE AGUA, TEÓRICO – INSTALADA – SIMULADO.....	76

## **CAPÍTULO V**

TABLA N° 5.1 PRESUPUESTO POR INGENIERÍA Y EXPEDIENTE.....	77
TABLA N° 5.2 PRESUPUESTO POR PROCURA DE MATERIALES Y EQUIPOS.....	78
TABLA N° 5.3 PRESUPUESTO POR MANO DE OBRA.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.
<b>CAPÍTULO II</b>	
FIGURA N° 2. 1 ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL .....	17
<b>CAPÍTULO IV</b>	
FIGURA N° 4.1 ESQUEMA DEL TERMINAL SUPE .....	23
FIGURA N° 4. 2 DETERMINACIÓN DE COBERTURA DE ASPERSOR .....	59
<b>CAPÍTULO V</b>	
FIGURA N° 5. 1 CRONOGRAMA DEL PROYECTO.....	80

## ÍNDICE DE FOTOS

	<b>PÁG.</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
FOTO N° 4.1 TANQUE 12 DE AGUA CONTRA INCENDIO.....	24
FOTO N° 4.2 BOMBA CONTRA INCENDIO .....	25
FOTO N° 4.3 HIDRANTE H6.....	26
FOTO N° 4.4 MONITOR – HIDRANTE MH9 .....	27
FOTO N° 4.5 GABINETE.....	28
FOTO N° 4.6 TUBERÍA VERTICAL DE ENFRIAMIENTO – TANQUE 5 .....	28

## INTRODUCCIÓN

En la industria de almacenamiento de hidrocarburos existe un alto riesgo de sufrir un incidente con presencia de fuego o explosión, considerando la inflamabilidad y la capacidad de los combustibles que se almacenan. Si no se toman medidas preventivas para evitarlas, las consecuencias y daños a la vida, instalaciones y medio ambiente pueden ser de consideración.

La planta de almacenamiento de hidrocarburos actualmente de propiedad de Petróleos del Perú, ubicada en Puerto de Supe (denominado Terminal Supe), provincia de Barranca, departamento de Lima; data de inicio de operaciones en octubre 1 957 y tiene como propósito la recepción, almacenamiento y despacho de hidrocarburos. Actualmente la planta cuenta con un sistema de enfriamiento de protección contra incendio con veinte años de antigüedad, el cual requiere considerar un proyecto de mejoramiento para cumplir con la normativa vigente.

El presente trabajo tiene como objetivo mejorar el sistema de enfriamiento de protección contra incendio, para los escenarios de riesgo de la instalación mediante un análisis del estudio de riesgo de la planta y ante deficiencias identificadas en la evaluación del sistema existente; lo cual implica modificaciones y/o ampliaciones en el diseño del sistema de enfriamiento, para su adecuación y cumplimiento con la normativa local vigente "D.S. 052-1993-EM – Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos", "D.S. 043-2007-EM – Reglamento de seguridad para las actividades de hidrocarburos" y a las normas

internacionales NFPA aplicables dentro del marco de exigencias regulatorias de OSINERGMIN; a fin de alcanzar niveles de seguridad en las operaciones, instalaciones y activos de la planta, así como mitigar todo riesgo asociado a la presencia de fuego o explosión en condiciones normales de operación.

Este trabajo propone establecer los parámetros normativos requeridos del sistema de enfriamiento de protección contra incendio; mediante la determinación de los escenarios de diseño que considera los escenarios más críticos del estudio de riesgo. Como actividades de las fases del proyecto se determina el caudal mínimo de agua y espuma, consumo total de agua, capacidad mínima requerida de agua, selección de aspersores, presión de operación en aspersores y anillo de enfriamiento, diámetros óptimos; involucrando el modelo hidráulico mediante el software AFT Fathom, que nos permitirá verificar los parámetros normativos del sistema de enfriamiento de protección contra incendio.

## **I. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo General**

Mejorar el sistema de enfriamiento de protección contra incendio de las instalaciones de la planta de almacenamiento de hidrocarburos Terminal Supe para el cumplimiento de la normatividad vigente.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- a. Determinar los escenarios de diseño, mediante el análisis del estudio de riesgo.
- b. Determinar los parámetros normativos requeridos del sistema de enfriamiento.
- c. Seleccionar equipos aspersores del sistema de enfriamiento.
- d. Determinar los diámetros óptimos del sistema de enfriamiento.
- e. Verificar los parámetros normativos requeridos del sistema de enfriamiento.

## **II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN**

### **2.1 Empresa HT Ingeniería & Consultoría S.A.C.**

HT INGENIERÍA & CONSULTORÍA S.A.C. Es una compañía dedicada a la Consultoría, Ingeniería y Construcción de Proyectos Energéticos para el sector de Petróleo, Gas y Minero; siendo capaces de realizar ingeniería conceptual, básica, detalle y construcción en los procesos de exploración, producción, transporte, almacenamiento y venta de hidrocarburos; así como la Supervisión y acompañamiento en la Construcción, Precomisionado, Comisionado, Puesta en Marcha y Hand Over en Plantas off shore y on shore.

### **2.2 Datos Generales**

- Razón Social: HT Ingeniería & Consultoría S.A.C.
- RUC: 20537452022
- Oficina Principal: Calle Fray Martín de Murúa Interior 810 San Miguel.
- Email: [info@hticsac.com](mailto:info@hticsac.com)

### **2.3 Declaraciones estratégicas**

- Misión: Prestar servicios de ingeniería, consultoría y asesoría, superando las expectativas establecidas por nuestros clientes en calidad, seguridad y tiempo.
- Visión: Ser punto de referencia en la gestión de proyectos, empleando tecnologías de vanguardia, promoviendo el desarrollo y poder integral de nuestro recurso humano.
- Fortaleza: Nuestra fortaleza, es nuestro equipo humano, personas a

las cuales nos orientamos en su aprendizaje constante y un adecuado clima laboral el cual fomente el dialogo y el trabajo en equipo. Alineamos los objetivos individuales con los empresariales para mantener la pasión por lo que hacemos.

- Valores: Compromiso, Ecología, Ética, Responsabilidad, Seguridad y Profesionalismo.

## **2.4 Gestión Calidad y Seguridad**

### **2.4.1 Política HSSE**

HT INGENIERÍA & CONSULTORÍA S.A.C., establece los siguientes compromisos de Seguridad, Salud en el Trabajo y Medio Ambiente:

- Prevenir lesiones y enfermedades ocupacionales de los colaboradores, contratistas y visitantes que tengan acceso a nuestros servicios de ingeniería, consultoría y asesoría mediante la identificación de peligros y evaluación de riesgos.
- Cumplir con las disposiciones legales aplicables a la Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente, así como cumplir con los requisitos de nuestros clientes.
- Mantener la mejora continua del Sistema de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente; por medio de la participación de todo el personal y contratista, así como apoyándonos en los avances tecnológicos y científicos aplicables a nuestras actividades.
- Prevenir la contaminación ambiental mediante la realización de auditorías ambiental periódica, ejecutando programas de capacitación

y entrenamiento en materia de Gestión Ambiental para mejorar el nivel de conciencia de responsabilidad con el Medio Ambiente.

- La Política de Seguridad, Salud en el Trabajo y Medio Ambiente, será revisada anualmente y se difundirá permanentemente a todos los colaboradores y contratistas, y se encontrará a disposición de todo el público en general.
- HT INGENIERÍA & CONSULTORÍA S.A.C., está comprometida con esta política y con el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, liderándolo para su mejora continua.

#### **2.4.2 Política de Calidad**

HT INGENIERÍA & CONSULTORÍA S.A.C., establece los siguientes compromisos de Calidad:

- Cumplir con los requisitos de nuestros clientes para lograr su máxima satisfacción.
- Hacer cumplir los planes de los proyectos que se encuentren ejecutando a través de un gerenciamiento efectivo, soportado en las buenas prácticas profesionales de la Industria y en base a los Fundamentos del Project Management Institute, para garantizar de esta manera el cumplimiento de los requisitos de nuestros clientes.
- Brindar formación a nuestros colaboradores para obtener un buen desempeño.
- Con el apoyo de nuestros colaboradores mejorar continuamente.

## **2.5 Descripción General de Estructura Orgánica**

### **2.5.1 Estructura Orgánica**

#### **Órgano de la Alta Dirección**

- Gerente General

#### **Órgano de Apoyo**

- Administración
- Recursos Humanos
- Logística
- Contabilidad
- Sistemas

#### **Órgano de Línea**

- Gerente de Proyectos
  - Equipo Proyecto de Ingeniería
  - Equipo Proyecto de Inspección
  - Equipo Proyecto de Supervisión
- Gerente de Ingeniería
  - Responsable de Dibujo
    - Projectista
  - Líder Civil
    - Especialista Civil
  - Líder de Procesos
    - Especialista de Procesos
  - Líder de Mecánica y Piping
    - Especialista de Mecánica

**Líder de Electricidad**

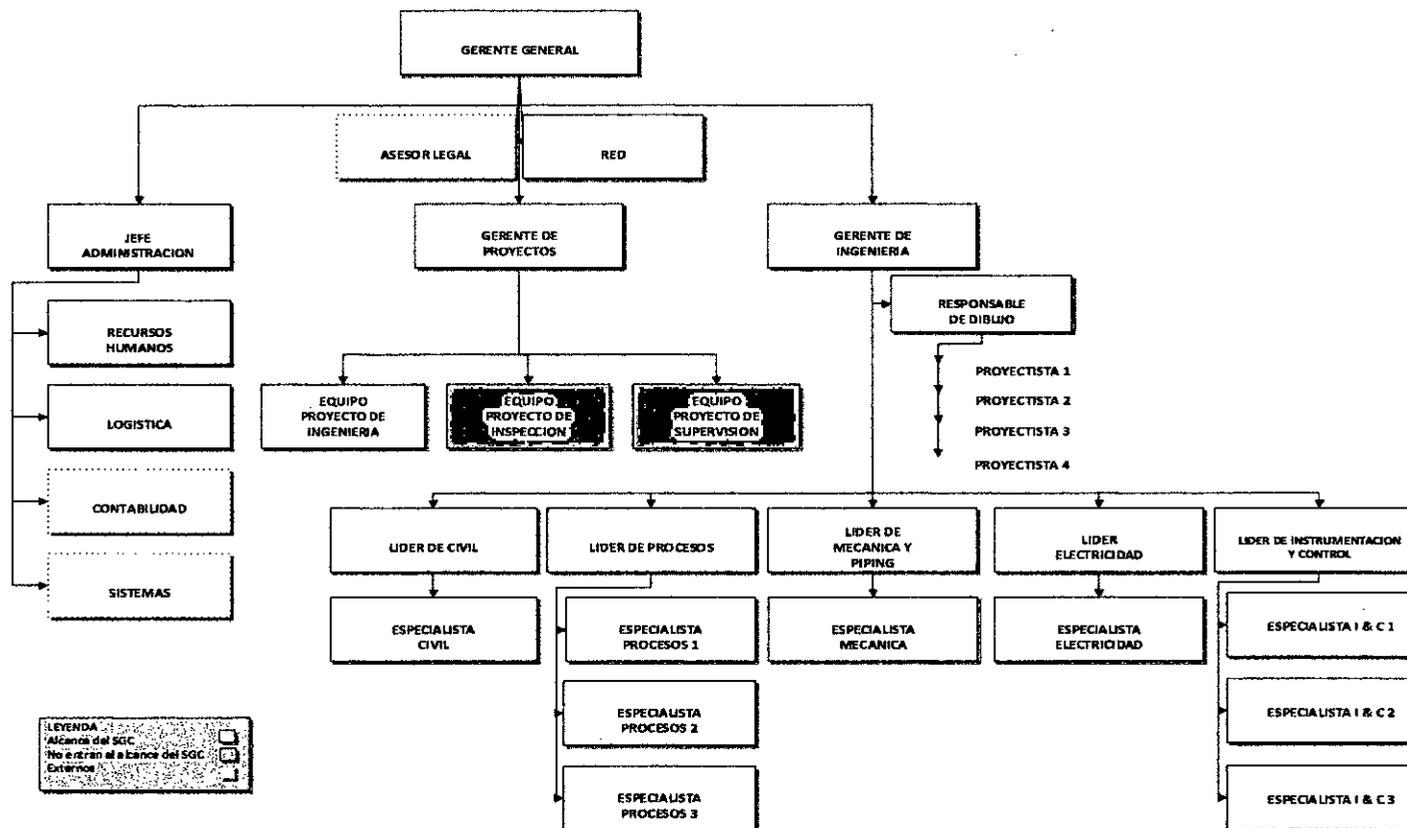
- **Especialista de Electricidad**

**Líder de Instrumentación y Control**

- **Especialista de Instrumentación y Control**

## 2.5.2 Organigrama Estructural

FIGURA N° 2.1 ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL



Fuente: Manual de Organización y Funciones 15000-HTIC-RRHH-MOF-003 de HT Ingeniería & Consultoría S.A.C.

### **2.5.3 Descripción de cargo y funciones**

Mi cargo en la empresa HT INGENIERÍA & CONSULTORÍA S.A.C.; es Especialista en Procesos.

El Especialista en Procesos es el profesional responsable de elaborar y/o desarrollar documentos entregables de su área cumpliendo con tiempos especificados conforme a cada proyecto.

Los documentos entregables principales en procesos son; perfiles de proyecto, memorias descriptivas, memorias de cálculo, hojas de datos, bases y criterios de diseño, diagramas de flujo, diagramas de proceso e instrumentación, listas de entregables.

Como principales funciones del Especialista en Procesos se tiene:

- Elaborar y revisar documentos entregables de diseño de sistemas de protección contra incendio.
- Elaborar y revisar documentos entregables de diseño de sistemas hidráulicos en hidrocarburos.
- Elaborar y revisar documentos entregables de dimensionamiento y selección de bombas, separadores bifásicos y trifásicos de producción.
- Elaborar y revisar balances de materia y energía de procesos en hidrocarburos.

### **III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN**

#### **3.1 Gerenciamiento, Auditoria y Supervisión de Proyectos, Programas y Portafolios**

- Gerenciamiento de Proyectos bajo modelos de entrega de contratos; Engineering, Procurement, Construction Management (EPCM), (EPC) y (EP), así como Supervisiones y Auditorías, Project Management Consultancy (PMC), con herramientas como Oracle Primavera P6 (Programación integral de los cronogramas) y de PRISM G2 (Gerenciamiento de costos y presupuestos).
- Supervisión de las EPCM basada en el enfoque de la Unidad Técnica de Dirección de Proyectos (UTDP).
- Supervisión de Proyectos, la Ingeniería y los Contratos (Aseguramiento y Control de la calidad).
- Servicio de Tercerización de recursos de dirección y gerenciamiento de proyectos.
- Servicio de Tercerización de Oficinas de Dirección de Proyectos y su operación.
- Servicio de Tercerización de Oficinas de Gestión Técnicas y su operación.
- Servicio de Gerenciamiento Concéntrico de Proyectos (GCP).

#### **3.2 Disciplinas de Ingeniería**

- Ingeniería Conceptual involucrando las áreas de procesos, mecánica,

tuberías, civil, electricidad, instrumentación y control.

- Ingeniería Básica involucrando las áreas de procesos, mecánica, tuberías, civil, electricidad, instrumentación y control.
- Ingeniería de Detalle involucrando las áreas de procesos, mecánica, tuberías, civil, electricidad, instrumentación y control.

### **3.3 Supervisión e Inspección**

- Supervisión de Obras, ingeniería de acompañamiento, PRECOM y COM, asegurando de esta manera la correcta implementación y culminación de los proyectos, cumpliendo estándares internacionales y normativas peruanas vigentes.

### **3.4 Sectores de Actividad**

- Industria Petrolera, Petroquímica y Gasífera
- Industria Eléctrica
- Industria Costa Afuera
- Industria Minera
- Edificación y Arquitectura
- Seguridad Industrial y Medio Ambiente

### **3.5 Proyectos Representativos**

- Proyecto: Modernización del SCI – Refinería Talara  
Cliente: Petróleos del Perú S.A.  
Servicio: Ingeniería de Detalle y Construcción
- Proyecto: Adecuación de SCI Terminal Pisco  
Cliente: Consorcio Terminales S.A.C.  
Servicio: Ingeniería de Detalle del Proyecto

- Proyecto: Producción Extendida Piedra Candela  
Cliente: BPZ Exploración & Producción S.R.L.  
Servicio: Ingeniería Básica y de Detalle del Proyecto
- Proyecto: Adecuación de SCI Terminales del Norte  
Cliente: Terminales del Perú S.A.C.  
Servicio: Ingeniería de Detalle del Proyecto
- Proyecto: Transporte de Crudo LB01, RC1, LT3, PTS – Paita, Talara.  
Cliente: Olympic Perú Inc.  
Servicio: Ingeniería Básica y de Detalle del Proyecto
- Proyecto: Estación de Filtrado, Medición, Regulación y Odorización de Cañete  
Cliente: Cálidda Gas Natural del Perú S.A.C.  
Servicio: Ingeniería de Detalle del Proyecto
- Proyecto: Re-Adecuación de Ductos Lote 1AB  
Cliente: Pluspetrol Norte S.A.  
Servicio: Ingeniería de Detalle del Proyecto
- Proyecto: Proyectos de Inversión Adicional Terminales del Centro y Norte (2013 – 2015)  
Cliente: Petróleos del Perú S.A.  
Servicio: Inspección de Proyectos
- Proyecto: Proyectos de Inversión Adicional Terminales del Centro y Norte  
Cliente: Terminales del Perú S.A.C.  
Servicio: Gestión, Supervisión, Revisión y Control de los Proyectos.

## **IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA**

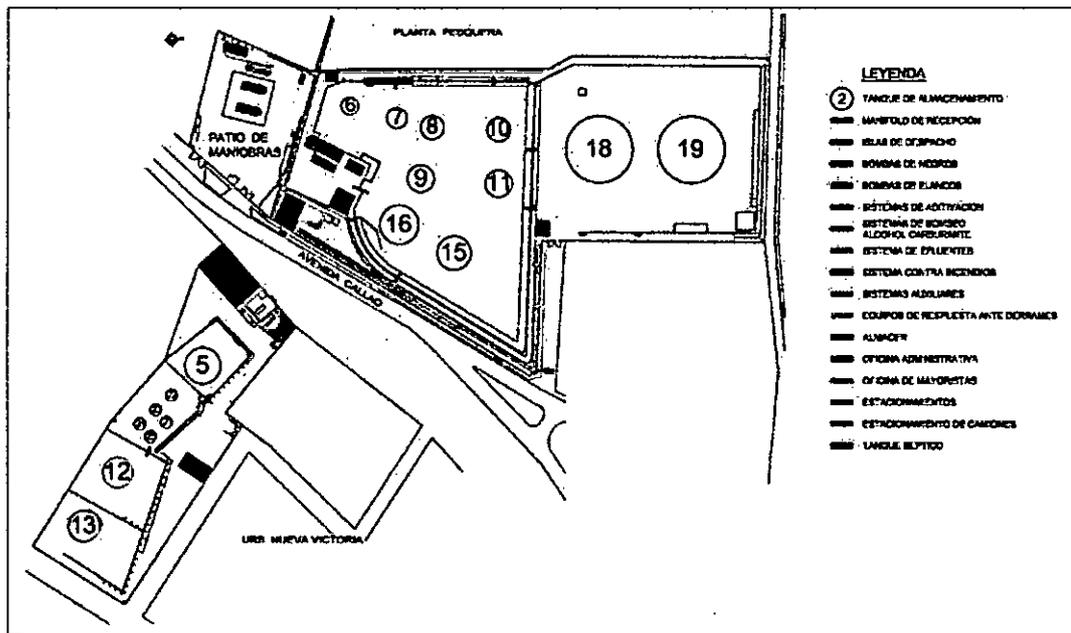
### **4.1 Descripción del Tema**

En la actualidad la planta de almacenamiento de hidrocarburos del Terminal Supe, ubicada en Puerto de Supe, provincia de Barranca, departamento de Lima, de propiedad de Petróleos del Perú, se encuentra operando teniendo como propósito la recepción, almacenamiento y despacho de productos hidrocarburos como Petróleo Industrial 500, Diésel B5, Alcohol Carburante, Gasolina 84 y Gasolina 90, una capacidad instalada de 204 083 barriles (bruto) y 193 869 barriles (máxima capacidad) de acuerdo al estudio de riesgo. Ver Tabla 4.1.

El Terminal Supe cuenta con un sistema de enfriamiento de protección contra incendio, que no cumple con los requerimientos del reglamento de seguridad para las actividades de hidrocarburos (D.S. 043-2007-EM), las normas NFPA aplicables y el estudio de riesgo.

Por tanto, se tiene la necesidad de realizar el mejoramiento del sistema de enfriamiento de protección contra incendio de la planta de almacenamiento de hidrocarburos Terminal Supe, asegurándonos de establecer los requerimientos mínimos normativos.

FIGURA N° 4.1 ESQUEMA DEL TERMINAL SUPE



Fuente: Petróleos del Perú

TABLA N° 4.1 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO

TANQUE	PRODUCTO	CLASE DE LÍQUIDO (*)	TIPO DE TECHO (**)	ALTURA (PIES)	DIÁMETRO (PIES)	CAPACIDAD (BARRILES)
TQ-5	Diésel B5	Clase II	TF	25	54	10,484
TQ-7	Alcohol Carburante	Clase IB	TSI	24	30	3,027
TQ-8	PI-500	Clase IIIA	TF	30	35	5,193
TQ-9	Gasolina 90	Clase IA	TFI	46	39	10,270
TQ-10	Diésel B5	Clase II	TF	30	35	5,201
TQ-11	Gasolina 84	Clase IA	TFI	36	39	8,129
TQ-15	Gasolina 90	Clase IA	TFE	41	50	16,502
TQ-16	Diésel B5	Clase II	TF	41	58	19,956
TQ-18	Diésel B5	Clase II	TF	41	100	57,933
TQ-19	Diésel B5	Clase II	TF	41	100	58,015

Fuente: Elaboración propia

**Notas:**

(\*) La clasificación es según NFPA 30 (sección 4.3; 2015)

(\*\*) TF: Techo Fijo; TFI: Techo Flotante Interno; TFE: Techo Flotante Externo; TSI: Techo Fijo con Sábana Flotante.

#### 4.1.1 Descripción del sistema de protección contra incendio existente

El sistema contra incendio disponible de la planta de almacenamiento de hidrocarburos del Terminal Supe está conformado por los siguientes componentes:

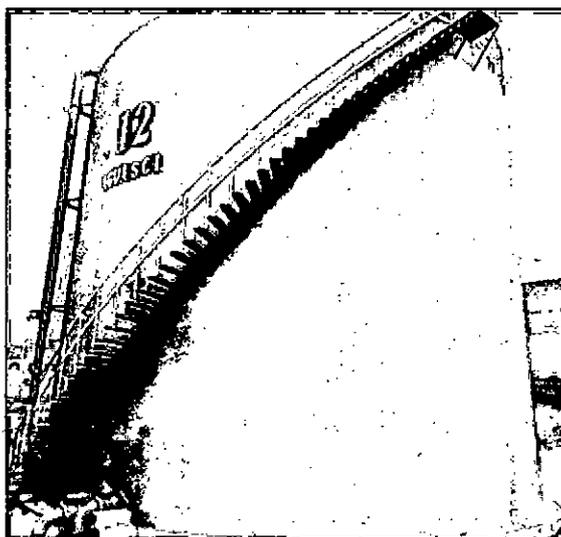
#### Tanque de agua contra incendio

TABLA N° 4.2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

SERVICIO	DETALLE	
	TQ-12	TQ-13
Servicio	Agua contra incendio	Agua contra incendio
Tipo	Metálico, vertical, con techo	Metálico, vertical, con techo
Diámetro	14 m	14 m
Altura	11.09 m	10.94 m
Capacidad Máxima de Almacenamiento	10393 Bls	9000 Bls
Calidad del agua	Agua Salobre	Agua Salobre

Fuente: Elaboración propia

FOTO N° 4.1 TANQUE 12 DE AGUA CONTRA INCENDIO



Fuente: Relevamiento de campo de HT Ingeniería & Consultoría S.A.C.

## Bombas contra incendio

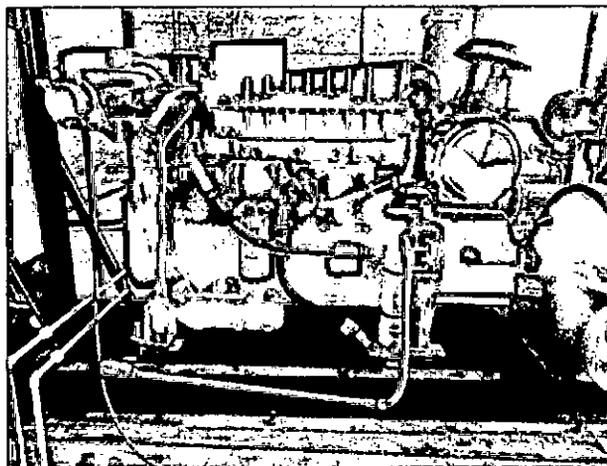
Existen dos bombas contra incendio UL listadas y FM aprobadas que se encuentran ubicadas adyacentes al tanque de agua contra incendio y bajo un techado metálico.

TABLA N° 4.3 BOMBAS CONTRA INCENDIO

CANTIDAD:	02 Bombas
SERVICIO:	Suministrar agua a presión a la red C.I.
MARCA / MODELO:	Aurora, 481-BF
TIPO:	Centrifuga, horizontal, carcaza partida
CAUDAL:	2000 gpm
PRESIÓN DESCARGA:	150 psi
SUCCIÓN:	8" x 150#
DESCARGA:	6" x 150#
MARCA MOTOR:	CATERPILLAR / MIRRLEES
POTENCIA MOTOR:	198.5 hp / 157 hp
COMBUSTIBLE	Diésel-2

Fuente: Elaboración propia

FOTO N° 4.2 BOMBA CONTRA INCENDIO



Fuente: Relevamiento de campo de HT Ingeniería & Consultoría S.A.C.

## Sistema de enfriamiento de protección contra incendio existente

TABLA N° 4.4 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EXISTENTE

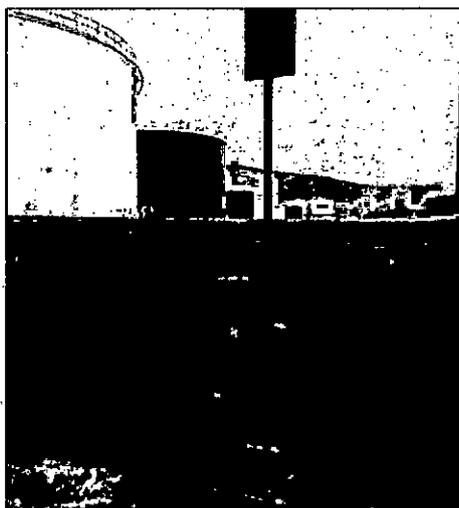
TANQUE	ENFRIAMIENTO	
	N° DE TUBERÍAS VERTICALES DE ENFRIAMIENTO	DIÁMETRO TUBERÍAS VERTICALES
TQ-5	1	6"
TQ-6	1	6"
TQ-7	1	4"
TQ-8	1	4"
TQ-9	1	4"
TQ-10	1	4"
TQ-11	1	6"
TQ-15	1	4"
TQ-16	1	4"
TQ-18	1	4"
TQ-19	1	6"

Fuente: Elaboración propia

### Hidrantes

Existen nueve hidrantes que no cumplen con las especificaciones de la norma NFPA 24, el diámetro que presenta es de 4", debería de ser de 6". Las derivaciones están conformadas por 2 válvulas de 2½" tipo compuerta, las cuales son listadas.

FOTO N° 4.3 HIDRANTE H6



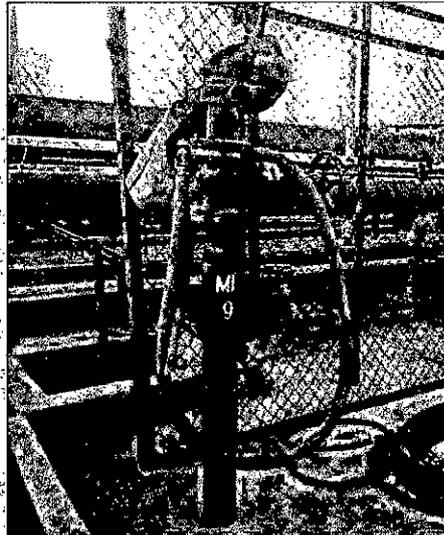
Fuente: Relevamiento de campo de HT Ingeniería & Consultoría S.A.C.

### **Monitor – Hidrante**

Existe un monitor – hidrante, el hidrante fabricado de 4" que no cumple con el requisito mínimo de NFPA el cual debería de ser de 6"; el monitor de marca National Foam con descarga de 2 ½" MHN, no se aprecia información técnica en el cuerpo del monitor.

La boquilla auto reductora del monitor – hidrante, es de marca National Foam de 500 gpm de caudal a 100 psi.

FOTO N° 4.4 MONITOR – HIDRANTE MH9

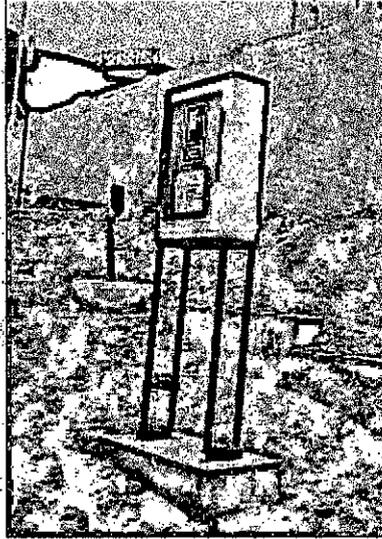


Fuente: Relevamiento de campo de HT Ingeniería & Consultoría S.A.C.

### **Gabinetes**

Adicionalmente se cuenta con once gabinetes para almacenamiento de mangueras contra incendio, pitones y herramientas.

FOTO N° 4.5 GABINETE



Fuente: Relevamiento de campo de HT Ingeniería & Consultoría S.A.C.

### **Sistema de enfriamiento de protección contra incendio**

Los diámetros de las líneas existentes son inferiores a lo requerido para un caudal adecuado. Las tuberías secas no son galvanizadas tal como se requiere para este tipo de sistemas conforme a lo indicado en los numerales 5.3.6.1 de NFPA 15 Ed.2017 y la tabla 10.13.1 de la NFPA 11 Ed. 2016.

FOTO N° 4.6 TUBERÍA VERTICAL DE ENFRIAMIENTO – TANQUE 5



Fuente: Relevamiento de campo de HT Ingeniería & Consultoría S.A.C.

## **4.2 Antecedentes**

Para el presente trabajo es importante tener en cuenta los siguientes antecedentes.

### **4.2.1 Antecedentes Nacionales**

- Informe de competencia profesional para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, Titulado: "Diseño e Instalación de un Sistema de Protección Contra Incendio con agua de enfriamiento de Tanques de Almacenamiento de Combustibles del Terminal Callao - Vopak", presentado por el Bachiller Manuel Rolando Tong Chiok, en el año 2015. Se encuentra en la Biblioteca especializada UNI – FIM.

"Se efectuaron los cálculos hidráulicos de la red existente, empleando las tres bombas de agua contra incendio disponibles; determinándose los requerimientos para el sistema de protección contra incendio, acordes con los distintos escenarios del estudio de riesgo del terminal; garantizándose la confiabilidad y seguridad del sistema de acuerdo a los estándares y normativa aplicables" (pág. 81).

El informe en mención brinda lineamientos para el desarrollo de los cálculos hidráulicos del sistema de enfriamiento existente, con las bombas contra incendio también existentes, así como los cálculos y selección de los aspersores. Estos lineamientos recomendados por la norma NFPA y legislación nacional, aplicados a instalaciones de un terminal de almacenamiento de hidrocarburos.

- Tesis para la obtención del Título de Ingeniero en Energía, Titulado: “Diseño Hidráulico de un Sistema de Protección Contra Incendio para el patio de Tanques de Almacenamiento de Diésel B5 – Unidad Minera Toquepala.”, presentado por la Bachiller Lesly Edith Mendoza Bruno, en el año 2014. Se encuentra en la Biblioteca Especializada UNAC – FIME.

“Habiendo realizado los cálculos hidráulicos se logró determinar los parámetros mínimos requeridos para el sistema de protección contra incendio con los cuales se logró diseñar el mencionado sistema, con ello se garantiza la confiabilidad y seguridad del sistema en concordancia con los estándares aplicables” (pág. 81).

Esta tesis sirve como referencia por la información de apoyo que proporciona para el diseño adecuado de un sistema de protección contra incendio mediante agua de enfriamiento para tanques de almacenamiento de combustible.

#### **4.2.2 Antecedentes Internacionales**

- Tesis para la obtención del Título de Ingeniero en Petróleos, Titulado: “Actualización del Sistema Contra Incendio de la Estación de Producción Shushufindi Central de Petroproducción.”, presentado por los Bachilleres Johana Jackeline Carrión Porras y Alex Omar Piruch Tsawant, en el año 2009. Se encuentra en la página web de la Escuela Politécnica Nacional de Quito – Ecuador.

“El sistema de extinción de incendios de la Estación Shushufindi

Central actualmente no cumple con los requerimientos mínimos y necesarios para la extinción de incendios, por lo cual es imprescindible considerar los lineamientos indicados en el presente proyecto para minimizar los riesgos de incendios en la estación” (pág. 148).

Esta tesis sirve de referencia para identificar y minimizar todo riesgo asociado a las áreas de patios de tanques de almacenamiento de combustible, además de brindar información de requerimientos mínimos para extinción de incendios.

- Tesis para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, Titulado: “Diseño de un Sistema Contra Incendio para Tanques de Almacenamiento de Diésel para la Empresa Termopichincha Central Santa Rosa.”, presentado por el Bachiller Christian Wladimir Albán Aráuz, en el año 2006. Se encuentra en la página web de la Escuela Politécnica del Ejército de Sangolqui – Ecuador.

“De acuerdo con los objetivos planteados, se ha llegado a culminar este proyecto cumpliendo la norma NFPA para sistemas contra incendio” (pág. 68).

Esta tesis sirve como orientación en el desarrollo de los cálculos hidráulicos del sistema de protección contra incendio existente, por ser la aplicación a tanques de almacenamiento de combustible y por plantear un mejoramiento en el sistema existente bajo los lineamientos de las normas NFPA, los cuales se pueden identificar.

### **4.3 Planteamiento del problema**

¿Cómo el mejoramiento del sistema de enfriamiento de protección contra incendio de las instalaciones de la planta de almacenamiento de hidrocarburos Terminal Supe, permitirá lograr el cumplimiento de la normatividad vigente?

### **4.4 Justificación**

#### **4.4.1 Justificación Legal**

Se realiza el mejoramiento del sistema de enfriamiento de protección contra incendio de la planta de almacenamiento de hidrocarburos del Terminal Supe, para cumplir con la normativa local vigente "D.S. 052-1993-EM – Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos", "D.S. 043-2007-EM – Reglamento de seguridad para las actividades de hidrocarburos" y a las normas internacionales NFPA aplicables. Así como para mitigar el riesgo de incendio en las instalaciones existentes; lo cual garantiza la seguridad de las operaciones, instalaciones y activos de Petr6leos del Per6.

#### **4.4.2 Justificación Tecnol6gica**

Mediante el mejoramiento del sistema de enfriamiento de protección contra incendio de la planta de almacenamiento de hidrocarburos del Terminal Supe, se lograr6 innovaciones tecnol6gicas en equipos, accesorios y facilidades; debido a que la planta cuenta con un sistema de enfriamiento con veinte a6os de antigüedad.

Principalmente con el suministro de tuberías, accesorios, monitores, monitor-hidrante, gabinetes contra incendio, boquillas aspersores de

bronce niquelado; certificados FM de procedencia U.S.A. en conformidad con lo recomendado por NFPA.

## **4.5 Marco teórico**

### **4.5.1 Definición de Términos Básicos**

A continuación, se presenta la definición de los términos básicos a utilizarse en el informe.

- **Almacenamiento:** Es el conjunto de recipientes de todo tipo que contengan o puedan contener líquidos combustibles o carburantes, ubicados en un área que incluye los tanques propiamente dichos, sus cubetos o diques de retención, las calles intermedias de circulación y separación, las tuberías de conexión y las zonas e instalaciones de carga, descarga y trasiego. (D.S. 052-1993-EM).
- **Aprobado:** Aceptable por la autoridad competente. (NFPA 15, edición 2017).
- **Aspersor:** Agua en forma con un patrón de riego predeterminado, tamaño de partículas, velocidad y densidad de aplicación por medio de boquillas diseñadas especialmente. (NFPA 15, edición 2017).
- **Autoridad Competente:** La organización, oficina o individuo responsable de hacer cumplir los requisitos de un código o una norma, o de aprobar equipos, materiales, una instalación o un procedimiento. Para el presente proyecto, la autoridad competente es Osinerming. (NFPA 15, edición 2017).
- **Instalación de Hidrocarburos:** Planta, local, estructura, equipo o

embarcación, utilizados para buscar, extraer, producir, refinar, procesar, almacenar, transportar, distribuir y comercializar Hidrocarburos. Dentro de las Instalaciones de Hidrocarburos se comprende a los emplazamientos en superficie y en subsuelo, en el zócalo continental o mar adentro. (D.S. 043-2007-EM).

- **Hidrante:** Dispositivo hidráulico de lucha contra incendios constituido esencialmente por un conjunto de válvulas y racores, conectado a la red de distribución de agua y destinado a suministrar agua en caso de incendio. (NFPA 24, Edición 2016).
- **Monitor:** Es un equipo de lucha contra incendios, conectado, normalmente, a un hidrante y destinado a suministrar agua y/o espuma en caso de incendio. (D.S. 052-1993-EM).
- **Líquido:** Cualquier material que posee una fluidez mayor que el asfalto de penetración 300 al ser ensayado de acuerdo con la norma ASTM D 5. (NFPA 30 – Edición 2015).
- **Líquido Clase I:** Cualquier líquido que posee un punto de inflamación de copa cerrada por debajo de 100°F (37,8°C) y una presión de vapor Reid que no supere las 40 lb/pulg<sup>2</sup> abs. (2068,6 mm Hg) a 100°F (37,8°C), determinado de acuerdo con el ensayo ASTM D 323. (NFPA 30 – Edición 2015).
- **Líquidos Clase IA:** incluirán aquellos líquidos que poseen puntos de inflamación por debajo de 73°F (22,8°C) y puntos de ebullición por debajo de 100°F (37,8°C). (NFPA 30 – Edición 2015).

- Líquidos Clase IB: incluirán aquellos líquidos que poseen puntos de inflamación por debajo de 73°F (22,8°C) y cuyos puntos de ebullición son iguales o superiores a 100°F (37,8°C). (NFPA 30 – Edición 2015).
- Líquidos Clase IC: incluirán aquellos líquidos cuyos puntos de inflamación son 73°F (22,8°C) o superiores, pero inferiores a 100°F (37,8°C). (NFPA 30 – Edición 2015).
- Líquido Clase II: Cualquier líquido que posee un punto de inflamación igual o superior a 100°F (37,8°C) e inferior a 140°F (60°C). (NFPA 30 – Edición 2015).
- Líquido Clase IIIA: Cualquier líquido que posee un punto de inflamación igual o superior a 140°F (60°C), pero inferior a 200°F (93°C). (NFPA 30 – Edición 2015).
- Líquido Clase IIIB: Cualquier líquido que posee un punto de inflamación igual o superior a 200°F (93°C). (NFPA 30 – Edición 2015).
- Punto de Inflamación: La temperatura mínima de un líquido a la cual se desprende suficiente vapor para formar una mezcla inflamable con el aire, cerca de la superficie del líquido o dentro del envase usado, como se determine por la metodología de prueba apropiada y los aparatos especificados. (NFPA 30 – Edición 2015).
- Listado: Equipo, materiales o servicios incluidos en una lista publicada por una organización aceptable a la autoridad competente

y encargada de evaluación de productos o servicios, que mantenga inspección periódica de la producción de los equipos o materiales listados o evaluación de los servicios y cuyo listado indique que dicho servicio o material cumple con las normas apropiadas. (NFPA 24, Edición 2016).

- Régimen de aplicación: Densidad de descarga de agua sobre un área o superficie en litros por minuto por metro cuadrado (lpm/m<sup>2</sup>). (NFPA 15, Edición 2017).
- Sistema de agua de enfriamiento: Sistema de agua pulverizada compuesto por boquillas de extinción abiertas (toberas) a través de las cuales se produce, en caso de fuego, la descarga de grandes cantidades de agua sobre el área o equipo a proteger. Se usa el agua proyectada por dichas toberas en patrones de descarga, tamaño de partículas, velocidad de las gotas y densidades predeterminadas para lograr el control de un incendio, su extinción, prevención o protección a la exposición. El sistema distribuye el agua por unas líneas de tuberías y es accionado por una válvula de control. (NFPA 15, Edición 2017).
- Tanque: Recipiente diseñado para soportar una presión interna manométrica entre 0 y 98 kPa (1kg/cm<sup>2</sup>). (D.S. 052-93-EM).
- Tanque atmosférico de techo flotante: Aquel en que el techo flota sobre la superficie del líquido, eliminándose el espacio para los vapores. Los principales tipos de techo flotante son: Techos de cubierta simple con pontones, techos de cubierta doble con

pontones, y techos flotantes internos que a su vez puede diferenciarse en techos flotantes internos rígidos y en sábanas flotantes. (D.S. 032-2002-EM).

- Tanque atmosférico techo fijo: Aquel que puede tener techo autosoportado o por columnas, la superficie del techo puede tener forma de domo o cono. El Tanque opera con un espacio para los vapores, el cual cambia cuando varía el nivel de los líquidos. El Tanque de techo fijo es usado para almacenar líquidos en razón a que no es exigido. (D.S. 032-2002-EM).
- Techo flotante: El techo de un Tanque de Almacenamiento que flota en la superficie del líquido almacenado. (D.S. 032-2002-EM).
- Terminal: Un lugar en la propiedad donde se reciben los líquidos en recipientes, tanques tuberías, carrotanques o autotanques y se almacenan o mezclan a granel con el fin de distribuir estos líquidos en contenedores, tanques, tuberías, carrotanques o autotanques, tanques portátiles o contenedores. (NFPA 25, edición 2016).
- Dique o muro contra incendio: Elemento de altura apropiada destinada a contener derrames de líquidos, construido de concreto, tierra o cualquier otro material impermeable. (D.S. 052-1993-EM).
- Sistema de espuma: Sistema constituido por un dispositivo de dosificación / mezcla de espumógeno y agua, unas líneas de tuberías para espumante, un dispositivo de generación de espuma y

boquillas o vertederos de descarga de espuma. (NFPA 11, Edición 2016).

- Foam Dam: Ancho del dique para espuma en tanques de techos flotantes. (NFPA 11, Edición 2016).

## **4.5.2 Principios Teóricos**

### **4.5.2.1 Sistema de agua de enfriamiento**

Toda instalación para almacenamiento de hidrocarburos debe tener un sistema de agua para enfriamiento. La capacidad de agua contra incendio de una instalación se basa en lo mínimo requerido para aplicar espuma y extinguir un incendio en el mayor tanque más la cantidad de agua necesaria para enfriar los tanques adyacentes que se encuentran en el cuadrante expuesto al lado de sotavento de dicho tanque de acuerdo a las normas NFPA aplicables. (Artículo 86, D.S. 052-1993-EM).

Cuando el suministro de agua de la red pública no es suficiente, en cantidad de agua y en presión se preverá almacenamiento de agua con sus bombas contra incendio. Se deberá asegurar un abastecimiento de por lo menos cuatro horas de agua al régimen de diseño al mayor riesgo. (Artículo 87, D.S. 052-1993-EM).

En el techo de los tanques de líquidos Clase I y II con más de 1,000 metros cúbicos de capacidad, deberá existir un dispositivo rociador para su enfriamiento, cuando por cualquier motivo la temperatura se eleve de una forma anormal (en virtud de un incendio cercano, por ejemplo). (Inciso c, artículo 88, D.S. 052-1993-EM).

Los sistemas generales de prevención y extinción de incendios en las Instalaciones para Almacenamiento de Hidrocarburos, podrán ser fijos, móviles, portátiles, o en combinación, en calidad y cantidad que obedezcan el mayor riesgo individual posible, de acuerdo con las normas NFPA 10, 11, 11c, 16 y a lo que el Estudio de Riesgos indique en cada caso. (Artículo 89, D.S. 052-1993-EM).

Los requerimientos mínimos para los sistemas de agua de enfriamiento para tanques de almacenamiento de techo fijo o flotante son los siguientes:

Tanques de techo fijo o flotante:

- Con toroide en el anillo superior: 0,15 gpm/p<sup>2</sup> del área lateral del cilindro.
- Con sistema externo: 0,20 gpm/p<sup>2</sup> del área lateral expuesta. (Inciso a, artículo 92, D.S. 043-2007-EM)

#### **4.5.2.2 Sistema de espuma**

El número de cámaras generadoras de espuma para tanques de techo fijo es definido por el D.S. 052-1993-EM (Art. 92) y la NFPA 11 (Tabla 5.2.5.2.1, 2011), de donde se considerará el valor más conservador.

**TABLA N° 4.5 NÚMERO MÍNIMO DE SALIDAS DE DESCARGA**

DIÁMETRO DEL TANQUE		NÚMERO MÍNIMO DE SALIDAS DE DESCARGA
m	pies	
Hasta 24	Hasta 80	1
Más de 24 a 36	Más de 80 a 120	2
Más de 36 a 42	Más de 120 a 140	3
Más de 42 a 48	Más de 140 a 160	4
Más de 48 a 54	Más de 160 a 180	5
Más de 54 a 60	Más de 180 a 200	6

Fuente: NFPA 11, Edición 2016 (Tabla 5.2.5.2.1).

El régimen de aplicación de solución de agua - espuma al tanque es definido por la NFPA 11 (Tabla 5.2.5.2.2, 2011) y el D.S. 052-1993-EM (Art. 91), de donde se considerará el valor más conservador.

Para determinar el caudal requerido de aplicación de solución de espuma para cada tanque de techo fijo se multiplicará el régimen mínimo de aplicación de espuma señalada en la Tabla N° 4.6, mediante un número suficiente de cámaras generadoras de espuma con la sección transversal horizontal del tanque incendiado (área incendiada).

**TABLA N° 4.6 RATE DE APLICACIÓN DE ESPUMA EN SALIDAS FIJAS**

TIPO DE HIDROCARBUROS	TASA MÍNIMA DE APLICACIÓN		TIEMPO MÍNIMO DE DESCARGA
	LPM/m <sup>2</sup>	GPM/pie <sup>2</sup>	min.
Punto de inflamación entre 37.8° y 60°C	4.1	0.1	30
Punto de inflamación menor de 37.8°C o líquidos calentados por encima de sus puntos de inflamación	4.1	0.1	55
Petróleo crudo	4.1	0.1	55

Fuente: NFPA 11, Edición 2016 (Tabla 5.2.5.2.2).

El rating de aplicación y el número de generadores de espuma para un tanque de techo flotante es definido por la Tabla N° 4.7.

Para determinar el caudal requerido de aplicación para cada tanque de techo flotante se multiplicará el régimen mínimo de aplicación de espuma señalada en la Tabla N° 4.7, mediante un número suficiente de generadores de espuma con la sección transversal anular horizontal del tanque incendiado (área incendiada) definida por el dique de espuma (Foam Dam).

**TABLA N° 4.7 PROTECCIÓN CON DESCARGA FIJA DE ESPUMA ENCIMA DEL SELLO PARA TANQUES DE TECHO FLOTANTE**

TIPO DE CIERRE	RÉGIMEN MÍNIMO DE APLICACIÓN		TIEMPO MÍNIMO DE DESCARGA	ESPACIO MÁXIMO ENTRE SALIDA DE DESCARGA			
				FOAM DAM 305 mm (12 pulg.)		FOAM DAM 610 mm (24 pulg.)	
	L/min.m <sup>2</sup>	Gpm/pie <sup>2</sup>	min	m	pies	m	pies
Cierre de zapata mecánico	12.2	0.3	20	12.2	40	24.4	80
Cierre de tubo con protector metálico de intemperie	12.2	0.3	20	12.2	40	24.4	80
Sello secundario total o parcialmente combustible	12.2	0.3	20	12.2	40	24.4	80
Cierre secundario todo metálico	12.2	0.3	20	12.2	40	24.4	80

Fuente: NFPA 11, Edición 2016 (Tabla 5.3.5.3.1).

Para el caso del Terminal Supe por ser tanques de techo flotante interno se está considerando un dique de espuma (Foam Dam) de 610 mm.

Para el volumen de espuma y agua se multiplicará el caudal requerido por el tiempo mínimo de descarga más conservador entre NFPA 11 y el D.S. 052-1993-EM.

De acuerdo a la NFPA 11 (2016), sección 5.9.2.1 debe proveerse equipos de chorros de manguera de espuma, además de las instalaciones en los tanques de espuma, como protección suplementaria para incendio de derrames pequeños.

El equipo para producir cada chorro de espuma debe tener un régimen de aplicación de solución de por lo menos 50 GPM.

El número mínimo de chorros de manguera fijos o portátiles es requerido debe ser el especificado en la Tabla N° 4.8 y debe estar disponible para proveer protección del área.

TABLA N° 4.8 NÚMERO DE CHORROS SUPLEMENTARIOS

DIÁMETRO DEL TANQUE MAYOR		NÚMERO MÍNIMO DE CHORROS DE MANGUERA REQUERIDOS
m	Pie	
Hasta 19.5 m	Hasta 65 pie	1
Desde 19.5 a 36 m	Desde 65 a 120 pie	2
Mayor a 36 m	Mayor de 120 pie	3

Fuente: NFPA 11, Edición 2016 (Tabla 5.9.2.2).

El tiempo mínimo de operación de los chorros de manguera suplementarias es especificado en la Tabla N° 4.9.

TABLA N° 4.9 TIEMPO DE OPERACIÓN DE CHORRO SUPLEMENTARIOS

DIÁMETRO DEL TANQUE		TIEMPO MÍNIMO DE DESCARGA
m	Pie	
Hasta 10.5 m	Hasta 35 pie	10
Desde 10.5 a 28.5 m	Desde 35 a 95 pie	20
Mayor a 28.5 m	Mayor de 95 pie	30

Fuente: NFPA 11, Edición 2016 (Tabla 5.9.2.4).

#### 4.5.2.3 Consideraciones para Cálculo Hidráulico

##### Formula de Perdida por Fricción

Las pérdidas por fricción en tuberías deben determinarse sobre la base de la fórmula de Hazen y Williams<sup>1</sup>:

<sup>1</sup> NFPA 15, Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección Contra Incendios, Edición 2017.

$$p = \frac{4.52 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times d^{4.87}} \quad (4.1)$$

Donde:

$p$ : Resistencia a la fricción en psi por pie de tubería.

$Q$ : Flujo en gpm.

$C$ : Coeficiente de pérdida por fricción.

$d$ : Diámetro interno real de la tubería en pulgadas.

### Valores C para tubería, formula Hazen y Williams

TABLA N° 4.10 VALORES C – HAZEN Y WILLIAMS

TUBERÍA O TUBO	VALOR C HAZEN Y WILLIAMS
Hierro fundido no revestido o dúctil	100
Galvanizado (todo)	120
Plástico (listado) – subterráneo	150
Hierro fundido o dúctil revestido de cemento	140
Tubo en cobre o acero inoxidable	150

Fuente: NFPA 15, Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección Contra Incendios, Edición 2017.

### Formula de Presión de Velocidad<sup>2</sup>

La presión de velocidad se determina sobre la base de la fórmula:

$$P_v = \frac{0.001123 \times Q^2}{d^4} \quad (4.2)$$

Donde:

$P_v$ : Presión de Velocidad en psi

$Q$ : Flujo en gpm.

$d$ : Diámetro interno real de la tubería en pulgadas

<sup>2</sup> NFPA 15, Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección Contra Incendios, Edición 2017.

### **Fórmula para Descarga de Boquillas<sup>3</sup>**

El cálculo de los parámetros de operación de boquillas (aspersores, Cámara de espuma, hidrantes y monitores) se efectuará usando la fórmula para descarga de boquillas:

$$Q = K \times \sqrt{P} \quad (4.3)$$

Dónde:

Q = Flujo en gpm desde la boquilla.

K = Coeficiente K de la boquilla

P = Presión total en psi para el flujo Q.

### **Longitudes equivalentes de tubería de válvulas y accesorios**

La tabla N° 4.10, debe usarse para determinar las longitudes equivalentes de válvulas y accesorios, a menos que los datos de pruebas del fabricante indique que son apropiados otros factores.

La tabla N° 4.10, debe usarse con un factor C Hazen y Williams de 120 solamente.

---

<sup>3</sup> NFPA 15, Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección Contra Incendios, Edición 2017.

TABLA N° 4.11 CARTA DE EQUIVALENCIAS DE LONGITUDES DE TUBERÍA

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresados en pies equivalentes (m)													
	½ pulg.		1 pulg.		1½ pulg.		1½ pulg.		2 pulg.		2½ pulg.		3 pulg.	
	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m
Codos de 45°	1	0.3	1	0.3	1	0.3	2	0.6	2	0.6	3	0.9	3	0.9
Codo estándar de 90°	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5	6	1.8	7	2.1
Codo de vuelta larga 90°	1	0.5	2	0.6	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5
Te o cruz (Flujo a 90°)	4	1.2	5	1.5	6	1.8	6	2.4	10	3.1	12	3.7	15	4.6
Válvula de compuerta	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	1	0.3	1	0.3
Válvula mariposa	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1.8	7	2.1	10	3.1
Válvula de retención	4	1.2	5	1.5	7	2.1	9	2.7	15	3.4	14	4.3	16	4.9

Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresados en pies equivalentes (m)													
	3½ pulg.		4 pulg.		5 pulg.		6 pulg.		8 pulg.		10 pulg.		12 pulg.	
	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m
Codos de 45°	5	0.9	4	1.2	5	1.5	7	2.1	9	2.7	15	3.4	13	4.0
Codo estándar de 90°	8	2.4	10	3.1	12	3.7	14	4.3	18	5.5	22	6.7	27	8.2
Codo de vuelta larga 90°	5	1.5	6	1.8	8	2.4	9	2.7	13	4.0	16	4.9	18	5.5
Te o cruz (Flujo a 90°)	17	5.2	20	6.1	25	7.6	30	9.2	35	10.7	50	15.3	60	18.3
Válvula de compuerta	1	0.3	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5	6	1.8
Válvula mariposa	-	-	12	3.7	9	2.7	10	3.1	12	3.7	19	5.8	21	6.4
Válvula de retención	19	5.8	22	6.7	27	8.2	32	9.8	45	13.7	55	16.8	65	19.8

Fuente: NFPA 15, Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección Contra Incendios, Edición 2017.

### Espesor de tubería por presión interna<sup>4</sup>

A continuación, se indica la fórmula para calcular el espesor de diseño:

$$t = \frac{OD \times P_i}{2 \times 0.72 \times E \times Y} \quad (4.4)$$

Donde:

*t*: es espesor de tubería

*OD*: es el diámetro externo

*P<sub>i</sub>*: es la presión interna de diseño

*Y*: es mínimo esfuerzo de fluencia

*E*: Factor de junta soldada

<sup>4</sup> ASME B31.3: Tuberías de Procesos de Refinerías y Plantas Químicas, Edición 2010.

Mientras que el espesor nominal de diseño se determina de la siguiente manera:

$$t_n = t + A \quad (4.5)$$

Donde:

$t_n$  : Espesor nominal de tubería

$t$  : Espesor de diseño

$A$  : Tolerancias por corrosión, roscado y ranurado.

### **Criterios para Tuberías**

El diámetro de la tubería principal en redes de agua contra incendio se debe diseñar mediante cálculos hidráulicos, pero en ningún caso debe ser menor de 200 mm (8 pulg.)<sup>5</sup>. La velocidad de flujo en tuberías de agua contra incendio, cuando se trate de agua dulce, debe ser máxima de 6,09 m/s (20 pie/s), en tanto que para agua salada, dicha velocidad debe ser como máximo de 4,57 m/s (15 pie/s)<sup>6</sup>.

### **Criterios de Presión**

Todo sistema nuevo de tuberías debe probarse hidrostáticamente de acuerdo con las previsiones de NFPA 15<sup>7</sup>. Todas las tuberías y los accesorios anexos sujetos a la presión de trabajo del sistema deben probarse hidrostáticamente a 200 psi (13.8 bar) y deben mantener esa presión sin pérdidas durante dos horas<sup>8</sup>.

<sup>5</sup> NRF-016-PEMEX-2010 – Diseño de Redes Contra Incendios, Ed. 2010, ítem 8.13.10.

<sup>6</sup> FM GLOBAL – Property Loss Prevention Data Sheets, Edition 2000, ítem 2.1.3.1.1.

<sup>7</sup> NFPA 15 – Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección Contra Incendios, Ed. 2017, ítem 10.3.

<sup>8</sup> NFPA 13 – Norma para la Instalación de Sistema de Rociadores, Ed. 2016, ítem 25.2.1.1.

### **4.5.3 Legislación Nacional**

- Ley N° 26221: Ley Orgánica que Norma las Actividades de Hidrocarburos en el Territorio Nacional.
- D.S. 052-1993-EM: Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos y su modificación D.S.-036-2003-EM.
- D.S. 045-2001-EM: Reglamento para la Comercialización de Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos.
- D.S. 043-2007-EM: Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos y sus modificatorias.
- D.S. 032-2002-EM: Glosario, Siglas y Abreviaturas del Subsector Hidrocarburos.

### **4.5.4 Normativa Internacional**

- NFPA 11: Norma para Espumas de Baja, Media y Alta Expansión.
- NFPA 13: Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores.
- NFPA 14: Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y Mangueras.
- NFPA 15: Norma para Sistemas Fijos de Aspersores de Agua para Protección Contra Incendios.
- NFPA 20: Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios.

- NFPA 24: Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios.
- NFPA 25: Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección Contra Incendios a Base de Agua.
- NFPA 30: Código de Líquidos Inflamables y Combustibles.

#### **4.6 Fases del proyecto**

Para el mejoramiento del sistema de enfriamiento de protección contra incendio de la planta de almacenamiento de hidrocarburos Terminal Supe, se considera las siguientes fases:

##### **4.6.1 Fase 1: Determinación de escenarios de riesgo de la instalación**

###### **4.6.1.1 Relevamiento de información**

La razón que determina la necesidad de obtener información, es que con ella se recogen los elementos que permitirán deducir si es correcto el diagnóstico de la situación actual que se arribe y si son acertadas las recomendaciones o sugerencias de solución que se propongan.

Para lograr que la información sea de cantidad y calidad requeridas, debe evitarse aceptar declaraciones de tipo general que puedan llevar a falsas interpretaciones y tener en cuenta la importancia de obtener la información de fuentes autorizadas.

La información solicitada es la siguiente:

- Estándares del cliente
- Estudio de riesgo y plan de contingencia de la planta de

almacenamiento de hidrocarburos Terminal Supe, aprobados

- Solicitud de hoja de datos de equipos existentes.
- Solicitud de curvas de bombas
- Criterios de diseño
- P&ID Sistema de bombeo
- P&ID Red principal sistema contra incendio
- PFD Sistema contra incendio
- P&ID Red de agua sistema de enfriamiento
- Memoria de cálculo evaluación hidráulica
- Memoria descriptiva del sistema

#### **4.6.1.2 Relevamiento de campo**

La razón que determina la necesidad de obtener información de campo, es la posible reutilización de activos con la finalidad de identificar la utilización de los mismos reduciendo el impacto económico del proyecto.

Esto implica validar la ubicación exacta de los equipos (existentes y nuevos), validar la ubicación de la red existente planteando mejoras de ruteo para la red nueva, corroborar el estado de los equipos existentes.

La información por relevar es la siguiente:

- Ruteo existente de la red troncal del sistema contra incendio.
- Estado actual de bombas existentes.
- Ubicación de soportes de los anillos de enfriamiento existentes.
- Ubicación de soportes de la red troncal de agua existente.

#### **4.6.1.3 Análisis del estudio de riesgo**

Para efectos de considerar el escenario más crítico, para el dimensionamiento del sistema contra incendio de la planta de almacenamiento de hidrocarburos del Terminal Supe, se realizó el comparativo entre dos consideraciones del estudio de riesgo, lo cual comprende la realización de los parámetros de operación con ovoide enfriado y los parámetros con ovoide sin enfriar, seleccionando los escenarios más críticos entre ambos.

Las consideraciones para la determinación de parámetros con ovoide enfriado y ovoide sin enfriar son las siguientes:

Sistema con ovoide enfriado:

- Se activará el sistema de espuma del tanque incendiado.
- Se activará el sistema de enfriamiento del tanque incendiado.
- Se activará el sistema de enfriamiento de las superficies expuestas de los tanques afectados por el radio térmico del tanque incendiado.
- Se activará un número adecuado de monitores de agua para enfriar los techos dependiendo del escenario a proteger.
- Se activará un hidrante de agua para efectos de enfriar tuberías.
- Sistema con ovoide sin enfriar:
  - Se activará el sistema de espuma del tanque incendiado.
  - No se activará el sistema de enfriamiento del tanque incendiado.
  - Se activará el sistema de enfriamiento de las superficies expuestas de los tanques afectados por el radio térmico del tanque incendiado.

- Se activará un número adecuado de monitores de agua para enfriar los techos dependiendo del escenario a proteger.
- Se activará un hidrante de agua para efectos de enfriar tuberías.
- De donde se tiene el comparativo realizado con respecto a los consumos requeridos por escenarios. Ver Tabla 4.12.

**TABLA N° 4.12 COMPARACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO**

ESCENARIO	PRODUCTO INCENDIADO	CON OVOIDE ENFRIADO*	SIN OVOIDE ENFRIADO**
		GPM	GPM
Incendio en Tanque TQ - 5	Diésel B5	1,270	634
Incendio en Tanque TQ - 6	Slop	920	637
Incendio en Tanque TQ - 7	Alcohol Carburante	689	350
Incendio en Tanque TQ - 8	PI500	1,177	1,647
Incendio en Tanque TQ - 9	Gasolina 84	2,502	2,152
Incendio en Tanque TQ - 10	PI500	838	1,124
Incendio en Tanque TQ - 11	Diésel B5	934	863
Incendio en Tanque TQ - 13	Diésel B5	1,168	404
Incendio en Tanque TQ - 15	Gasolina 90	2,630	1,664
Incendio en Tanque TQ - 16	Diésel B5	3,391	2,270
Incendio en Tanque TQ - 18	Diésel B5	3,820	2,570
Incendio en Tanque TQ - 19	Diésel B5	3,820	2,570

Fuente: Elaboración propia

**Notas:**

(\*) Con ovoide enfriado se considera el enfriamiento del tanque incendiado.

(\*\*) Sin ovoide enfriado no considera el enfriamiento del tanque incendiado.

**4.6.1.4 Determinación de los escenarios de diseño**

Del análisis realizado al estudio de riesgo, considerando los criterios descritos anteriormente; se tiene que los escenarios de riesgo contemplaran parte de las dos consideraciones planteadas en el estudio de riesgo, siendo estos los escenarios más críticos, estos escenarios de diseño se considerarán para la determinación del sistema de enfriamiento.

En la Tabla 4.13 se muestran los escenarios de diseño a utilizar para el desarrollo del proyecto, indicando los equipos que serán activados para enfriamiento de techos y tuberías durante el desencadenamiento de un eventual incendio.

TABLA N° 4.13 ESCENARIOS DE DISEÑO

TANQUE INCENDIADO	APLICACIÓN DE ESPUMA	SUPERFICIE DEL CASCO DEL TQ ENFRIADO	SUPERFICIE DEL TECHO DEL TQ ENFRIADO	EQUIPOS ACTIVADOS PARA ENFRIAMIENTO DE TECHOS Y TUBERÍAS
TQ-5	TQ-5	100%(TQ-5)	No Enfría Techo	HY-002 (1 manguera de Ø 2 ½ ")
TQ-6	TQ-6	100%(TQ-7) 100% TQ-6	No Enfría Techo	HY-004 (1 manguera de Ø 2 ½ ")
TQ-7	TQ-7	100%(TQ-7)	No Enfría Techo	MH-002 (1 manguera de Ø 2 ½ ")
TQ-8*	TQ-8	100%(TQ-7) 100%(TQ-9)	50%(TQ-9)	MH-001 MH-004 (1 manguera de Ø 2 ½ ")
TQ-9	TQ-9	100%(TQ-16) 100%(TQ-9)	50%(TQ-16)	MH-001 MH-004 (1 manguera de Ø 2 ½ ")
TQ-10*	TQ-10	100%(TQ-11)	50%(TQ-11)	MH-004 (Monitor + 1 manguera de Ø 2 ½ ")
TQ-11	TQ-11	100%(TQ-11)	No Enfría Techo	MH-004 (1 manguera de Ø 2 ½ ")
TQ-15	TQ-15	100%(TQ-16) 100%(TQ-15)	50%(TQ-16)	MH-001 HY-007 (1 manguera de Ø 2 ½ ")
TQ-16	TQ-16	100%(TQ-9) 50%(TQ-15) 100%(TQ-16)	100%(TQ-9) 50%(TQ-15)	MH-001 MH-004 HY-003 (1 manguera de Ø 2 ½ ")
TQ-18	TQ-18	25%(TQ-19) 100%TQ-18	25%(TQ-19)	MH-003 HY-006 (1 manguera de Ø 2 ½ ")
TQ-19	TQ-19	25%(TQ-18) 100%(TQ-19)	25%(TQ-18)	MH-003 HY-005 (1 manguera de Ø 2 ½ ")

Fuente: Elaborado por HT Ingeniería & Consultoría S.A.C.

**Notas:**

(\*) Los tanques TQ-8 y TQ-10 se consideran sin ovoide enfriado.

## 4.6.2 Fase 2: Determinación de parámetros normativos requeridos

### 4.6.2.1 Determinación de caudal mínimo normativo de agua y espuma contra incendio

#### Sistema de enfriamiento

De lo indicado en el punto 4.5.2.1, los ratios de aplicación para enfriamiento tanques de almacenamiento de hidrocarburos líquidos mediante sistema fijo y sistema externo son 0.15 gpm/pie<sup>2</sup> y 0.20 gpm/pie<sup>2</sup> respectivamente.

Debido a que el tanque de almacenamiento tiene forma cilíndrica, el área a enfriar será, el área lateral de la misma siendo esta:

$$A_{enf} = \pi \times D \times H$$

Donde:

*D*: Diámetro del tanque de almacenamiento de combustible (pies)

*H*: Altura del tanque de almacenamiento de combustible (pies)

De lo antes mencionado se obtiene la Tabla 4.14.

TABLA N° 4.14 CAUDAL MÍNIMO NORMATIVO DE AGUA

TANQUE	ALTURA (H)	DIÁMETRO (D)	ÁREA ENFRIADA	RATE	CAUDAL POR TANQUE
	Pie	Pie	pie <sup>2</sup>	gpm/pie <sup>2</sup>	gpm
TQ-5	25	54	4,241.15	0.15	636.17
TQ-6	24	25	1,884.96	0.15	282.74
TQ-7	24	30	2,261.95	0.15	339.29
TQ-8	30	35	3,298.67	0.15	494.80
TQ-9	46	39	4,430.09	0.15	664.51
TQ-10	30	35	3,298.67	0.15	494.80
TQ-11	36	39	4,410.80	0.15	661.62
TQ-15	41	50	6,440.26	0.15	966.04
TQ-16	41	58	7,470.71	0.15	1,120.61
TQ-18	41	100	12,880.53	0.15	1,932.08
TQ-19	41	100	12,880.53	0.15	1,932.08

Fuente: Elaboración propia.

## Sistema de Espuma

De lo indicado en el punto 4.5.2.2, los ratios de aplicación para el sistema de espuma 0.10 gpm/pie<sup>2</sup> para combustibles con punto de inflamación que se encuentren entre 37.8°C y 60°C, Punto de inflamación menor de 37.8°C o líquidos calentados por encima de sus puntos de inflamación y petróleo crudo mientras que 0.15 gpm/pie<sup>2</sup> para solventes polares y que el tiempo mínimo de descarga para combustibles con punto de inflamación que se encuentren entre 37.8°C y 60°C es de 30 minutos mientras que combustibles con punto de inflamación menor de 37.8°C o líquidos calentados por encima de sus puntos de inflamación, petróleo crudo y solvente polares el tiempo mínimo de descarga es de 55 minutos.

Debido a que el tanque de almacenamiento tiene forma cilíndrica y que el área de aplicación de la solución de espuma es el área perpendicular al eje del cilindro ubicado en el límite superior del combustible (espejo de combustible), se tiene lo siguiente:

Área de aplicación para techos fijos:

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

Área para techos flotantes:

$$A = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2)$$

Donde:

*D*: Diámetro del tanque de almacenamiento de combustible (pies)

*d*: Diámetro del techo flotante (pies)

Sabiendo que el espacio de separación entre el techo flotante y el tanque

de almacenamiento (Foam Dam) es 2 pies, se obtiene la Tabla 4.15.

TABLA N° 4.15 CAUDAL MÍNIMO NORMATIVO DE ESPUMA

TANQUE	TIPO DE TECHO	DIÁMETRO (D)	ÁREA INCENDIADA	RATE	CAUDAL REQUERIDO SOLUCIÓN DE ESPUMA	CAUDAL DE AGUA REQUERIDA
		pie	pie <sup>2</sup>	gpm/pie <sup>2</sup>	gpm	gpm
TQ-5	TF	54.00	2,290.22	0.10	229.02	222
TQ-6	TF	25.00	490.87	0.10	49.09	48
TQ-7	TSI	30.00	706.86	0.15	106.03	103
TQ-8	TF	35.00	962.11	0.10	96.21	93
TQ-9	TFI	39.00	232.48	0.10	23.25	23
TQ-10	TF	35.00	962.11	0.10	96.21	93
TQ-11	TFI	39.00	232.48	0.10	23.25	23
TQ-15	TFE	50.00	301.59	0.10	30.16	29
TQ-16	TF	58.00	2,642.08	0.10	264.21	256
TQ-18	TF	100.00	7,853.98	0.10	785.40	762
TQ-19	TF	100.00	7,853.98	0.10	785.40	762

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.2.2 Determinación de consumo total de agua por escenario

Para determinar el consumo total de agua, consideramos el sistema de enfriamiento, sistema de espuma y aplicación de protección suplementaria tanto enfriamiento como espuma, contemplado en el estudio de riesgo.

Con las consideraciones indicadas se obtiene la Tabla 4.16.

TABLA N° 4.16 CONSUMO TOTAL DE AGUA

ESCENARIO	PRODUCTO	CAUDAL DE AGUA CONTRA INCENDIO
		Gpm
Incendio en Tanque TQ - 5	Diésel B5	1,270
Incendio en Tanque TQ - 6	Slop	920
Incendio en Tanque TQ - 7	Alcohol Carburante	689
Incendio en Tanque TQ - 8	PI500	1,647
Incendio en Tanque TQ - 9	Gasolina 84	2,502
Incendio en Tanque TQ - 10	PI500 (Diésel)	1,124
Incendio en Tanque TQ - 11	Gasolina 84	934
Incendio en Tanque TQ - 13	Diésel B5	1,168
Incendio en Tanque TQ - 15	Gasolina 90	2,630
Incendio en Tanque TQ - 16	Diésel B5	3,391
Incendio en Tanque TQ - 18	Diésel B5	3,820
Incendio en Tanque TQ - 19	Diésel B5	3,820

Fuente: Elaboración propia

Donde se muestra el consumo de agua que se genera en el escenario más crítico, que involucra al escenario de incendio del tanque 18 generando un consumo de 3,820 gpm, por ende, la bomba que se utilice para el sistema debe tener como mínimo dicho caudal, en el caso de que se utilice dos bombas cada una de ellas deberá asegurar un gasto de 1,910 gpm como mínimo por cada una.

#### 4.6.2.3 Determinación de capacidad mínima requerida de agua

De lo indicado en el punto 4.5.2.1, se deberá asegurar un abastecimiento de por lo menos 4 horas de agua al régimen de diseño al mayor riesgo, del estudio de riesgo, donde se tiene las capacidades totales de agua contemplando el uso del sistema de enfriamiento, la aplicación del sistema de espuma y la aplicación suplementaria de agua de enfriamiento y

solución de espuma. Con lo que se obtiene la Tabla 4.17.

TABLA N° 4.17 CAPACIDAD MÍNIMA REQUERIDA DE AGUA

ESCENARIO	PRODUCTO	CAPACIDAD DE AGUA CONTRA INCENDIO
		BARRILES
Incendio en Tanque TQ - 5	Diésel B5	6,146
Incendio en Tanque TQ - 6	Stop	5,043
Incendio en Tanque TQ - 7	Alcohol Carburante	3,498
Incendio en Tanque TQ - 8	PI500	8,948
Incendio en Tanque TQ - 9	Gasolina 84	14,202
Incendio en Tanque TQ - 10	PI500 (Diésel)	5,959
Incendio en Tanque TQ - 11	Gasolina 84	5,225
Incendio en Tanque TQ - 13	Diésel B5	5,901
Incendio en Tanque TQ - 15	Gasolina 90	14,900
Incendio en Tanque TQ - 16	Diésel B5	18,093
Incendio en Tanque TQ - 18	Diésel B5	18,017
Incendio en Tanque TQ - 19	Diésel B5	18,017

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4.17 muestra la mayor capacidad de agua que se genera en el escenario más crítico, que involucra al escenario de incendio del tanque 16 generando una capacidad de agua contra incendio de 18,093 barriles; por lo tanto, los tanques de almacenamiento de agua contra incendio deberán suplir dicha capacidad.

#### **4.6.3 Fase 3: Selección de equipos, tuberías y especificación de materiales para tuberías y accesorios**

##### **4.6.3.1 Determinación de la cantidad de aspersores**

Para la selección del ángulo del aspersor se tuvo en consideración los siguientes criterios:

### **Cobertura del aspersor**

Espacio afectado por la aplicación de agua de enfriamiento al tanque, la cobertura del aspersor es directamente proporcional a la distancia axial del mismo, quiere decir a mayor separación axial la cobertura del aspersor será más amplia.

### **Cantidad de Aspersores**

La cantidad de aspersores será determinada con respecto al ángulo seleccionado y la distancia axilas del mismo, la cantidad de aspersores es indirectamente proporcional al ángulo de aspersion, quiere decir que a menor ángulo se utilizara mayor cantidad de aspersores.

### **Traslape**

Espacio donde incide el abanico generado por el aspersor, se recomienda el traslape para asegurar la aplicación de agua en toda la superficie del tanque.

No se debe de considerar ángulos de grados mayores cuando se tenga distancias axiales considerables, debido a que no se asegurara el traslape recomendado por efectos de viento.

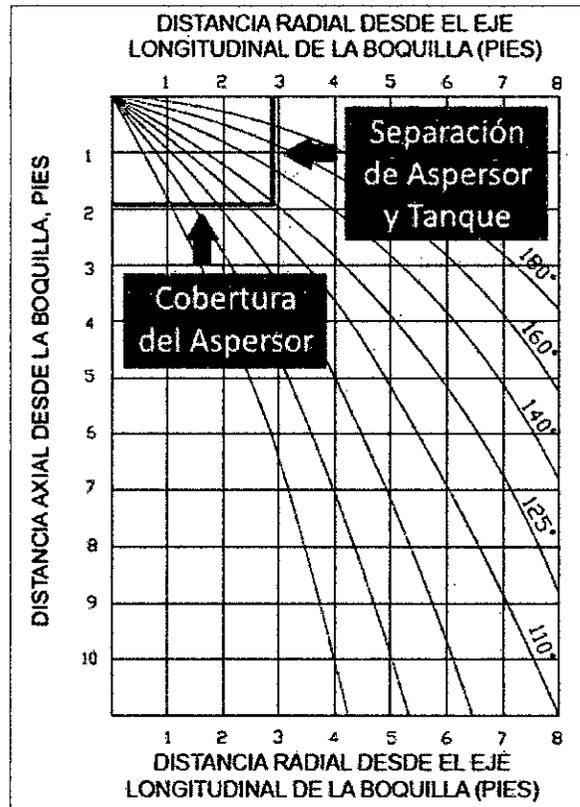
Según los criterios mencionados, y las recomendaciones del área técnica de proveedor (Viking), el ángulo de aspersion que se utilizará será de 125°.

La separación entre toroide de enfriamiento y la parte lateral del tanque de almacenamiento a enfriar es de 0.60 metros (1.97 pies), debido a que se

reutilizaran los soportes existentes.

La cobertura del aspersor se determina mediante el ángulo de aspersor designado y del perfil de descarga del aspersor. Ver Figura 4.2.

FIGURA N° 4. 2 DETERMINACIÓN DE COBERTURA DE ASPERSOR



Fuente: Perfil de Descarga de Agua del Aspersor (VK 814)

Siendo la cobertura del aspersor:

$$Cobertura_{Aspersor} = 5.77 \text{ ft} = 1.76 \text{ m}$$

Considerando un traslape de 0.15 metros entre aspersor, como buenas prácticas en instalaciones contra incendio, la cantidad de aspersores se determina mediante la siguiente ecuación deducida<sup>9</sup>:

<sup>9</sup> La deducción de la ecuación para la determinación del número de aspersores se detallará en el Anexo 8.1.3.

$$N_{aspers.} = \frac{\pi \times D_{Tanque}}{Cobertura_{Aspersor} - traslape}$$

De donde se obtiene la cantidad de aspersores para cada tanque. Ver Tabla 4.18.

TABLA N° 4.18 CANTIDAD DE ASPERSORES POR TANQUE

TANQUE	DIÁMETRO (D)	DISTANCIA DE SEPARACIÓN ENTRE TANQUE Y ANILLO DE ENFRIAMIENTO	COBERTURA DE ASPERSOR	TRASLAPE	# DE ASPERSORES POR TANQUE
	m	m	m	m	
TQ-5	16.46	0.60	1.76	0.15	33
TQ-6	7.62	0.60	1.76	0.15	15
TQ-7	9.14	0.60	1.76	0.15	18
TQ-8	10.67	0.60	1.76	0.15	21
TQ-9	11.89	0.60	1.76	0.15	24
TQ-10	10.67	0.60	1.76	0.15	21
TQ-11	11.89	0.60	1.76	0.15	24
TQ-15	15.24	0.60	1.76	0.15	30
TQ-16	17.68	0.60	1.76	0.15	35
TQ-18	30.48	0.60	1.76	0.15	61
TQ-19	30.48	0.60	1.76	0.15	61

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.3.2 Determinación del factor K de aspersor

Considerando que la presión mínima en la boquilla hidráulicamente más alejada es 20 psi, de acuerdo a la norma NFPA 15 (sección 8.1.2, 2017) y de la ecuación de descarga por aspersor:

$$Q = k \times \sqrt{P}$$

Se obtiene los factores K teóricos de los aspersores por cada anillo de enfriamiento de los tanques. Ver Tabla 4.19.

TABLA N° 4.19 FACTOR K DE ASPERSOR - TEÓRICO

TANQUE	CAUDAL POR TANQUE	# DE ASPERSORES POR TANQUE	CAUDAL POR ASPERSOR POR ASPERSOR	PRESIÓN MÍNIMA	FACTOR K TEÓRICO POR ASPERSOR
	gpm		gpm		psi
TQ-5	636.17	33	19.28	20.00	4.31
TQ-6	282.74	15	18.85	20.00	4.21
TQ-7	339.29	18	18.85	20.00	4.21
TQ-8	494.80	21	23.56	20.00	5.27
TQ-9	664.51	24	27.69	20.00	6.19
TQ-10	494.80	21	23.56	20.00	5.27
TQ-11	661.62	24	27.57	20.00	6.16
TQ-15	966.04	30	32.20	20.00	7.20
TQ-16	1,120.61	35	32.02	20.00	7.16
TQ-18	1,932.08	61	31.67	20.00	7.08
TQ-19	1,932.08	61	31.67	20.00	7.08

Fuente: Elaboración propia

Comercialmente se cuenta con aspersores de parámetros establecidos "K", con certificación UL y FM. Ver Tabla 4.20.

TABLA N° 4.20 LISTA DE ASPERSORES CON CERTIFICACIÓN UL Y FM

Tabla de aprobaciones															
Boquillas de pulverización modelo E															
Presión máxima de trabajo de 12 bar (175 psi)															
(consultar también los criterios de diseño en la página 32e.)															
Ref. de la base <sup>1</sup>	SIN <sup>2</sup>	Factor K nominal		Ángulo	Listados y aprobaciones <sup>4</sup>			Ref. de la base <sup>1</sup>	SIN <sup>2</sup>	Factor K nominal		Ángulo	Listados y aprobaciones <sup>4</sup>		
		U.S.	métrico		cULus <sup>3</sup>	NYC <sup>5</sup>	FM			U.S.	métrico		cULus <sup>3</sup>	NYC <sup>5</sup>	FM
12667	VK810	7.2	103.7	65°	Si	Si	Si	12695	VK814	7.2	103.7	125°	Si	Si	Si
12668	VK810	5.6	80.6	65°	Si	Si	Si	12696	VK814	5.6	80.6	125°	Si	Si	Si
12669	VK810	4.1	59.0	65°	Si	Si	Si	12697	VK814	4.1	59.0	125°	Si	Si	Si
12670	VK810	3.2	46.1	65°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12698	VK814	3.2	46.1	125°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12671	VK810	2.3	33.1	65°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12699	VK814	2.3	33.1	125°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12672	VK810	1.8	25.9	65°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12700	VK814	1.8	25.9	125°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12673	VK810	1.2	17.3	65°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12701	VK814	1.2	17.3	125°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12674	VK811	7.2	103.7	80°	Si	Si	Si	12702	VK815	7.2	103.7	140°	Si	Si	Si
12675	VK811	5.6	80.6	80°	Si	Si	Si	12703	VK815	5.6	80.6	140°	Si	Si	Si
12676	VK811	4.1	59.0	80°	Si	Si	Si	12704	VK815	4.1	59.0	140°	Si	Si	Si
12677	VK811	3.2	46.1	80°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12705	VK815	3.2	46.1	140°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12678	VK811	2.3	33.1	80°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12706	VK815	2.3	33.1	140°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12679	VK811	1.8	25.9	80°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12707	VK815	1.8	25.9	140°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12680	VK811	1.2	17.3	80°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12708	VK815	1.2	17.3	140°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12681	VK812	7.2	103.7	95°	Si	Si	Si	12709	VK816	7.2	103.7	160°	Si	Si	Si
12682	VK812	5.6	80.6	95°	Si	Si	Si	12710	VK816	5.6	80.6	160°	Si	Si	Si
12683	VK812	4.1	59.0	95°	Si	Si	Si	12711	VK816	4.1	59.0	160°	Si	Si	Si
12684	VK812	3.2	46.1	95°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12712	VK816	3.2	46.1	160°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12685	VK812	2.3	33.1	95°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12713	VK816	2.3	33.1	160°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12686	VK812	1.8	25.9	95°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12714	VK816	1.8	25.9	160°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12687	VK812	1.2	17.3	95°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12715	VK816	1.2	17.3	160°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12688	VK813	7.2	103.7	110°	Si	Si	Si	12716	VK817	7.2	103.7	180°	Si	Si	Si
12689	VK813	5.6	80.6	110°	Si	Si	Si	12717	VK817	5.6	80.6	180°	Si	Si	Si
12690	VK813	4.1	59.0	110°	Si	Si	Si	12718	VK817	4.1	59.0	180°	Si	Si	Si
12691	VK813	3.2	46.1	110°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12719	VK817	3.2	46.1	180°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12692	VK813	2.3	33.1	110°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12720	VK817	2.3	33.1	180°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12693	VK813	1.8	25.9	110°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12721	VK817	1.8	25.9	180°	Si	Si	Si <sup>7</sup>
12694	VK813	1.2	17.3	110°	Si	Si	Si <sup>7</sup>	12722	VK817	1.2	17.3	180°	Si	Si	Si <sup>7</sup>

Acabados disponibles: latón o recubrimiento de níquel electroless<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Se muestra la referencia base. Para obtener la referencia completa, consulte la lista de precios actual de Viking.  
<sup>2</sup> Los deflectores de las boquillas están identificados con el número de modelo VK, el factor K y el ángulo de pulverización.  
<sup>3</sup> El factor K métrico mostrado es aplicable cuando la presión se mide en bar. Si la presión se mide en kPa, dividir la cifra indicada entre 10.  
<sup>4</sup> Las aprobaciones que se indican están vigentes en el momento de la edición de este documento. Consulte con el fabricante.  
<sup>5</sup> Aprobación UL Inc. válida en U.S. y Canadá.  
<sup>6</sup> Aceptado para su uso por el City of New York Department of Building, MEA N° 69-02-E, Vol. 29.  
<sup>7</sup> El diámetro del orificio para las boquillas modelo E con factores K de 46 (3.2 US), 33 (2.3 US), 26 (1.8 US) y 17 (1.2 US) es inferior a 3/32" (0.4 mm).  
<sup>8</sup> Se requiere un filtro con una perforación máxima de 1/8" (3.2 mm) para la aprobación FM.  
<sup>9</sup> Para la resistencia a la corrosión.

Fuente: Hoja Técnica Viking – Boquilla Pulverizadora Modelo E VK814

De las Tablas 4.19 y 4.20, realizamos la verificación del factor k teórico con los k comerciales, con lo que se obtiene la Tabla 4.21.

TABLA N° 4.21 FACTOR K DE ASPERSOR - COMERCIAL

TANQUE	CAUDAL POR ASPERSOR	FACTOR K COMERCIAL POR ASPERSOR	PRESIÓN MÍNIMA
	gpm	gpm/psi <sup>1/2</sup>	psi
TQ-5	19.28	4.1	22.11
TQ-6	18.85	4.1	21.14
TQ-7	18.85	4.1	21.14
TQ-8	23.56	4.1	33.02
TQ-9*	27.69	5.6	24.45
TQ-9**	12.92	2.3	31.56
TQ-10	23.56	4.1	33.02
TQ-11	27.57	5.6	24.24
TQ-15	32.2	7.2	20.00
TQ-16	32.02	5.6	32.69
TQ-18	31.67	5.6	31.98
TQ-19	31.67	5.6	31.98

Fuente: Elaboración propia (ver Anexo 8.1.2)

**Notas:**

De acuerdo a los estándares del operador de Petroperú el TQ-9 (h=14.09 m) tendrá dos anillos de enfriamiento.

(\*) Anillo de enfriamiento inferior del TQ-9.

(\*\*) Anillo de enfriamiento superior del TQ-9.

**4.6.3.3 Determinación de presión de operación en aspersores e ingreso a anillo de enfriamiento**

La determinación de las presiones en los aspersores se realizará mediante un método de la NFPA 15, donde se indica, que se determinará las presiones de los aspersores empezando del ultimo aspersor (aspersor más desfavorable donde la presión no debe ser menor a 20 psi), con respecto de la conexión de ingreso de agua al anillo (ver Anexo 8.1.2).

Una vez determinado las presiones en los aspersores más desfavorables (ver Tabla 4.21, últimos aspersores en anillo de enfriamiento), se procederá a sumar la caída de presión que se genera entre el penúltimo y ultimo aspersor, determinando así la presión en este. El mismo criterio se utiliza para determinar la presión de operación de todos los aspersores. El procedimiento de realizar la suma de pérdidas para determinar la presión del aspersor se realizará hasta la conexión de entrada de agua al anillo de enfriamiento, determinando la presión requerida al ingreso del anillo (ver Tabla 4.22) con lo que se realizará el análisis del sistema de enfriamiento.

TABLA N° 4.22 PRESIÓN MÍNIMA DE INGRESO A ANILLO DE ENFRIAMIENTO

TANQUE	CAUDAL POR ANILLO	PRESIÓN MÍNIMA REQUERIDA (INGRESO DE ANILLO DE ENFRIAMIENTO)
	gpm	psi
TQ-5	636.17	54.03
TQ-6	282.74	41.19
TQ-7	339.29	49.05
TQ-8	494.80	46.55
TQ-9*	664.51	47.60
TQ-9*	180.89	39.67
TQ-10	494.80	46.55
TQ-11	661.62	47.20
TQ-15**	483.02	29.62
	483.02	29.62
TQ-16	1,120.61	62.48
TQ-18**	1449.06	90.34
	483.02	41.19
TQ-19**	1449.06	90.34
	483.02	41.19

Fuente: Elaboración propia

**Notas:**

(\*) De acuerdo a los estándares del operador de Petroperú el TQ-9 (h=14.09 m) tendrá dos anillos de enfriamiento. El anillo inferior es de 664.51 gpm y el superior de 180.89 gpm.

(\*\*) Los tanques TQ-15, TQ-18 y TQ-19 están conformados por dos secciones de anillos de enfriamiento (semi anillos) cada una con montante independiente.

**4.6.3.4 Especificación de materiales para tuberías y accesorios**

Las tuberías que empleará el sistema de enfriamiento, estarán sujetos a la siguiente especificación:

- Temperatura máxima de operación: 30°C
- Material de tubería: Acero al carbono ASTM A53 Gr B, galvanizado en caliente según ASTM A153.
- Presión de prueba hidrostática: 200 psi (según NFPA 13).
- Corrosión admisible: 1.5 mm

Para el caso de las válvulas, el cuerpo de estas debe ser fundido. No debe tener empaquetadura que contenga asbesto, ni debe de ser de material que produzca corrosión y/o daños.

Todos los materiales tienen que ser listados por UL y/o aprobados por FM, salvo donde se indique lo contrario (ver Anexo 8.1.9).

**4.6.3.5 Determinación de caudal máximo por tubería**

Por requerimiento del cliente la cédula a utilizar para el sistema de enfriamiento de protección contra incendio, será cédula SCH 40, esta cédula será validada en el punto de determinación de espesor de tubería y verificación de cédula.

Para efectos de cálculo se analizará los siguientes diámetros: 2", 2.5", 3", 4", 6", 8", 10", 12" y 14".

De lo mencionado en el punto 4.5.2.3, tenemos que la velocidad máxima en tuberías contra incendio es 6.1 m/s; con lo que obtenemos los caudales máximos por tubería. Ver Tabla 4.23.

**TABLA N° 4.23 CAUDAL MÁXIMO POR TUBERÍA**

DIÁMETRO	DIÁMETRO INTERNO	VELOCIDAD MÁXIMA	CAUDAL MÁXIMO PERMITIDO
in	in	m/s	gpm
2	2.066	6.1	209
2.5	2.467	6.1	298
3	3.067	6.1	460
4	4.026	6.1	793
6	6.066	6.1	1800
8	7.982	6.1	3116
10	10.018	6.1	4909
12	11.936	6.1	6968
14	13.124	6.1	8425

Fuente: Elaboración propia

#### **4.6.3.6 Determinación del diámetro óptimo**

El análisis de determinación de diámetros se realizará en función a la determinación de caudal máximo por tubería determinado en la actividad anterior, los diámetros de las tuberías comprendidas entre el distribuidor y cada tanque de almacenamiento se muestran en la Tabla 4.24.

TABLA N° 4.24 DIÁMETRO DENTRO DE DIQUE - TEÓRICO

TANQUE	N° DE ANILLOS	CAUDAL POR TANQUE	SEMI ANILLO*	CAUDAL POR TUBERÍA	DIÁMETRO DE TUBERÍA	DIÁMETRO DE ANILLO / SEMI ANILLO
		gpm		gpm		in
TQ-5	1	636.17	1	636.17	4	3
TQ-6	1	282.74	1	282.74	2.5	2
TQ-7	1	339.29	1	339.29	3	2
TQ-8	1	494.80	1	494.80	4	2.5
TQ-9	2	664.51	1	664.51	6	3
		180.89	1	180.89		2
TQ-10	1	494.80	1	494.80	4	2.5
TQ-11	1	661.62	1	661.62	4	3
TQ-15	1	966.04	2	966.04	4	2.5
TQ-16	1	1,120.61	1	1,120.61	6	4
TQ-18**	1	1,932.08	2	1449.06	6	4
				483.02	4	2.5
TQ-19**	1	1,932.08	2	1449.06	6	4
				483.02	4	2.5

Fuente: Elaboración propia

**Notas:**

(\*) La cantidad de secciones por anillo (semi anillo) fueron establecidas por el estudio de riesgo.

(\*\*) Según el estudio de riesgo el enfriamiento en el tanque es en la siguiente proporción 75% - 25%.

El cálculo del diámetro de la red troncal se realizará en función a la determinación de caudal máximo por tubería realizado en la actividad anterior y en el estudio de riesgo considerando los caudales máximos del sistema. Ver Tabla 4.25.

TABLA N° 4.25 DIÁMETRO RED TRONCAL - TEÓRICO

ESCENARIO DE INCENDIO	CAUDAL REQUERIDO	DIÁMETRO DE TUBERÍA
	gpm	in
Incendio en Tanque TQ - 5	1,270	6
Incendio en Tanque TQ - 6	920	6
Incendio en Tanque TQ - 7	689	4
Incendio en Tanque TQ - 8	1,647	6
Incendio en Tanque TQ - 9	2,502	8
Incendio en Tanque TQ - 10	1,124	6
Incendio en Tanque TQ - 11	934	6
Incendio en Tanque TQ - 13	1,168	6
Incendio en Tanque TQ - 15	2,630	8
Incendio en Tanque TQ - 16	3,391	10
Incendio en Tanque TQ - 18	3,820	10
Incendio en Tanque TQ - 19	3,820	10

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 4.25 se tiene que la red troncal se conformará por tubería de 10" de diámetro.

#### 4.6.3.7 Determinación de espesor de tubería

La presión que consideramos para la determinación del espesor de tubería, es la presión de prueba hidrostática debido a que esta es la máxima presión que soportará la tubería, siendo esta 200 psi como se indica en la NFPA 13.

El análisis se realizará a la tubería de descarga de 10" de diámetro, debido a que esta tubería será la de la red troncal y estará sujeta a presiones elevadas con respecto a otras tuberías del sistema, entonces de la ecuación 4.4 se tiene que:

$$t = \frac{OD \times P_t}{2 \times 0.72 \times E \times Y}$$

De la aplicación de la ecuación 4.4, se obtiene la Tabla 4.26.

TABLA N° 4.26 ESPESOR DE TUBERÍA TRONCAL - TEÓRICO

PRESIÓN DE OPERACIÓN	DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR	E	Y	t
psi	in	mm		psi	mm
200	10	273.1	1	35000	1.084

Fuente: Elaboración propia

No consideramos el factor A de la ecuación 4.5, debido a que se contará con métodos para prevenir la corrosión en la superficie interna y externa, galvanizando la tubería interiormente y realizando un procedimiento de pintura en la superficie exterior (ver Anexo 8.1.10) y no se considerará tolerancia por juntas roscadas o ranuradas, ya que estas serán soldadas.

#### 4.6.3.8 Verificación de Cédula

La verificación de cédula se realiza comparando el espesor comercial de cédula SCH 40, versus lo obtenido teóricamente en la Tabla 4.26. Ver Tabla 4.27.

TABLA N° 4.27 VERIFICACIÓN DE CÉDULA

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR	ESPESOR COMERCIAL SCH 40	ESPESOR TEÓRICO	ESTADO
in	mm	mm	mm	
10	273.1	9.27	1.084	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Se valida el uso de tuberías requerido por el cliente (cédula SCH 40).

#### 4.6.4 Fase 4: Verificación de parámetros normativos con software

Para realizar la verificación de los cálculos, se usa el software AFT Fathom versión 9.0, que es validado por la autoridad competente en

cálculos de sistemas de protección contra incendio.

Para realizar la simulación del sistema contra incendio de la planta de almacenamiento de hidrocarburos Terminal Supe, se debe considerar lo siguiente:

- Metrado de tuberías de la troncal
- Metrado de tuberías desde distribuidor hasta tanques
- Caudales de operación
- Presiones de operación
- Curva de bombas
- Factores K totales
- Cotas de nivel
- Ubicación de monitores
- Ubicación de distribuidor

Los factores K totales se determinarán mediante formula de descarga por boquilla, considerando el caudal que ingresa al anillo y la presión en el ingreso del anillo, de donde:

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

Con lo que se obtiene la Tabla 4.28.

**TABLA N° 4.28 DETERMINACIÓN DE K TOTAL**

TANQUE	CAUDAL POR ANILLO	PRESIÓN MÍNIMA REQUERIDA	K
	gpm	psi	gpm/psi <sup>1/2</sup>
TQ-5	636.17	54.03	86.54
TQ-6	282.74	41.19	44.05
TQ-7	339.29	49.05	48.4
TQ-8	494.80	46.55	72.5
TQ-9	664.51	47.60	96.3
TQ-10	494.80	46.55	72.5
TQ-11	661.62	47.20	96.3
TQ-15	966.04	29.62	88.77
TQ-16	1,120.61	62.48	141.8
TQ-18	1449.06	90.34	152.47
	483.02	41.19	75.27
TQ-19	1449.06	90.34	152.47
	483.02	41.19	75.27

Fuente: Elaboración propia

Con los parámetros determinados y calculados se procede a proyectar el modelo en el software, para la realización de las simulaciones según los escenarios de diseño.

#### 4.6.4.1 Verificación de diámetros

Los diámetros determinados mediante la simulación son validados debido a que, con estos diámetros, se cumple con las presiones mínimas requeridas en la entrada de los anillos de enfriamiento. Ver Tabla 4.29.

TABLA N° 4.29 DIÁMETROS, TEÓRICO – SIMULADO

TANQUES	DIÁMETRO DE ANILLO TEÓRICO	DIÁMETRO DE ANILLO SIMULADO	DIÁMETRO DE TUBERÍA DESDE DISTRIBUIDOR A PIE DE TANQUE TEÓRICO	DIÁMETRO DE TUBERÍA DESDE DISTRIBUIDOR A PIE DE TANQUE SIMULADO	DIÁMETRO DE TUBERÍAS VERTICALES SIMULADO*
	Pulg.	Pulg.	Pulg.	Pulg.	Pulg.
TQ-5	3	3	4	4	4
TQ-6	2	2.5	2.5	3	3
TQ-7	2	2.5	3	3	3
TQ-8	2.5	3	4	3**	3
TQ-9	3 / 2	3 / 2	6	6	4
TQ-10	2.5	3	4	3**	3
TQ-11	3	3	4	4	4
TQ-15	2.5	3	4	4	4
TQ-16	4	4	6	6	6
TQ-18	4	4	6	8	6
	2.5	3	4	4	4
TQ-19	4	4	6	8	6
	2.5	3	4	4	4

Fuente: Elaboración propia

**Notas:**

(\*) Los diámetros de las tuberías verticales (tubería comprendida desde pie de tanque hasta anillo de enfriamiento) se determinaron mediante la simulación, validando que se cumpla con la presión mínima requerida por el anillo de enfriamiento.

(\*\*) Debido a que los tanques TQ-8 y TQ-10 no son afectados en ningún escenario de diseño y para efectos de no dejar desprotegidos a los mismos se valida los diámetros determinados en la simulación.

De la simulación se tiene que la red troncal estará conformada por los diámetros indicados en la Tabla 4.30.

TABLA N° 4.30 DIÁMETROS DE LA RED TRONCAL, SIMULADO

RED TRONCAL	DIÁMETRO DE DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN	DIÁMETRO DE DISTRIBUIDOR DE DESCARGA
12" (HDPE enterrada) y 10" (SCH 40 aérea)	14" (Sch 40)	12" (HDPE)

Fuente: Elaboración propia

**Nota:**

La red troncal en la zona alta del Terminal Supe será de HDPE de 12" de diámetro (Clase 200) y la parte baja será red aérea de 10" de diámetro SCH 40 listado UL y/o FM para uso de sistemas de protección contra incendio el cual tendrá un recorrido similar a la red existente.

**4.6.4.2 Verificación de caudal y presión**

El caudal y la presión simulado debe ser igual o mayor al teórico con lo que aseguramos los requerimientos mínimos del sistema. Ver Tabla 4.31.

TABLA N° 4.31 CAUDAL Y PRESIÓN, TEÓRICO – SIMULADO

TANQUE	N° DE EQUIPO	ANILLOS ACTIVADOS	COMPARACIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN				ESTADO
			CAUDAL		PRESIÓN		
			TEÓRICO	SIMULADO	TEÓRICO	SIMULADO	
			gpm	gpm	psi	psi	
TQ-5	33	TQ-5	636.17	824.1	54.03	90.71	Cumple
TQ-6	15	TQ-6	282.74	353,23	41.19	64,30	Cumple
		TQ-7	339.29	391.99	49.05	65.60	Cumple
TQ-7	18	TQ-7	339.29	399,0	49.05	67.95	Cumple
TQ-8	21	TQ-7	339.29	387.8	49.05	64.20	Cumple
		TQ-9_1	664.51	981.9	47.60	103.96	Cumple
		TQ-9_2	180.89	287.1	39.67	100.10	Cumple
TQ-9**	38	TQ-16	1120.61	1416.41	62.48	99,82	Cumple
		TQ-9_1	664.51	909.65	47.60	89.23	Cumple
		TQ-9_2	180.89	265.09	39.67	85.32	Cumple
TQ-10	21	TQ-11	661.62	864.1	47.20	80.52	Cumple
TQ-11	24	TQ-11	661.62	870.03	47.20	81.63	Cumple
TQ-15*	30	TQ-15_A	483.02	762.35	29.62	73.75	Cumple
		TQ-15_B	483.02	739.33	29.62	69.37	Cumple
		TQ-16	1120.61	1377.31	62.48	94.39	Cumple
TQ-16	35	TQ-9_1	664.51	843.3	47.60	76.68	Cumple
		TQ-9_2	180.89	244.8	39.67	72.73	Cumple
		TQ-15_B	483.02	703.9	29.62	62.88	Cumple
		TQ-16	1120.61	1312.1	62.48	85.66	Cumple
TQ-18*	61	TQ-18_A	1449.06	1449.5	90.33	90,38	Cumple
		TQ-18_B	483.02	642,4	41.19	72.85	Cumple
		TQ-19_B	483.02	603.7	41.19	64.33	Cumple
TQ-19*	61	TQ-18_B	483.02	645.2	41.19	73.48	Cumple
		TQ-19_A	1449.06	1449.10	90.33	90.33	Cumple
		TQ-19_B	483.02	612.6	41.19	66.23	Cumple

Fuente: Elaboración propia

**Notas:**

(\*) Los tanques TQ-15, TQ-18 y TQ-19 están conformados por dos secciones de anillos de enfriamiento cada una con montante independiente. Para efectos de cálculo se denomina a cada semi anillo con las letras A y B.

(\*\*) El tanque TQ-9 está conformado por dos anillos completos de enfriamiento, alimentado por una tubería vertical.

Se debe de tener en cuenta que la simulación considera el comportamiento de las bombas existentes.

#### 4.6.4.3 Verificación de capacidad del sistema de bombeo para cubrir la demanda de agua

Con las dos bombas contra incendio existentes de 2000 gpm @ 150 psi cada una, se tiene la capacidad para cubrir la demanda de agua de enfriamiento indicada en el estudio de riesgo. Ver Tabla 4.32.

TABLA N° 4.32 CAPACIDAD DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA CUBRIR LA DEMANDA DE AGUA, TEÓRICO – SIMULADO

TANQUE INCENDIADO	PARÁMETROS SIMULADOS				CAUDAL TOTAL SIMULADO	CAUDAL TOTAL TEÓRICO	ESTADO
	BOMBA 1		BOMBA 2				
	Q	TDH*	Q	TDH*			
	gpm	psi	gpm	psi			
TQ-5	1674	142.8	-	-	1,674	1,270	Cumple
TQ-6	1489	145.8	-	-	1,489	920	Cumple
TQ-7	1185	149.60	-	-	1,185	689	Cumple
TQ-8	1217	149.30	1216	149.30	2,433	1,647	Cumple
TQ-9	1785	140.80	1784	140.90	3,569	2,502	Cumple
TQ-10	1640	143.4	-	-	1,640	1,124	Cumple
TQ-11	1557	144.70	-	-	1,557	934	Cumple
TQ-15	1920	138.20	1919	138.20	3,839	2,630	Cumple
TQ-16	2133	133.50	2131	133.60	4,264	3,391	Cumple
TQ-18	2240	131.00	2239	131.00	4,479**	3,820	Cumple
TQ-19	2230	131.20	2228	131.30	4,458	3,820	Cumple

Fuente: Elaboración propia

**Notas:**

(\*) TDH: Diferencial de presión de la bomba.

(\*\*) Caudal máximo requerido por el sistema.

#### 4.6.4.4 Verificación de capacidad de agua

Con los dos tanques de agua contra incendio existentes TQ-12 (capacidad 10.393 MB) y TQ-13 (capacidad 9 MB), se cubre la dotación mínima de agua requerida, teniendo en cuenta el escenario de mayor consumo de agua según el estudio de riesgo. Ver Tabla 4.33.

TABLA N° 4.33 CAPACIDAD DE AGUA, TEÓRICO – INSTALADA – SIMULADO

ESCENARIO	CAPACIDAD DE AGUA CONTRA INCENDIO TEÓRICA	CAPACIDAD DE AGUA CONTRA INCENDIO INSTALADA	CAPACIDAD DE AGUA CONTRA INCENDIO SIMULADO	Estado
	BARRILES	BARRILES	BARRILES	
Incendio en TQ - 5	6,146	19,393.00	8,402.71	Cumple
Incendio en TQ - 6	5,043	19,393.00	8,027.12	Cumple
Incendio en TQ - 7	3,498	19,393.00	6,116.93	Cumple
Incendio en TQ - 8	8,948	19,393.00	13,553.93	Cumple
Incendio en TQ - 9	14,202	19,393.00	20,067.14	No Cumple
Incendio en TQ - 10	5,959	19,393.00	8,664.93	Cumple
Incendio en TQ - 11	5,225	19,393.00	8,655.34	Cumple
Incendio en TQ - 15	14,900	19,393.00	21,613.34	No Cumple
Incendio en TQ - 16	18,093	19,393.00	22,895.21	No Cumple
Incendio en TQ - 18	18,017	19,393.00	20,746.29	No Cumple
Incendio en TQ - 19	18,017	19,393.00	20,801.79	No Cumple

Fuente: Elaboración propia

## V. EVALUACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICO

Se contemplará sólo costos de lo descrito en la sección anterior y mayor detalle del proyecto de manera integral.

Se muestra el resumen del presupuesto para este proyecto en las Tablas 5.1, 5.2 y 5.3.

La Tabla 5.1 comprende el costo por ingeniería y expediente del proyecto; la Tabla 5.2 el costo por compras de materiales y equipos y la Tabla 5.3 el costo correspondiente a la mano de obra.

El presupuesto detallado del proyecto se muestra en el Anexo 8.1.7.

**TABLA N° 5.1 PRESUPUESTO POR INGENIERÍA Y EXPEDIENTE**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
I.	INGENIERIA Y EXPEDIENTE DEL PROYECTO				
1.01	Ingeniería de detalle en revisión B	glb	1,00	11.632,82	11.632,82
1.02	Ingeniería de detalle en revisión 0	glb	1,00	5.610,40	5.610,40
1.03	Gestión de permisos para obtención de la OTF	glb	1,00	2.313,99	2.313,99
	COSTO DIRECTO POR INGENIERÍA			US\$	19.557,21
	GASTOS GENERALES			10%	1.955,72
	UTILIDAD DEL SERVICIO			10%	1.955,72
	<b>TOTAL POR INGENIERIA Y EXPEDIENTE</b>			<b>US\$</b>	<b>23.468,65</b>

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 5.2 PRESUPUESTO POR PROCURA DE MATERIALES Y EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
II	MATERIALES METALMECÁNICOS				
2.0	Equipos SCI	gib	1.00	290.940,00	290.940,00
3.0	Red principal	gib	1.00	206.123,70	206.123,70
4.0	Manifolds	gib	1.00	221.416,00	221.416,00
5.0	Sistema de enfriamiento	gib	1.00	30.730,00	30.730,00
6.0	Sistema de hidrantes y monitores	gib	1.00	100.800,00	100.800,00
III	MONTAJE ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN				
7.0	Equipos eléctricos	gib	1.00	2.020,00	2.020,00
8.0	Canalizaciones eléctricas	gib	1.00	1.808,00	1.808,00
9.0	Cables eléctricos	gib	1.00	430,00	430,00
10.0	Iluminación y tomacorrientes	gib	1.00	1.020,00	1.020,00
IV	INSTRUMENTACIÓN				
11.0	Instrumentación	gib	1.00	13.860,00	13.860,00
	COSTO DIRECTO PROCURA DE MATERIALES Y EQUIPOS			US\$	178.458,87
	COSTO DIRECTO POR IMPORTACIÓN			10%	17.845,89
	COSTO DIRECTO POR TRANSPORTE			5%	8.922,94
	<b>TOTAL POR PROCURA DE MATERIALES Y EQUIPOS</b>			<b>US\$</b>	<b>205.227,70</b>

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 5.3 PRESUPUESTO POR MANO DE OBRA

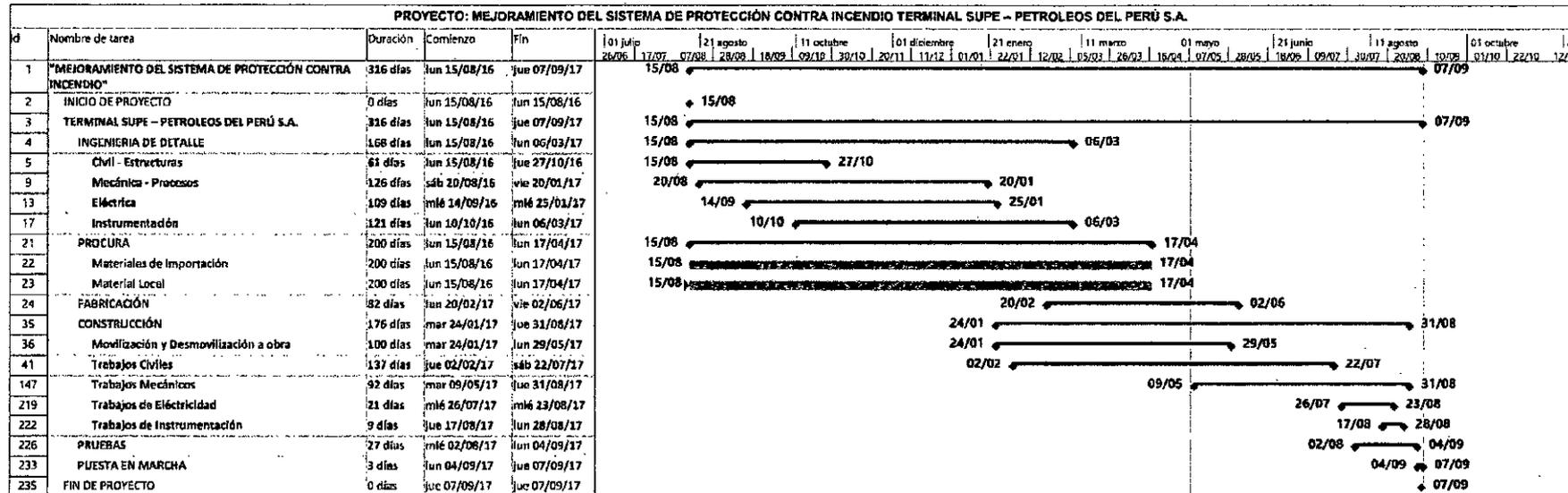
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P.U. (USD)	PARCIAL (USD)
V	COSTO DIRECTO MANO DE OBRA				
12.0	Cuadrilla	gib	1.00	187.667,87	187.667,87
13.0	Viáticos y alojamiento	gib	1.00	14.296,30	14.296,30
14.0	Documentación de personal	gib	1.00	8.227,74	8.227,74
15.0	Equipo de protección personal	gib	1.00	11.222,41	11.222,41
16.0	Materiales y consumibles obras civiles	gib	1.00	28.523,04	28.523,04
17.0	Materiales y consumibles obras mecánicas	gib	1.00	8.464,50	8.464,50
18.0	Materiales y consumibles obras eléctricas	gib	1.00	8.167,50	8.167,50
19.0	Equipos, herramientas y servicios	gib	1.00	12.056,26	12.056,26
20.0	Subcontrataciones menores	gib	1.00	157.276,95	157.276,95
VI	COSTO INDIRECTO MANO DE OBRA				
21.0	Personal indirecto	gib	1.00	168.053,81	168.053,81
22.0	Viáticos y alojamiento	gib	1.00	16.226,77	16.226,77
23.0	Documentación de personal	gib	1.00	1.847,04	1.847,04
24.0	Equipo de protección personal	gib	1.00	2.439,56	2.439,56
25.0	Movilidad y comunicaciones	gib	1.00	20.917,17	20.917,17
26.0	Infraestructura	gib	1.00	13.110,46	13.110,46
27.0	Gestiones externas	gib	1.00	1.000,00	1.000,00
				TIEMPO	MES 11,00
	<b>TOTAL POR MANO DE OBRA</b>			<b>USD</b>	<b>659.497,37</b>

Fuente: Elaboración propia

El costo total del proyecto asciende a USD 888.193,72 cuyo costo no incluye el impuesto general a las ventas.

El resumen del cronograma del proyecto se muestra en la Figura 5.1 y el cronograma a detalle en el Anexo 8.1.8.

FIGURA N° 5. 1 CRONOGRAMA DEL PROYECTO



Fuente: Elaboración propia

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

- Mediante los cálculos hidráulicos realizados se logró determinar los requerimientos normativos para el sistema de enfriamiento de protección contra incendio, con los cuales se garantiza el mejoramiento del sistema conforme a la normatividad vigente.
- Se determinaron los escenarios de diseño, acorde con los escenarios más críticos del estudio de riesgo del terminal; garantizándose la confiabilidad para la determinación del sistema de enfriamiento.
- Se logró determinar los parámetros normativos requeridos del sistema de enfriamiento mediante los cálculos hidráulicos realizados; se determinaron los caudales mínimos de agua y espuma, consumo total de agua para cada escenario de diseño, capacidad mínima de agua, según lo exige el D.S. 052-1993-EM, D.S. 043-2007-EM y NFPA 15.
- Se logró seleccionar los equipos aspersores mediante el cálculo hidráulico del sistema de estos; se determinaron las presiones de operación en aspersores, cobertura de superficie, cantidad de los mismos para cada tanque, conforme a NFPA 15 lo que nos garantiza el correcto enfriamiento de las superficies expuestas a la radiación térmica producida por incendio en un tanque cercano.
- Se logró determinar los diámetros óptimos del sistema de enfriamiento en función a los caudales máximos por tubería; se determinaron los

diámetros de la red troncal, la red en diques y los anillos de enfriamiento, conforme a NFPA 15.

- Se verificaron los parámetros requeridos del sistema de enfriamiento mediante el software AFT Fathom 9.0; se verifico diámetros, caudal, presión, capacidad del sistema de bombeo y capacidad de agua del sistema de enfriamiento; garantizando lo determinado teóricamente.

## **6.2 Recomendaciones**

- Se recomienda que, al finalizar la instalación del mejoramiento del sistema de enfriamiento de protección contra incendio, deberá ser sometido a pruebas de funcionamiento y comprobación de operatividad conforme a NFPA 25, estas pruebas deberán de repetirse una vez al año incluido en el plan de mantenimiento de la planta y efectuado por personal calificado.
- Adicional a las normas NFPA aplicables para sistemas de protección contra incendio, se recomienda seguir también otras normas como ASME B16.5, ASME B31.3, AWS y API 1104; así también criterios de diseño de buenas prácticas de ingeniería que garanticen calidad y buen funcionamiento.
- Los equipos del sistema de enfriamiento de protección contra incendio deberán ser listados por Underwriter Laboratories Inc. ® (UL) y/o aprobados por FM GLOBAL, según indica nuestra legislación.
- Se recomienda que la filosofía de operación y control de estos

sistemas contra incendio se incluyan adecuadamente en los planes de contingencia y emergencia de la planta.

- Se recomienda realizar simulacros con el fin de adiestrar al personal de operaciones y mantenimiento de la planta ante un incidente de fuego o explosión en condiciones normales de operación.

## VII. REFERENCIALES

- FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA. **Formato de Informe de Experiencia Laboral**. Universidad Nacional del Callao. 2014.
- TONG CHIOK, Manuel Rolando. ***Diseño e Instalación de un Sistema de Protección Contra Incendio con agua de enfriamiento de Tanques de Almacenamiento de Combustibles del Terminal Callao – Vopak***. Informe de competencia laboral. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2015.
- MENDOZA BRUNO, Lesly Edith. ***Diseño Hidráulico de un Sistema de Protección Contra Incendio para el patio de Tanques de Almacenamiento de Diésel B5 – Unidad Minera Toquepala***. Tesis pregrado. Callao. Universidad Nacional del Callao. 2014.
- CARRION PORRAS, Johana / PIRUCH TSAWANT, Alex Omar. ***Actualización del Sistema Contra Incendio de la Estación de Producción Shushufindi Central de Petroproducción***. Tesis pregrado. Quito. Escuela Politécnica Nacional de Quito. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1797>. Consultada el 20 de marzo del 2017.
- ALBAN ARAUZ, Christian Wladimir. ***Diseño de un Sistema Contra Incendio para Tanques de Almacenamiento de Diesel para la Empresa Termopichincha Central Santa Rosa***. Tesis pregrado. Sangolqui. Escuela Politécnica del Ejército de Sangolqui. Disponible en

<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/265>. Consultada el 20 de marzo del 2017.

- **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Decreto Supremo N° 043-2007-EM: Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos y Modificaciones de Diversas Disposiciones.** Lima. 2007.
- **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Decreto Supremo N° 052-1993-EM: Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos aprobado y modificaciones.** Lima. 1993.
- **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Decreto Supremo N° 032-2002-EM: Glosario, Siglas y Abreviaciones del Subsector Hidrocarburos.** Lima. 2002.
- **ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO. NFPA 11: Norma para Espumas de Baja, Media y Alta Expansión.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios. 2016.
- **ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO. NFPA 13: Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios. 2016.
- **ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO. NFPA 14: Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería**

- Vertical y Mangueras.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios. 2016.
- **ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.**  
**NFPA 15: Norma para Sistemas Fijos de Aspersores de Agua para Protección Contra Incendio.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios. 2017.
  - **ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.**  
**NFPA 20: Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendios.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios. 2016.
  - **ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.**  
**NFPA 24: Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios. 2016.
  - **ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.**  
**NFPA 25: Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección Contra Incendios a Base de Agua.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios. 2016.
  - **ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.**  
**NFPA 30: Código de Líquidos Inflamables y Combustibles.** Massachusetts. Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios. 2015.

## **VIII. ANEXOS Y PLANOS**

### **8.1 Anexos**

**8.1.1 Parámetros normativos requeridos del sistema de enfriamiento**

**8.1.2 Cálculo de presión en aspersores y en entrada de anillo de enfriamiento de escenarios críticos**

**8.1.3 Determinación de la cantidad de aspersores en un tanque de almacenamiento**

**8.1.4 Reporte modelo hidráulico de escenario más crítico.**

**8.1.5 Gráfico de curva de bombas existentes**

**8.1.6 Datos técnicos boquillas aspersores**

**8.1.7 Presupuesto del proyecto**

**8.1.8 Cronograma del proyecto**

**8.1.9 Especificación técnica de materiales para tuberías y accesorios**

**8.1.10 Especificación técnica de pintura**

### **8.2 Planos**

**8.2.1 Arreglo general**

**8.2.2 Radiación térmica**

**8.2.3 P&ID Sistema de enfriamiento**

**ANEXO 8.1.1**

**PARÁMETROS NORMATIVOS REQUERIDOS DEL SISTEMA DE  
ENFRIAMIENTO**

ANEXO 8.1.1. PARÁMETROS NORMATIVOS REQUERIDOS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

TANQUE	PRODUCTO	TIPO DE TECHO	ALTURA (H)		DIÁMETRO (D)		ÁREA ENFRIADA $A_{enf}$	RÁTE	CAUDAL POR ANILLO $Q_{anillo}$	DIÁMETRO NOMINAL DE ANILLO	# DE ASPERSORES POR ANILLO $N_{asp}$	# DE ANILLOS	SECCIONES POR ANILLO	LONG - ARCO ENTRE ASP $L_{asp}$	ÁNGULO DEFLECTOR	CAUDAL POR ASPERSOR $Q_{asp}$	PRESIÓN MÍNIMA	FACTOR K TEÓRICO $K_{teórico}$	FACTOR K COMERCIAL	PRESIÓN MÍNIMA REQUERIDA $P_{req}$	FACTOR K REAL TOTAL $K_T$
			Pie	M	Pie	M								m		gpm	psi	GPM/PSI <sup>1/2</sup>	GPM/PSI <sup>1/2</sup>	Psi	GPM/PSI <sup>1/2</sup>
TQ-5	Diesel B5	TF	25	54	4,241.15	0.15	636.17	3	33	1	1	1.68	125	19.28	20.00	4.31	4.1	54.03	86.54		
TQ-6	Slap	TF	24	25	1,884.86	0.15	282.74	2 1/2	15	1	1	1.85	125	18.85	20.00	4.21	4.1	41.19	44.05		
TQ-7	Alcohol Carburante	TSI	24	30	2,261.85	0.15	339.29	2 1/2	18	1	1	1.81	125	18.85	20.00	4.21	4.1	49.05	48.4		
TQ-8	P1500	TF	30	35	3,288.67	0.15	494.80	3	21	1	1	1.78	125	23.56	20.00	5.27	4.1	46.55	72.5		
TQ-9	Gasolina B4	TFI	46	39	4,430.09	0.15	664.51	3	24	2	1	1	1.71	125	27.69	20.00	6.19	5.6	47.60	96.3	
					1,205.83	0.15	180.89	2	14						1	1	2.94	180	12.82	20.00	2.89
TQ-10	P1500 (Diesel)	TF	30	35	3,288.67	0.15	494.80	3	21	1	1	1.78	125	23.56	20.00	5.27	4.1	46.55	72.5		
TQ-11	Gasolina B4	TFI	35	39	4,410.80	0.15	651.62	3	24	1	1	1.71	125	27.57	20.00	6.18	5.6	47.20	98.3		
TQ-15	Gasolina B0	TFE	41	50	6,440.26	0.15	866.04	3 1/3	30	1	2	1.72	125	32.20	20.00	7.20	7.2	29.62 / 29.62	88.77 / 88.77		
TQ-16	Diesel B5	TF	41	58	7,470.71	0.15	1,120.61	4	35	1	1	1.63	125	32.02	20.00	7.16	5.8	62.46	141.8		
TQ-18	Diesel B5	TF	41	100	12,880.53	0.15	1,832.08	4 1/3	61	1	2	1.63	125	31.67	20.00	7.08	5.6	80.34 / 41.18	152.47 / 75.27		
TQ-19	Diesel B5	TF	41	100	12,880.53	0.15	1,832.08	4 1/3	61	1	2	1.63	125	31.67	20.00	7.08	5.6	80.34 / 41.18	152.47 / 75.27		

FORMULAS USADAS

- $A_{enf} = \pi \times D \times H$ ; Donde D es el diámetro del tanque incendiado en (m), H es la altura del tanque incendiado,  $A_{enf}$  es el área enfriada del tanque en (m<sup>2</sup> y pie<sup>2</sup>).
- $Q_{tor} = A_{enf} \times R$ ; Donde  $A_{enf}$  es el área incendiada en (pie<sup>2</sup>), R es el rate de aplicación del toroide de enfriamiento en (GPM/pie<sup>2</sup>),  $Q_{an}$  es el caudal mínimo que requiere el broide de enfriamiento expresado en (GPM).
- $N_{asp}$ ; Es definido de forma manual mediante distribución geométrica en CAD, considerando la cobertura de un aspersor.
- $L_{sep} = \frac{perimetro}{N_{asp}}$ ; Donde el perímetro es expresado en (m),  $N_{asp}$  es el número de aspersores en el toroide.
- $Q_{asp} = \frac{Q_{tor}}{N_{asp}}$ ; Donde  $Q_{an}$  es el caudal mínimo que requiere el toroide en (GPM),  $N_{asp}$  es el número de aspersores en el toroide,  $Q_{asp}$  es el caudal de un aspersor expresado en (GPM).
- $K_{teórico} = \frac{Q_{asp}}{\sqrt{P_{min}}}$ ; Donde  $Q_{asp}$  es el caudal de un aspersor expresado en (GPM),  $P_{min}$  es la presión mínima requerida por la NFPA 15, sección 8.1.2,  $K_{teórico}$  es el factor K de descarga de un aspersor.
- $P_{req} = \left(\frac{Q_{asp}}{K_{com}}\right)^2$ ; Donde  $Q_{asp}$  es el caudal de un aspersor en (GPM),  $K_{com}$  es el factor K de descarga comercial,  $P_{req}$  es la presión mínima requerida por el aspersor hidráulicamente más desfavorable usando el factor K comercial.

**ANEXO 8.1.2**

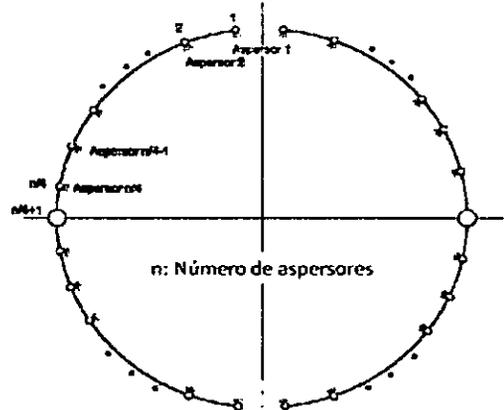
**CÁLCULO DE PRESIÓN EN ASPERSORES Y EN ENTRADA DE  
ANILLO DE ENFRIAMIENTO**



ANEXO 8.1.2. CÁLCULO DE PRESIÓN EN ASPERSORES Y EN ENTRADA DE ANILLO DE ENFRIAMIENTO

PARÁMETROS DE DISEÑO DE ANILLO DE ENFRIAMIENTO TQ-18

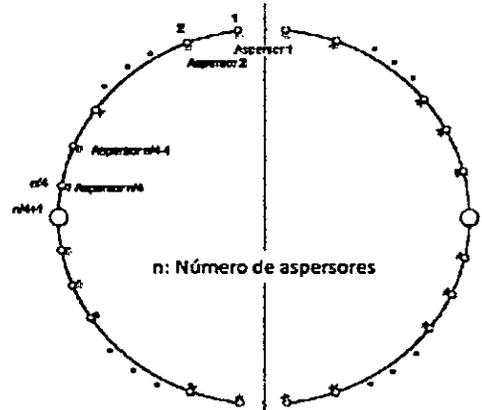
Número de aspersores	61	
Número de aspersores por sección	46	15
Caudal Total	GPM	1.932
Caudal por semi - anillo	GPM	1449,06 483,02
Caudal de Ramal	GPM	724,53 257,81
Presión de Ingreso	PSI	90,33 41,19
K Total Teórico		256,20 85,40
K Total Real		152,46 75,26
K Comercial		5,60 5,60



TRAMO	K	C	Diametro (Pulg)		Caudal (GPM)	Accesorios			Longitud (m)	ΔH (m)	Velocidad (m/s)	Perdidas por (PSIm)	Presión (PSI)			
			Ønom	Øint		(Und.)	(Tipo)	Lequ.(m)					PtIn	PtIng	Pv	Pn
19 - 20	5,6	120	4	4,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,330	PtIn	63,52	PtIng	66,07
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	1,54
						1	Tee	6,1	L. equi.	7,73			Pf	2,55	Pn	64,53
20 - 21	5,6	120	4	4,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,363	PtIn	68,82	PtIng	71,43
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	1,71
						1	Tee	6,1	L. equi.	7,73			Pf	2,81	Pn	69,72
21 - 22	5,6	120	4	4,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,397	PtIn	74,24	PtIng	77,31
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	1,88
						1	Tee	6,1	L. equi.	7,73			Pf	3,07	Pn	75,43
22 - 23	5,6	120	4	4,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,433	PtIn	80,38	PtIng	83,73
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	2,07
						1	Tee	6,1	L. equi.	7,73			Pf	3,35	Pn	81,88
23 - 24	5,6	120	4	4,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	0,82	0	0,470	PtIn	87,06	PtIng	90,33
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	2,26
						1	Tee	6,1	L. equi.	6,92			Pf	3,25	Pn	88,07

PARÁMETROS DE DISEÑO DE ANILLO DE ENFRIAMIENTO TQ-18

Número de aspersores	61	
Número de aspersores por sección	46	15
Caudal Total	GPM	1.932,1
Caudal por semi - anillo	GPM	1449,06 483,02
Caudal de Ramal	GPM	724,53 257,81
Presión de Ingreso	PSI	90,72 41,19
K Total Teórico		256,20 85,40
K Total Real		152,14 75,26
K Comercial		5,6 5,6

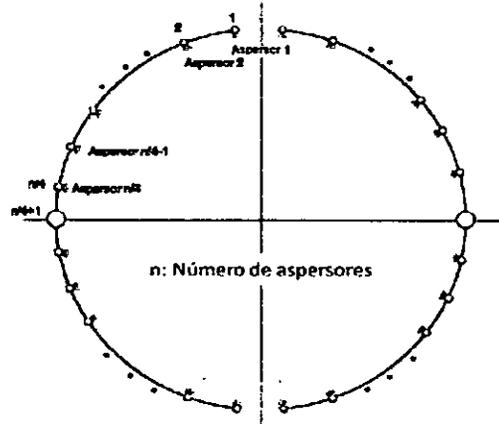


TRAMO	K	C	Diametro (Pulg)		Caudal (GPM)	Accesorios			Longitud (m)	ΔH (m)	Velocidad (m/s)	Perdidas por (PSIm)	Presión (PSI)			
			Ønom	Øint		(Und.)	(Tipo)	Lequ.(m)					PtIn	PtIng	Pv	Pn
1 - 2	5,6	120	3	3,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,006	PtIn	31,99	PtIng	32,03
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	0,01
						1	Tee	4,6	L. equi.	6,23			Pf	0,04	Pn	32,01
2 - 3	5,6	120	3	3,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,021	PtIn	32,06	PtIng	32,19
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	0,05
						1	Tee	4,6	L. equi.	6,23			Pf	0,13	Pn	32,14
3 - 4	5,6	120	3	3,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,044	PtIn	32,32	PtIng	32,59
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	0,12
						1	Tee	4,6	L. equi.	6,23			Pf	0,27	Pn	32,47
4 - 5	5,6	120	3	3,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,074	PtIn	32,86	PtIng	33,32
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	0,21
						1	Tee	4,6	L. equi.	6,23			Pf	0,46	Pn	33,11
5 - 6	5,6	120	3	3,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,112	PtIn	33,78	PtIng	34,43
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	0,33
						1	Tee	4,6	L. equi.	6,23			Pf	0,70	Pn	34,15
6 - 7	5,6	120	3	3,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,157	PtIn	35,18	PtIng	36,16
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	0,48
						1	Tee	4,6	L. equi.	6,23			Pf	0,98	Pn	35,68
7 - 8	5,6	120	3	3,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,209	PtIn	37,14	PtIng	38,44
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	0,65
						1	Tee	4,6	L. equi.	6,23			Pf	1,30	Pn	37,78
8 - 9	5,6	120	3	3,03	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	0,82	0	0,267	PtIn	39,74	PtIng	41,19
						0	codo 90°	0					Ph	0,00	Pv	0,86
						1	Tee	4,6	L. equi.	5,42			Pf	1,45	Pn	40,33

**ANEXO 8.1.2. CÁLCULO DE PRESIÓN EN ASPERSORES Y EN ENTRADA DE ANILLO DE ENFRIAMIENTO**

**PARÁMETROS DE DISEÑO DE ANILLO DE ENFRIAMIENTO TQ-19**

Número de aspersores		61	
Número de aspersores por sección		48	15
Caudal Total	GPM	1,832.1	
Caudal por semi-anillo	GPM	1,449.06	483.02
Caudal de Ramal	GPM	724.53	257.61
Presión de Ingreso	PSI	80.33	41.19
K Total Teórico		256.2	85.40
K Total Real		152.46	75.26
K Comercial		5.60	5.60

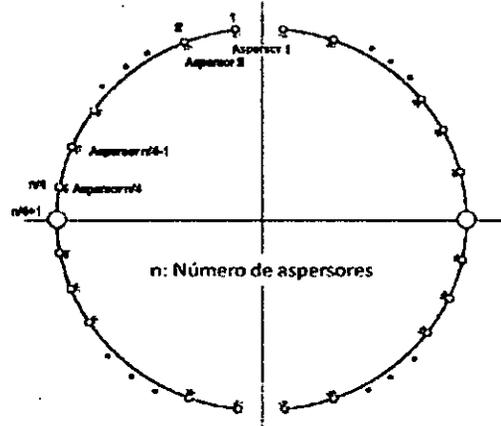


TRAMO	K	C	Diámetro (Pulg)		Caudal		Accesorios			Longitud (m)	ΔH (m)	Velocidad (m/s)	Pérdidas por (PSI/m)	Presión (PSI)				
			Ønom	Øint	(GPM)	(Und)	(Tipo)	Lequ(m)	PtIn					PtInq	PtPr	PtPn		
1 - 2	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	0.24	0.001	PtIn	31.99	PtInq	32.00
					Q	31.67	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.00
					Q	31.67	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	0.01	Pn	32.00
2 - 3	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	0.49	0.005	PtIn	32.01	PtInq	32.05
					Q	63.35	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.02
					Q	63.35	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	0.04	Pn	32.00
3 - 4	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	0.73	0.011	PtIn	32.09	PtInq	32.18
					Q	95.02	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.04
					Q	95.02	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	0.08	Pn	32.14
4 - 5	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	0.87	0.018	PtIn	32.26	PtInq	32.40
					Q	126.69	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.07
					Q	126.69	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	0.14	Pn	32.33
5 - 6	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	1.21	0.028	PtIn	32.55	PtInq	32.76
					Q	158.37	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.11
					Q	158.37	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	0.22	Pn	32.65
6 - 7	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	1.48	0.039	PtIn	32.98	PtInq	33.28
					Q	190.04	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.15
					Q	190.04	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	0.30	Pn	33.13
7 - 8	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	1.70	0.052	PtIn	33.58	PtInq	33.98
					Q	221.71	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.21
					Q	221.71	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	0.40	Pn	33.78
8 - 9	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	1.94	0.067	PtIn	34.39	PtInq	34.90
					Q	253.39	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.27
					Q	253.39	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	0.52	Pn	34.63
9 - 10	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	2.19	0.083	PtIn	35.42	PtInq	36.06
					Q	285.08	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.35
					Q	285.08	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	0.64	Pn	35.71
10 - 11	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	2.43	0.101	PtIn	36.70	PtInq	37.48
					Q	316.73	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.43
					Q	316.73	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	0.78	Pn	37.05
11 - 12	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	2.67	0.120	PtIn	38.26	PtInq	39.19
					Q	348.41	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.52
					Q	348.41	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	0.93	Pn	38.67
12 - 13	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	2.91	0.141	PtIn	40.11	PtInq	41.21
					Q	380.08	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.62
					Q	380.08	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	1.09	Pn	40.59
13 - 14	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	3.16	0.184	PtIn	42.30	PtInq	43.56
					Q	411.75	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.72
					Q	411.75	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	1.27	Pn	42.84
14 - 15	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	3.40	0.188	PtIn	44.63	PtInq	46.28
					Q	443.43	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.84
					Q	443.43	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	1.45	Pn	45.44
15 - 16	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	3.64	0.213	PtIn	47.73	PtInq	49.38
					Q	475.10	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	0.86
					Q	475.10	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	1.85	Pn	48.42
16 - 17	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	3.89	0.240	PtIn	51.03	PtInq	52.88
					Q	506.77	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	1.09
					Q	506.77	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	1.85	Pn	51.79
17 - 18	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	4.13	0.269	PtIn	54.74	PtInq	56.82
					Q	538.45	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	1.23
					Q	538.45	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	2.08	Pn	55.59
18 - 19	5.6	120	4	4.00	q	31.67	0	codo 45°	0	L. tub	1.63	0	4.37	0.299	PtIn	58.90	PtInq	61.21
					Q	570.12	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Ph	0.00	Pv	1.38
					Q	570.12	1	Tee	6.1	L. equi.	7.73				Pt	2.31	Pn	59.82

ANEXO 8.1.2. CÁLCULO DE PRESIÓN EN ASPERSORES Y EN ENTRADA DE ANILLO DE ENFRIAMIENTO

PARÁMETROS DE DISEÑO DE ANILLO DE ENFRIAMIENTO TQ-19

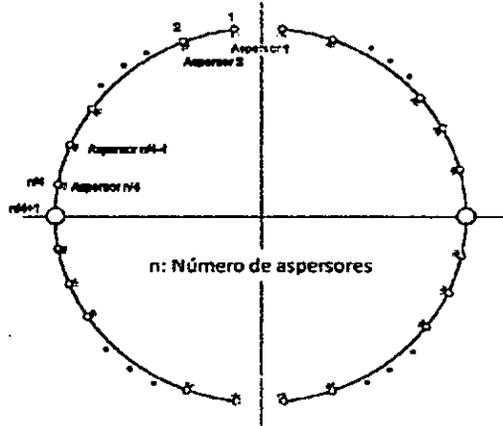
Número de aspersores	61	
Número de aspersores por sección	46	15
Caudal Total	GPM 1.832,1	
Caudal por semi - anillo	GPM	1.449,06 483,02
Caudal de Ramal	GPM	724,53 257,61
Presión de Ingreso	PSI	90,33 41,19
K Total Teórico	256,2 85,40	
K Total Real	152,46 75,26	
K Comercial	5,60 5,60	



TRAMO	K	C	Diámetro (Pulg)		Caudal		Accesorios			Longitud (m)	ΔH (m)	Velocidad (m/s)	Pérdidas por (PSI/m)	Presión (PSI)				
			Ønom	Øint	(GPM)	(Und.)	(Tipo)	Leq.(m)	PTIn					PTInq	PTng	PTngq		
19 - 20	5,6	120	4	4,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	4,61	0,330	PTIn	63,52	PTng	66,07
					Q	601,80	1	Tee	6,1	L. equi.	7,73				Ph	0,00	Pv	1,54
															PI	2,55	Pn	64,53
20 - 21	5,6	120	4	4,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	4,86	0,363	PTIn	68,62	PTng	71,43
					Q	633,47	1	Tee	6,1	L. equi.	7,73				Ph	0,00	Pv	1,71
															PI	2,61	Pn	69,72
21 - 22	5,6	120	4	4,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	5,13	0,397	PTIn	74,24	PTng	77,31
					Q	665,14	1	Tee	6,1	L. equi.	7,73				Ph	0,00	Pv	1,88
															PI	3,07	Pn	75,43
22 - 23	5,6	120	4	4,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	5,34	0,433	PTIn	80,38	PTng	83,73
					Q	696,82	1	Tee	6,1	L. equi.	7,73				Ph	0,00	Pv	2,07
															PI	3,35	Pn	81,68
23 - 24	5,6	120	4	4,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	0,82	0	5,58	0,470	PTIn	87,08	PTng	90,33
					Q	728,49	1	Tee	6,1	L. equi.	6,92				Ph	0,00	Pv	2,26
															PI	3,25	Pn	88,07

PARÁMETROS DE DISEÑO DE ANILLO DE ENFRIAMIENTO TQ-19

Número de aspersores	61	
Número de aspersores por sección	46	15
Caudal Total	GPM 1.832,1	
Caudal por semi - anillo	GPM	1.449,06 483,02
Caudal de Ramal	GPM	724,53 257,61
Presión de Ingreso	PSI	90,72 41,19
K Total Teórico	256,2 85,4	
K Total Real	152,14 75,26	
K Comercial	5,60 5,60	



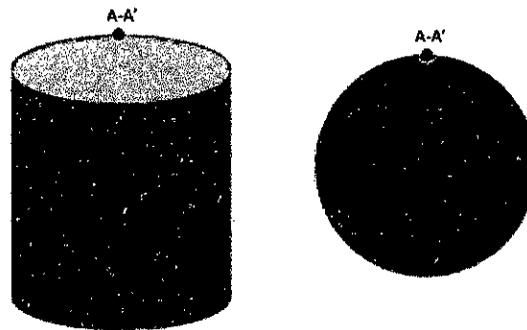
TRAMO	K	C	Diámetro (Pulg)		Caudal		Accesorios			Longitud (m)	ΔH (m)	Velocidad (m/s)	Pérdidas por (PSI/m)	Presión (PSI)				
			Ønom	Øint	(GPM)	(Und.)	(Tipo)	Leq.(m)	PTIn					PTInq	PTng	PTngq		
1 - 2	5,6	120	3	3,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,43	0,006	PTIn	31,89	PTng	32,03
					Q	31,67	1	Tee	4,6	L. equi.	6,23				Ph	0,00	Pv	0,01
															PI	0,04	Pn	32,01
2 - 3	5,6	120	3	3,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	0,86	0,021	PTIn	32,06	PTng	32,19
					Q	63,35	1	Tee	4,6	L. equi.	6,23				Ph	0,00	Pv	0,05
															PI	0,13	Pn	32,14
3 - 4	5,6	120	3	3,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	1,29	0,044	PTIn	32,32	PTng	32,58
					Q	95,02	1	Tee	4,6	L. equi.	6,23				Ph	0,00	Pv	0,12
															PI	0,27	Pn	32,47
4 - 5	5,6	120	3	3,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	1,72	0,074	PTIn	32,86	PTng	33,32
					Q	126,69	1	Tee	4,6	L. equi.	6,23				Ph	0,00	Pv	0,21
															PI	0,46	Pn	33,11
5 - 6	5,6	120	3	3,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	2,15	0,112	PTIn	33,78	PTng	34,48
					Q	158,37	1	Tee	4,6	L. equi.	6,23				Ph	0,00	Pv	0,33
															PI	0,70	Pn	34,15
6 - 7	5,6	120	3	3,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	2,58	0,157	PTIn	35,18	PTng	36,16
					Q	190,04	1	Tee	4,6	L. equi.	6,23				Ph	0,00	Pv	0,48
															PI	0,88	Pn	35,68
7 - 8	5,6	120	3	3,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	1,63	0	3,01	0,209	PTIn	37,14	PTng	38,44
					Q	221,71	1	Tee	4,6	L. equi.	6,23				Ph	0,00	Pv	0,65
															PI	1,30	Pn	37,78
8 - 8	5,6	120	3	3,03	q	31,67	0	codo 45°	0	L. tub	0,82	0	3,44	0,267	PTIn	39,74	PTng	41,19
					Q	253,29	1	Tee	4,6	L. equi.	5,42				Ph	0,00	Pv	0,88
															PI	1,45	Pn	40,33

**ANEXO 8.1.3**

**DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE ASPERSORES EN UN  
TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

**ANEXO 8.1.3. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE ASPERSORES EN UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

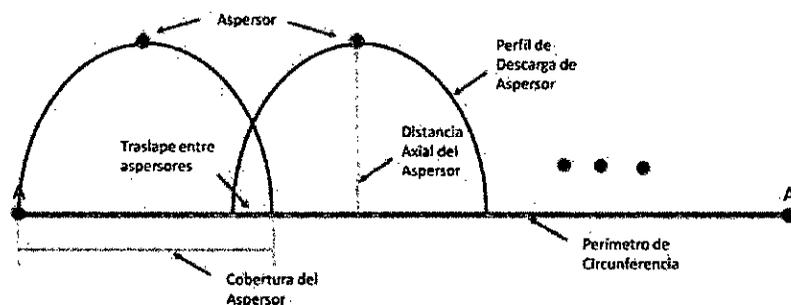
Se sabe que los tanques de almacenamiento tienen forma cilíndrica, lo que nos indica que son de base circular, entonces se tiene:



Como la base es circular, se toma un punto el cual se considerará punto de inicio y fin (A-A'), como se muestra en la imagen anterior, con el fin de considerar el perímetro del círculo para los efectos de cálculo, desarrollando el perímetro del círculo se tendría:



El aspersor genera un abanico de agua (chorro de agua), que está sujeto a un perfil de descarga, dependiendo de la distancia axial del aspersor con la pared del tanque de almacenamiento se determina la cobertura del mismo, la determinación de la cantidad de aspersores se realizará con la siguiente imagen:



Para el análisis se considera que:

Primero:

El perímetro de la circunferencia será igual a la cantidad de aspersores por una constante, matemáticamente sería:

$$2 \times \pi \times D = N \times K$$

**ANEXO 8.1.3. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE ASPERSORES EN UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Despejando va variable a determinar se tiene:

$$N = \frac{2 \times \pi \times D}{K}$$

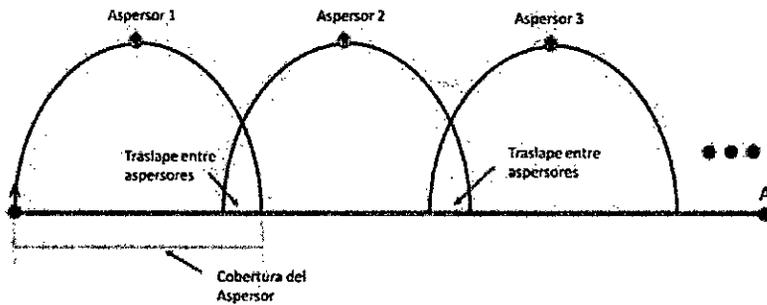
Siendo:

$N$ : Número de Aspersores.

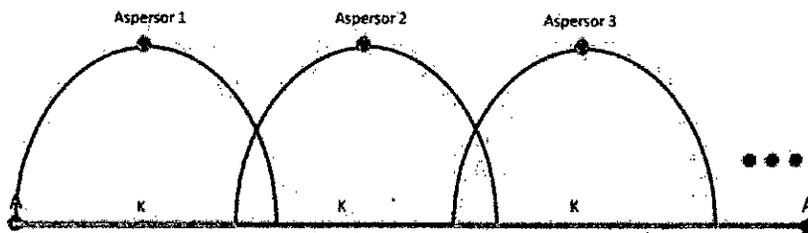
$D$ : Diámetro de Tanque de Almacenamiento.

$K$ : Constante de cobertura.

Para la determinación de la constante de cobertura se utilizará la siguiente imagen:



Analizando el comportamiento del aspersor 2, se puede observar que este tiene dos traslapes lo que conlleva a repetir pequeños tramos de longitud (un traslape) si se considerara la cobertura total del aspersor.



Siendo  $K$ :

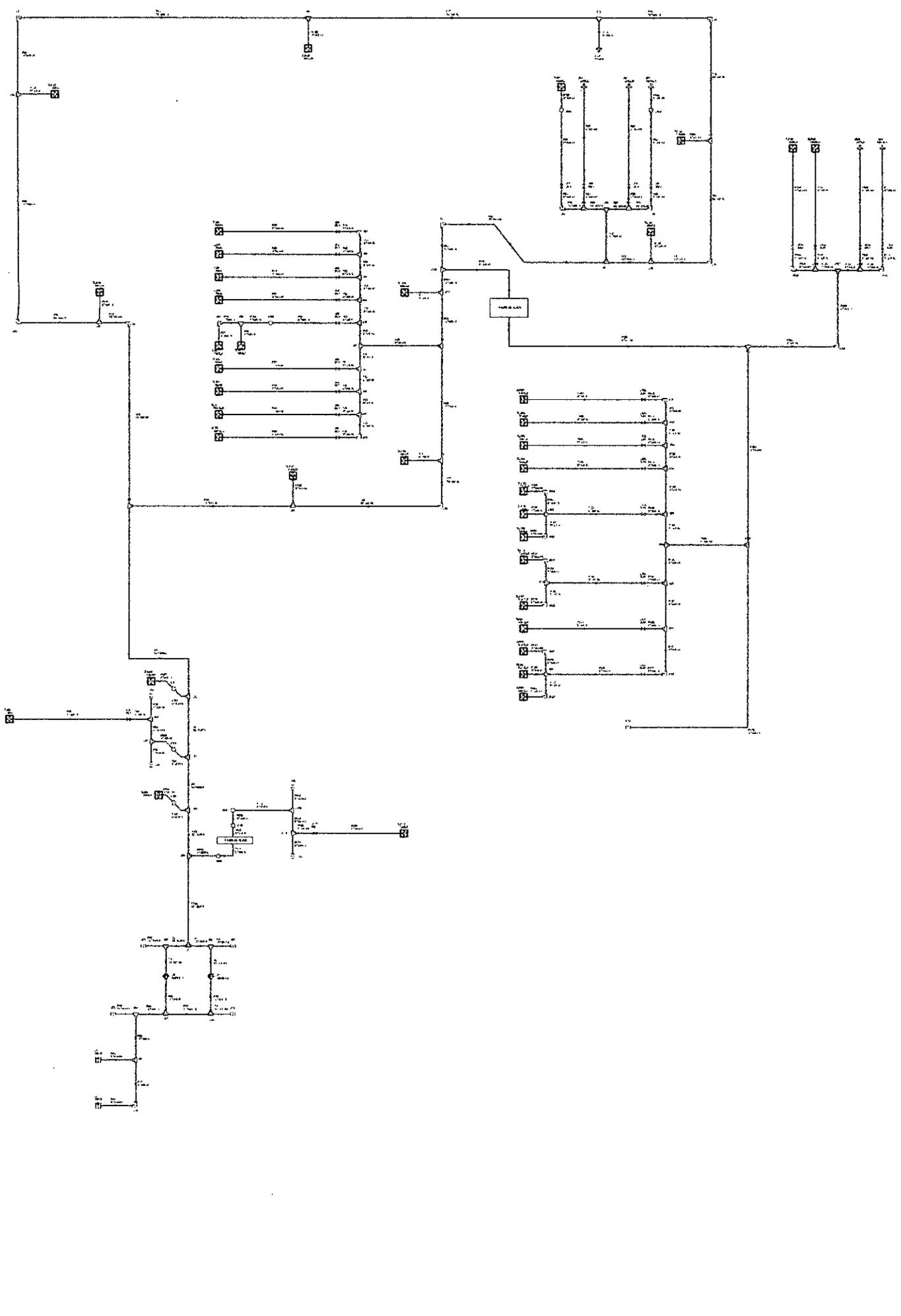
$$K = Cobertura_{aspersor} - traslape$$

De donde la ecuación quedaría:

$$N = \frac{2 \times \pi \times D}{Cobertura_{aspersor} - traslape}$$

**ANEXO 8.1.4**

**REPORTE MODELO HIDRÁULICO DE ESCENARIO MÁS CRÍTICO**



Model Reference Information

Pump Summary

Jct	Results Diagram	Name	Vol. Flow (gal/min)	dP (psid)
3	Show ...	BOMBA 1	2,230	131.2
4	Show ...	BOMBA 2	2,228	131.3

Spray Discharge Table

Spray Discharge	Name	Vol. Flow Rate Thru Jct (gal/min)	P Stag. In (psig)	P Stag. Out (psig)
X76	TQ-15_A	0.0	101.8670	101.8670
X77	TQ-15_B	0.0	101.8670	101.8670
X78	TQ-16	0.0	101.8670	101.8670
X79	TQ-11	0.0	104.0414	104.0414
X80	TQ-9_1	0.0	102.5491	102.5491
X81	TQ-9_2	0.0	98.2856	98.2856
X83	TQ-6	0.0	109.2287	109.2287
X84	TQ-7	0.0	109.2287	109.2287
X85	TQ-8	0.0	106.6421	106.6421
X86	TQ-10	0.0	106.6421	106.6421
X91	TQ-18_A	0.0	100.0473	100.0473
92	TQ-18_B	645.2	73.4828	0.0000
93	TQ-19_A	1,449.1	90.3334	0.0000
94	TQ-19_B	612.6	66.2305	0.0000
X95	TQ-5	0.0	126.7997	126.7997
X99	HY-001	0.0	134.7024	134.7024
X100	HY-002	0.0	126.4918	126.4918
X101	HY-003	0.0	126.3240	126.3240
X102	HY-004	0.0	126.9997	126.9997
X103	HY-005	0.0	118.1353	118.1353
X104	HY-006	0.0	116.5099	116.5099
X105	HY-007	0.0	120.0752	120.0752
X106	MH-001	0.0	129.3443	129.3443
X107	MH-002	0.0	122.1556	122.1556
108	MH-003	816.3	118.4690	0.0000
X109	MH-004	0.0	117.2160	117.2160
X112	TQ-5_F	0.0	126.7139	126.7139
X141	TQ-15_F	0.0	97.7894	97.7894
X142	TQ-15_F	0.0	97.7894	97.7894
X143	TQ-16_F	0.0	97.7894	97.7894
X144	TQ-11_F	0.0	99.9638	99.9638
X145	TQ-9_F	0.0	95.6292	95.6292
X146	TQ-9_F	0.0	95.6292	95.6292
X148	TQ-6_F	0.0	105.1511	105.1511
X149	TQ-7_F	0.0	105.1511	105.1511
X150	TQ-8_F	0.0	102.5645	102.5645
X151	TQ-10_F	0.0	102.5645	102.5645
157	TQ-19_F	465.0	63.8688	0.0000
158	TQ-19_F	469.5	65.1101	0.0000

Spray Discharge	Name	Vol. Flow Rate Thru Jct (gal/min)	P Stag. In (psig)	P Stag. Out (psig)
X168	TQ-18_F	0.0	93.2350	93.2350
X169	TQ-18_F	0.0	93.2350	93.2350
X171	TQ-15_F	0.0	97.7894	97.7894
X178	TQ-11_F	0.0	99.9638	99.9638
X183	TQ-9_F	0.0	95.6292	95.6292

**ANEXO 8.1.5**

**GRÁFICO DE CURVA DE BOMBAS EXISTENTES**

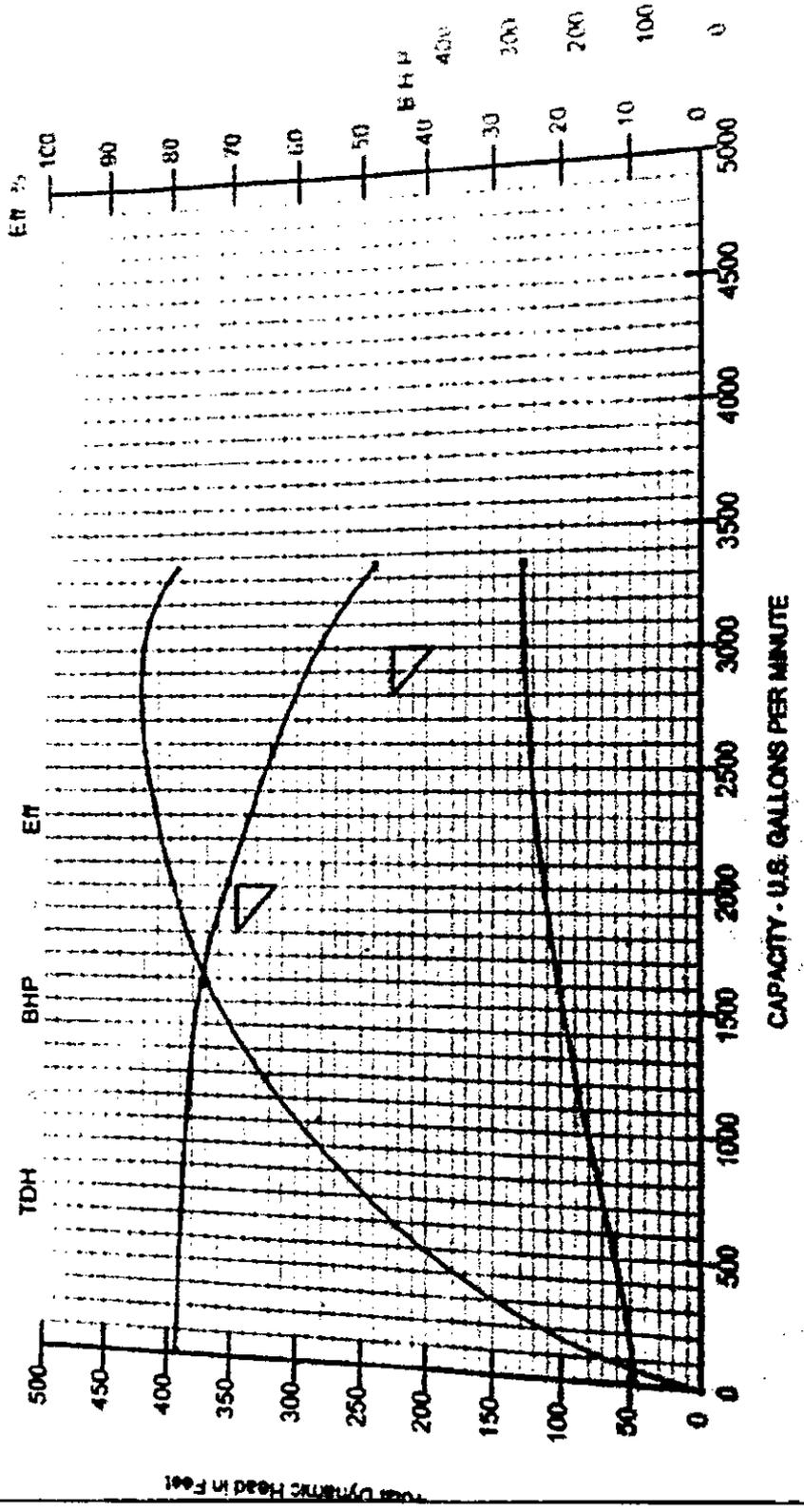
ANEXO 8.1.5. GRÁFICO DE CURVA DE BOMBAS EXISTENTES

*Signature*  
7/1/69

**CIP AURORA**  
PENTAIR PUMP GROUP

Pump No. 93 40387 3  
 Size 4 001 10  
 Type  
 N.P.M.  
 Stages 2  
 Impeller Part No. 151313  
 Motor Part No. 151314  
 Part No. 151315  
 P.L. No. 151316  
 Date 02/19/69

GMT CONSORCIO TERMINALES  
Chart Number 1



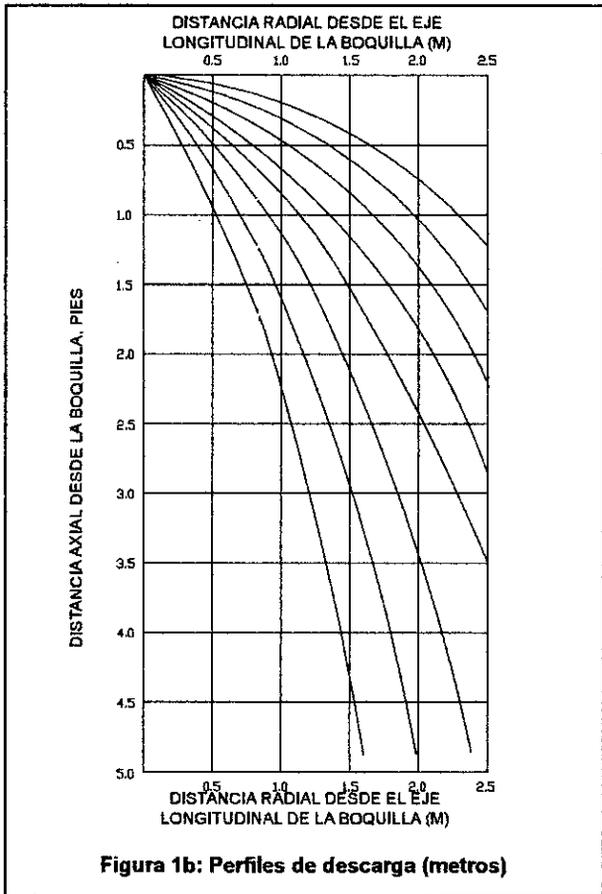
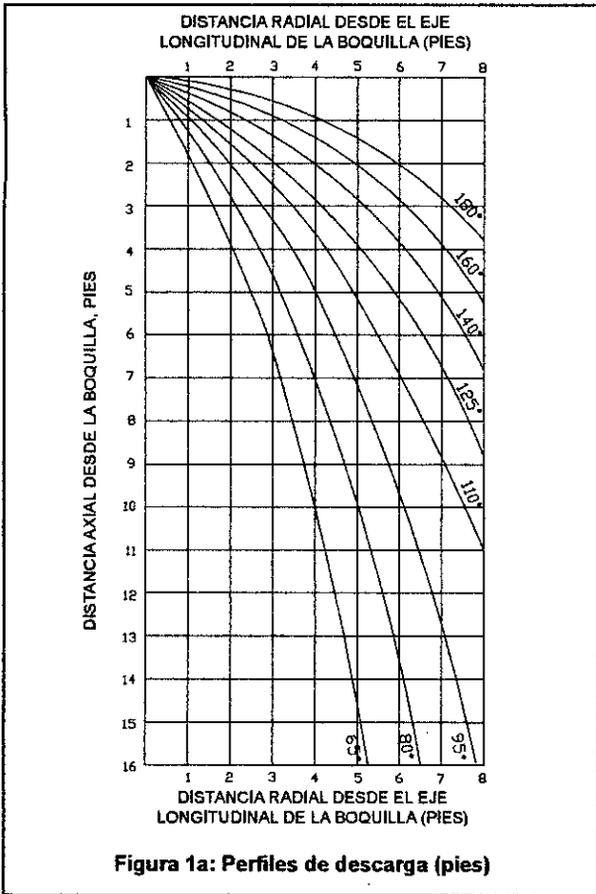
**ANEXO 8.1.6**

**DATOS TÉCNICOS BOQUILLAS ASPERSORES**

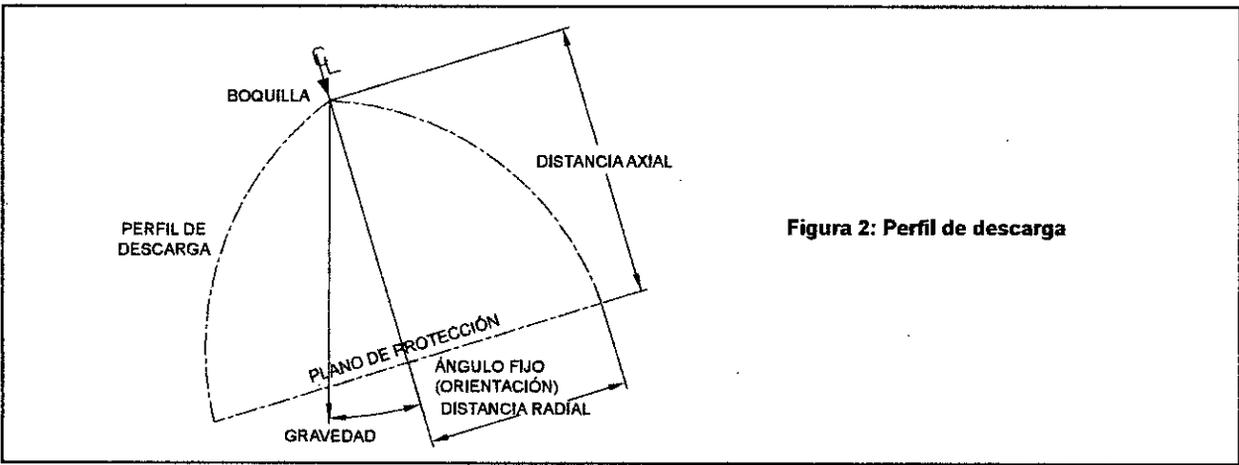


# DATOS TÉCNICOS

**BOQUILLAS PULVERIZADORAS  
MODELO E  
VK810 - VK817**



- NOTAS:**
1. Los datos de diseño provienen de pruebas en aire en calma.
  2. Los datos de diseño son aplicables para una presión (flujo) residual a la entrada de la boquilla de entre 10,7 y 4,1 bar (10 a 60 bar). Para presiones hasta 12 bar (175 psi), consulte con el servicio técnico de Viking. Para determinar la presión residual mínima exigida, consulte a la autoridad competente.
  3. Las formas de los perfiles de descarga se mantienen esencialmente sin cambios por encima de las distancias axiales máximas indicadas en las páginas 32h-i.
  4. Las distancias axiales máximas indicadas en las páginas 32h-i se basan en la protección contra la exposición.





# DATOS TÉCNICOS

**BOQUILLAS PULVERIZADORAS  
MODELO E  
VK810 - VK817**

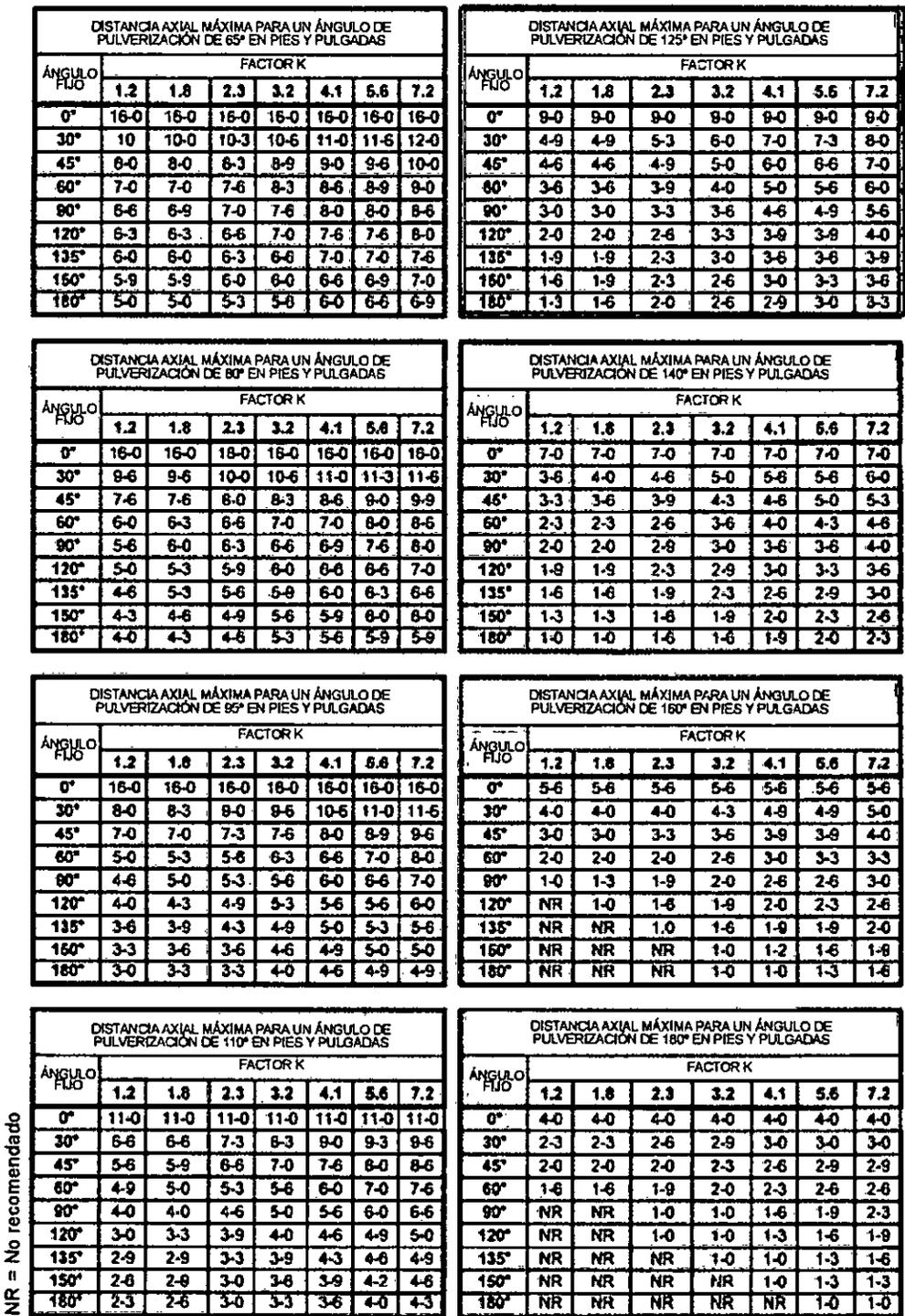


Figura 6a: Distancia máxima axial (pies) entre la punta de la boquilla y el plano a proteger contra la exposición

**NOTAS SOBRE LAS FIGURAS 6a Y 6b:**

1. Si el ángulo de montaje es 0° (vertical descendente) sólo puede aplicarse una presión de trabajo entre 0,7 y 4,1 bar (10 a 60 psi).
2. Para otros ángulos de montaje diferentes de 0°, la presión de trabajo debe estar entre 1,4 y 4,1 bar (20 a 60 psi).
3. Sin embargo, salvo que se especifique lo contrario, si la distancia axial entre la boquilla y el plano a proteger no es mayor de 0,6 m (2 pies), puede aplicarse una presión de trabajo de 0,7 a 4,1 bar (10 a 60 psi) para todos los ángulos de montaje.

**ANEXO 8.1.7**

**PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

**ANEXO 8.1.7. PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PU (USD)	PARCIAL (USD)
<b>I.</b>	<b>INGENIERIA Y EXPEDIENTE</b>				
1,01	Ingeniería de detalle en revisión B	glb	1,00	11.632,82	11.632,82
1,02	Ingeniería de detalle en revisión O	glb	1,00	5.610,40	5.610,40
1,03	Gestión de permisos para obtención de la OTF	glb	1,00	2.313,99	2.313,99
	<b>COSTO DIRECTO POR INGENIERIA</b>			<b>USD</b>	<b>19.557,21</b>
	<b>GASTOS GENERALES</b>			<b>10%</b>	<b>1.955,72</b>
	<b>UTILIDAD DEL SERVICIO</b>			<b>10%</b>	<b>1.955,72</b>
	<b>TOTAL POR INGENIERIA Y EXPEDIENTE SIN IGV</b>			<b>USD</b>	<b>23.468,65</b>
<b>II.</b>	<b>MATERIALES METALMECÁNICOS</b>				
<b>2.0</b>	<b>Equipos SCI</b>				
2,01	Tanque Diario de Combustión UL, 560 Gal	und	1,00	4.147,50	4.147,50
2,02	Gabinete Contra Incendio	und	7,00	1.675,80	11.730,60
2,03	Hidrante de columna seca de 6" de hierro fundido ASTM A126 CL.B	und	7,00	1.827,00	12.789,00
2,04	Monitor con boquilla	und	4,00	4.067,60	16.270,38
2,05	Boquilla aspersiona (spray nozzle) de bronce, niquelado, con ángulo deflector de 125°	und	343,00	37,17	12.749,31
<b>3.0</b>	<b>Red principal</b>				
3,01	Válvula manual tipo Mariposa 10"	und	10,00	304,98	3.049,80
3,02	Tubería HDPE SDR 11 Ø12" CL150 FM	m	182,00	51,31	9.337,69
3,03	Tubería HDPE SDR 11 Ø10" CL150 FM	m	775,00	36,49	28.276,19
3,04	Tubería HDPE SDR 11 Ø8" CL150 FM	m	55,00	23,46	1.290,30
3,05	Tubería HDPE SDR 11 Ø6" CL150 FM	m	65,00	13,87	901,68
3,06	Tubería HDPE SDR 11 Ø4" CL150 FM	m	121,00	6,40	773,84
3,07	Codo HDPE Ø12" CL 150 FM	und	5,00	269,90	1.349,51
3,08	Codo HDPE Ø10" CL 150 FM	und	28,00	252,56	7.071,74
3,09	Codo HDPE Ø8" CL 150 FM	und	1,00	188,30	188,30
3,10	Codo HDPE Ø6" CL 150 FM	und	5,00	40,57	202,83
3,11	Tee HDPE Ø10" CL 150 FM	und	5,00	285,64	1.428,20
3,12	Tee HDPE Ø6" CL 150 FM	und	1,00	58,79	58,79
3,13	Brida FF Ø10"	und	24,00	116,63	2.799,04
3,14	Brida FF Ø6"	und	2,00	49,78	99,55
<b>4.0</b>	<b>Manifolds</b>				
4,01	Tee 8", sch 40, ASTM A-234 Gr. WPB	und	4,00	19,30	77,19
4,02	Tee 4", sch 40, ASTM A-234 Gr. WPB	und	2,00	4,54	9,08
4,03	Reducción concéntrica de 8"x6", sch 40, ASTM A-234 Gr. WPB	und	3,00	6,97	20,90
4,04	Brida 8", RF WN 150 Lb, sch 40 ASTM A-105 (incluye empaquetadura, espárragos y tuercas hexagonales)	und	8,00	51,57	412,57
4,05	Brida ciega 8", RF 150 Lb, sch 40 ASTM A-105 (incluye empaquetadura, espárragos y tuercas hexagonales)	und	8,00	61,88	495,07
4,06	Brida ciega 4", RF 150 Lb, sch 40 ASTM A-105 (incluye empaquetadura, espárragos y tuercas hexagonales)	und	2,00	29,07	58,14
4,07	Weldolet 8"x4", 3000 Lb, ASTM A-105	und	11,00	58,65	645,15
4,08	Weldolet 8"x3", 3000 Lb, ASTM A-105	und	2,00	39,53	79,05
4,09	Thredolet 8"x2", 3000 Lb, ASTM A-105	und	4,00	21,68	86,70
4,10	Thredolet 8"x1/2", 3000 Lb, ASTM A-105	und	4,00	7,65	30,60
4,11	Thredolet 4"x2", 3000 Lb, ASTM A-105	und	1,00	24,74	24,74
4,12	Thredolet 4"x1/2", 3000 Lb, ASTM A-105	und	1,00	7,65	7,65
4,13	Válvula de Bola 2"	und	5,00	75,48	377,40
4,14	Válvula de Bola 1/2"	und	10,00	45,90	459,00
4,15	Brida 6", RF WN 150 Lb, sch 40 ASTM A-105 (incluye empaquetadura, espárragos y tuercas hexagonales)	und	12,00	35,97	431,58
4,16	Brida 4", RF WN 150 Lb, sch 40 ASTM A-105 (incluye empaquetadura, espárragos y tuercas hexagonales)	und	46,00	24,23	1.114,35
4,17	Brida 3", RF WN 150 Lb, sch 40 ASTM A-105 (incluye empaquetadura, espárragos y tuercas hexagonales)	und	8,00	17,17	137,33
4,18	Válvula manual tipo Mariposa 6"	und	3,00	78,03	234,09
4,19	Válvula manual tipo Mariposa 4"	und	11,00	43,96	483,58

**ANEXO 8.1.7. PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND. #	CANTIDAD	PU (USD)	PARCIAL (USD)
4,20	Válvula manual tipo Mariposa 3"	und	2,00	28,05	56,10
5.0	<b>Sistema de enfriamiento</b>				
	<b>Línea de superficie y montante</b>				
5,01	Tubería 6", sch 40 SMLS, ASTM A53 grado B	m	240,00	19,32	4.636,51
5,02	Tubería 4", sch 40 SMLS, ASTM A53 grado B	m	680,00	10,99	7.470,07
5,03	Tubería 3", sch 40 SMLS, ASTM A53 grado B	m	60,00	7,72	463,28
5,04	Union ranurada de 6"	und	40,00	8,16	326,40
5,05	Union ranurada de 4"	und	114,00	6,12	697,68
5,06	Union ranurada de 3"	und	9,00	4,28	38,56
5,07	Codo ranurado 90° LR, 6", sch 40, ASTM A-234	und	7,00	18,36	128,52
5,08	Codo ranurado 90° LR, 4", sch 40, ASTM A-234	und	27,00	7,34	198,29
5,09	Codo ranurado 90° LR, 3", sch 40, ASTM A-234	und	4,00	5,71	22,85
5,10	Juntas flexibles 6"	und	3,00	249,27	747,80
5,11	Juntas flexibles 4"	und	10,00	178,83	1.788,26
5,12	Thredolets + válvula 2"	und	15,00	99,96	1.499,40
5,13	Codo 45° LR, 6", sch 40, ASTM A-234 gr WPB	und	9,00	4,66	41,95
5,14	Codo 45° LR, 4", sch 40, ASTM A-234 gr WPB	und	30,00	2,34	70,07
5,15	Codo 45° LR, 3", sch 40, ASTM A-234 gr WPB	und	6,00	1,20	7,22
5,16	Brida 6", RF WN 150 Lb, sch 40 ASTM A-105 (incluye empaquetadura, espárragos y tuercas hexagonales)	und	12,00	35,97	431,58
5,17	Brida 4", RF WN 150 Lb, sch 40 ASTM A-105 (incluye empaquetadura, espárragos y tuercas hexagonales)	und	40,00	24,23	969,00
5,18	Brida 3", RF WN 150 Lb, sch 40 ASTM A-105 (incluye empaquetadura, espárragos y tuercas hexagonales)	und	8,00	17,17	137,33
	<b>Anillo de enfriamiento</b>				
5,19	Tubería 4", sch 40 SMLS, ASTM A53 grado B	m	132,00	10,99	1.450,07
5,20	Tubería 3", sch 40 SMLS, ASTM A53 grado B	m	392,00	7,72	3.026,79
5,21	Tubería 2", sch 40 SMLS, ASTM A53 grado B	m	60,00	3,72	223,38
5,22	Brida 4", RF SO 150 Lb, sch 40 bore ASTM A-105 (incluye empaquetadura, espárragos y tuercas hexagonales)	und	44,00	6,06	266,59
5,23	Brida 3", RF SO 150 Lb, sch 40 bore ASTM A-105 (incluye empaquetadura, espárragos y tuercas hexagonales)	und	130,00	4,44	576,81
5,24	Brida 2", RF SO 150 Lb, sch 40 bore ASTM A-105 (incluye empaquetadura, espárragos y tuercas hexagonales)	und	20,00	2,74	54,88
5,25	Reducción concéntrica de 6"x4", sch 40, ASTM A-234 Gr. WPB	und	4,00	4,85	19,38
5,26	Reducción concéntrica de 6"x3", sch 40, ASTM A-234 Gr. WPB	und	2,00	4,49	8,98
5,27	Reducción concéntrica de 4"x3", sch 40, ASTM A-234 Gr. WPB	und	20,00	2,04	40,80
5,28	Reducción concéntrica de 3"x2", sch 40 ASTM A-234 Gr. WPB	und	4,00	1,49	5,96
6.0	<b>Sistema de hidrantes y monitores</b>				
6,01	Tee reducción HDPE 12"x8" CL 150 FM	und	2,00	451,87	903,74
6,02	Tee reducción HDPE 10"x8" CL 150 FM	und	14,00	341,23	4.777,23
6,03	Reducción concéntrica HDPE 8"x6" CL 150 FM	und	16,00	59,76	956,19
6,04	Brida FF Ø 6"	und	15,00	49,78	746,64
III	<b>MONTAJE ELECTRICO E INSTRUMENTACIÓN</b>				
7.0	<b>Equipos eléctricos</b>				
7,01	Tablero de distribución eléctrica de baja tensión 230 VAC, 3F, 60 Hz, 100 A, montaje adosado, encerramiento IP 66, color gris ANSI 61. Dimensiones 762x610x254 mm.	und	1,00	6.992,61	6.992,61
7,02	Interruptor termomagnético de 100 A, 3Ø, corriente de cortocircuito 85 kA	und	1,00	177,25	177,25
7,03	Interruptor termomagnético de 30 A, 3Ø, corriente de cortocircuito 20 kA	und	1,00	37,79	37,79
7,04	Interruptor termomagnético de 30 A, 1Ø, corriente de cortocircuito 20 kA	und	3,00	29,17	87,52
7,05	Interruptor termomagnético de 25 A, 1Ø, corriente de cortocircuito 20 kA	und		31,16	0,00
7,06	Interruptor termomagnético de 20 A, 1Ø, corriente de cortocircuito 20 kA	und	6,00	27,44	164,63
7,07	Interruptor termomagnético diferencial de 15 A, 30 mA, corriente de cortocircuito 20 kA	und	1,00	31,16	31,16
8.0	<b>Canalizaciones eléctricas</b>				
8,01	Tubería rígida de A'G' tipo IMC de 40 mmØ (1 1/2" Ø) unidades de 3 m	m	6,00	6,63	39,78
8,02	Tubería rígida de A'G' tipo IMC de 25 mmØ (1" Ø) unidades de 3 m.	m	54,00	4,64	250,61

**ANEXO 8.1.7. PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PU (USD)	PARCIAL (USD)
8,03	Tubería rígida PVC-SAP 50 mm Ø (2" Ø ), en unidades de 3 m.	m	45,00	6,38	286,88
8,04	Tubería rígida PVC-SAP 25 mm Ø (1" Ø ), en unidades de 3 m.	m	62,00	2,26	140,39
9,0	<b>Cables eléctricos</b>				
9,01	Cable de cobre unipolar Tipo N2XOH de 10 mm2 azul	m	50,00	1,52	75,99
9,02	Cable de cobre unipolar Tipo N2XOH de 10 mm2 rojo	m	50,00	1,52	75,99
9,03	Cable de cobre unipolar Tipo N2XOH de 10 mm2 negro	m	50,00	1,52	75,99
9,04	Cable de cobre unipolar Tipo N2XOH de 10 mm2 verde	m	50,00	1,52	75,99
9,05	Cable de cobre unipolar Tipo N2XOH de 4 mm2 azul	m	100,00	0,81	80,58
9,06	Cable de cobre unipolar Tipo N2XOH de 4 mm2 rojo	m	100,00	0,81	80,58
9,07	Cable de cobre unipolar Tipo N2XOH de 4 mm2 verde	m	100,00	0,81	80,58
10,0	<b>Iluminación y tomacorrientes</b>				
10,01	Luminaria hermética tipo fluorescente 2x32W, 220 VAC, 60 Hz.	und	6,00	18,00	108,00
10,02	Tomacorrientes antiexplosivo Gevelux TC de 20 A, 230 VAC, 60 Hz.	und	6,00	8,00	48,00
IV.	<b>INSTRUMENTACIÓN</b>				
11,0	<b>Instrumentación</b>				
11,01	Manómetros de 0 a 300 psig como indicador de presión en la línea de descarga	und	19,00	114,56	2.176,55
11,02	Manovacuómetro de -160 a 0 psig como indicador de presión en línea de succión	und	3,00	131,75	395,26
11,03	Medidor de caudal	und	9,00	577,50	5.197,50
11,04	Visores de nivel	und	2,00	787,50	1.575,00
11,05	Transmisor de nivel	und	2,00	1.522,50	3.045,00
11,06	Indicador de Nivel tipo regleta	und	1,00	4.672,50	4.672,50
	<b>COSTO DIRECTO POR PROCURA DE MATERIALES Y EQUIPOS</b>			USD	178.458,87
	<b>COSTO DIRECTO POR IMPORTACIÓN DE TUBERIA Y ACCESORIOS HDPE CERTIFICADOS FM DESDE U.S.A. AL PUERTO DEL CALLAO</b>			10%	17.845,89
	<b>COSTO DIRECTO POR TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS A OBRA</b>			5%	8.922,94
	<b>TOTAL POR PROCURA DE MATERIALES Y EQUIPOS SIN IGV</b>			USD	205.227,70
V.	<b>COSTO DIRECTO MANO DE OBRA</b>		MS-H		
12,0	<b>CUADRILLA</b>				
12,01	CAPATAZ O.M.	MS	6,00	2.069,53	12.417,19
12,02	ARMADOR TUBERO	MS	17,00	1.740,84	29.594,33
12,03	SOLDADOR GG	MS	5,00	1.864,11	9.320,54
12,04	OFICIAL METALMECÁNICO	MS	39,00	919,13	35.845,88
12,05	AYUDANTE	MS	64,00	631,52	40.417,34
12,06	OPERARIO ELECTRICISTA	MS	6,00	1.453,24	8.719,43
12,07	OFICIAL ELECTRICISTA	MS	6,00	836,96	5.021,73
12,08	CAPATAZ O.C.	MS	3,00	2.069,53	6.208,60
12,09	OPERARIO CIVIL	MS	9,00	1.766,08	15.894,71
12,1	OFICIAL CIVIL	MS	9,00	1.218,47	10.966,19
12,11	PEON (AYUDANTE)	MS	21,00	631,52	13.261,94
13,0	<b>VIATICOS Y ALOJAMIENTO</b>				
13,01	CAPATAZ O.M.	MS	11,00	276,92	3.046,13
13,02	ARMADOR TUBERO	MS	67,00	167,91	11.250,17
14,0	<b>DOCUMENTACIÓN DE PERSONAL</b>				
14,01	ANTEC. POLICIALES Y PENALES	MS	49,00	20,15	987,40
14,02	CURSO INDUCCIÓN	MS	49,00	13,44	658,41
14,03	EXAMEN MÉDICO	MS	49,00	134,33	6.581,93
15,0	<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>				
15,01	EPP INDIVIDUALES	GLB	1,00	6.491,83	6.491,83
15,02	SEGURIDAD COLECTIVA	GLB	1,00	4.080,58	4.080,58
15,03	OTROS MENORES	GLB	1,00	650,00	650,00
16,0	<b>MATERIALES Y CONSUMIBLES OBRAS CIVILES</b>				
16,01	ARENA FINA PARA TUBERIA HDPE	GLB	1,00	2.962,56	2.962,56
16,02	ACERO ESTRUCTURAL	KG	6168,75	1,17	7.217,44
16,03	SOLADO FC=140	M3	15,00	58,50	877,50
16,04	CONCRETO ARMADO FC=280	M3	42,50	130,50	5.546,25
16,05	FIERRO CORRUGADO FY=4200	KG	1646,25	1,00	1.646,25
16,06	OBRAS CIVILES MENORES	GLB	1,00	7.695,00	7.695,00

**ANEXO 8.1.7. PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PU (USD)	PARCIAL (USD)
16,07	CONSUMIBLES MENORES	GLB	1,00	2.578,04	2.578,04
<b>17.0</b>	<b>MATERIALES Y CONSUMIBLES OBRAS MECÁNICAS</b>				
17,01	OBRAS MECÁNICAS MENORES	GLB	1,00	7.695,00	7.695,00
17,02	CONSUMIBLES Y MATERIALES MENORES	GLB	1,00	769,50	769,50
<b>18.0</b>	<b>MATERIALES Y CONSUMIBLES OBRAS ELECTRICAS</b>				
18,01	OBRAS ELECTRICIDAD&INSTRUMENTACIÓN MENORES	GLB	1,00	7.425,00	7.425,00
18,02	CONSUMIBLES Y MATERIALES MENORES	GLB	1,00	742,50	742,50
<b>19.0</b>	<b>EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y SERVICIOS</b>				
19,01	HERRAMIENTAS MENORES	GLB	1,00	12.056,26	12.056,26
<b>20.0</b>	<b>SUBCONTRATAACIONES MENORES</b>				
20,01	ALQUILER DE CAMIÓN GRÚA + RETROEXCAVADORA	GLB	1,00	27.202,50	27.202,50
20,02	SERVICIO DE TERMOFUSIÓN	GLB	1,00	9.023,91	9.023,91
20,03	PRUEBA HIDROSTÁTICA TUBERÍA HDPE	GLB	1,00	3.150,00	3.150,00
20,04	PINTADO DE MANIFOLDS Y TRANSPORTE AL SITIO	GLB	1,00	7.884,00	7.884,00
20,05	SERVICIO DE GALVANIZADO	GLB	1,00	40.684,90	40.684,90
20,06	SERVICIO DE PINTADO DE GALVANIZADO	GLB	1,00	39.409,63	39.409,63
20,07	SERVICIO DE ROLADO Y PREFABRICADO ANILLOS	GLB	1,00	22.432,64	22.432,64
20,08	SUBCONTRATAACIONES MENORES	GLB	1,00	7.489,38	7.489,38
<b>VI.</b>	<b>COSTO INDIRECTO MANO DE OBRA</b>		<b>MS-H</b>		
<b>21.0</b>	<b>PERSONAL INDIRECTO</b>				
21,01	GESTOR DE PROYECTO	MS	8,00	3.402,85	27.222,77
21,02	RESPONSABLE DE CONTROL Y PLANNER (A+V)	MS	7,00	2.406,36	16.844,50
21,03	RESPONSABLE OFICINA TÉCNICA (A+V)	MS	11,00	2.406,36	26.469,93
21,04	RESPONSABLE CONTROL DE CALIDAD (A+V)	MS	8,00	2.406,36	19.250,86
21,05	ADMINISTRADOR DE OBRA (A+V)	MS	6,00	1.808,46	10.850,76
21,06	LOGISTICA	MS	6,00	1.210,56	7.263,38
21,07	RESIDENTE DE OBRA (A+V)	MS	6,00	2.406,36	14.438,14
21,08	RESPONSABLE HSE (A+V)	MS	6,00	2.007,76	12.046,54
21,09	RESPONSABLE DE PRODUCCIÓN (A+V)	MS	5,00	2.007,76	10.038,78
21,1	INSPECTOR QC	MS	6,00	1.409,86	8.459,15
21,11	TOPOGRAFO	MS	5,00	1.409,86	7.049,30
21,12	CADISTA	MS	5,00	1.011,27	5.056,34
21,13	ASISTENTES	MS	5,00	612,68	3.063,38
<b>22.0</b>	<b>VIATICOS Y ALOJAMIENTO</b>				
22,01	ALOJAMIENTO	MS	10,00	268,66	2.686,59
22,02	ALIMENTACIÓN	MS	48,00	282,09	13.540,18
<b>23.0</b>	<b>DOCUMENTACIÓN DE PERSONAL</b>				
23,01	ANTEC. POLICIALES Y PENALES	MS	11,00	20,15	221,66
23,02	CURSO INDUCCIÓN	MS	11,00	13,44	147,81
23,03	EXAMEN MÉDICO	MS	11,00	134,33	1.477,58
<b>24.0</b>	<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>				
24,01	EPP INDIVIDUALES	GLB	1,00	1.742,54	1.742,54
24,02	SEGURIDAD COLECTIVA	GLB	1,00	580,85	580,85
24,03	OTROS MENORES	GLB	1,00	116,17	116,17
<b>25.0</b>	<b>MOVILIDAD Y COMUNICACIONES</b>				
25,01	TELEFONO MOVIL IS	MS	28,50	259,74	7.402,59
25,02	RADIOFRECUENCIA	UND	12,00	159,05	1.908,58
25,03	MOVILIDAD (ALQUILER DE CAMIONETA y MINIVAN)	MS	9,00	1.289,56	11.606,00
<b>26.0</b>	<b>INFRAESTRUCTURA</b>				
26,01	OFICINA TIPO CONTENEDOR	GLB	1,00	2.901,49	2.901,49
26,02	ALMACÉN TIPO CONTENEDOR	GLB	1,00	1.611,94	1.611,94
26,03	MOBILIARIO DE OFICINA	GLB	1,00	5.373,14	5.373,14
26,04	AGUA POTABLE	GLB	1,00	1.611,94	1.611,94
26,05	INTERNET	GLB	1,00	1.611,95	1.611,95
<b>27.0</b>	<b>GESTIONES EXTERNAS</b>				
27,01	PREPARACIÓN DE OFERTA	GLB	1,00	1.000,00	1.000,00
				TIEMPO	MES
					11,00
				<b>TOTAL POR MANO DE OBRA SIN IGV</b>	<b>USD</b>
					<b>659.497,37</b>
				<b>MONTO TOTAL DE PROYECTO SIN IGV</b>	<b>USD</b>
					<b>888.193,72</b>

**ANEXO 8.1.8**

**CRONOGRAMA DEL PROYECTO**



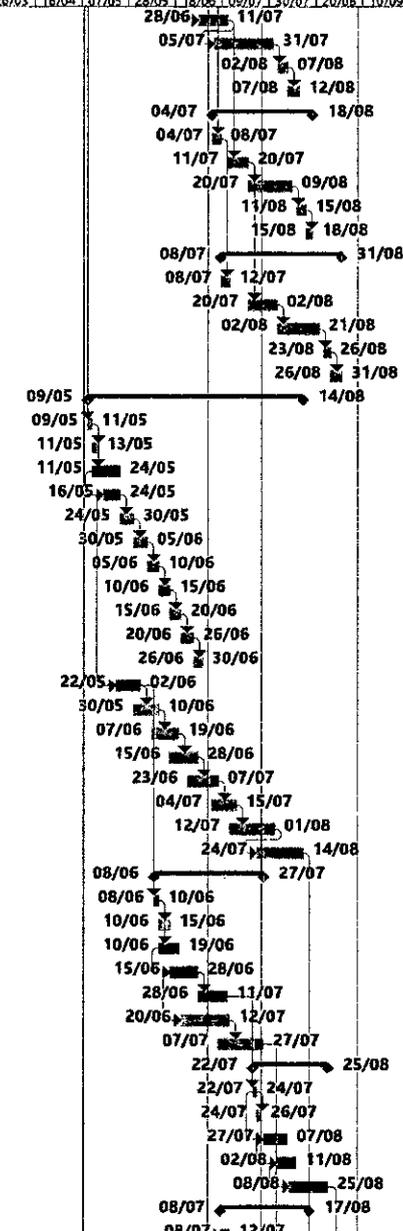
ANEXO B.1.8. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	01 julio	21 agosto	11 octubre	01 diciembre	21 enero	11 marzo	01 mayo	21 junio	11 agosto	01 octubre
53	Escarificado de base de concreto	5 días	mié 05/04/17	mar 11/04/17	26/06	17/07	07/08	28/08	18/09	09/10	30/10	20/11	11/12	01/01
54	<b>Zona Estanca N° 02</b>	34 días	<b>jue 16/03/17</b>	<b>vie 28/04/17</b>										
55	Excavación de terreno para zapata y pedestales de soportes	7 días	jue 16/03/17	vie 24/03/17						16/03	28/04			
56	Habilitado y armado de estructura de acero	5 días	vie 24/03/17	jue 30/03/17						24/03	30/03			
57	Vaciado de concreto para solado	2 días	jue 30/03/17	sáb 01/04/17						30/03	01/04			
58	Instalación de estructura de acero para zapatas y pedestales	5 días	sáb 01/04/17	vie 07/04/17						01/04	07/04			
59	Vaciado de concreto para zapatas y bases	3 días	vie 07/04/17	mar 11/04/17						07/04	11/04			
60	Encofrado para vaciado de pedestales	4 días	mar 11/04/17	mié 19/04/17						11/04	19/04			
61	Vaciado de concreto para pedestales de soportes	2 días	mié 19/04/17	vie 21/04/17						19/04	21/04			
62	Desencofrado de base de concreto	3 días	vie 21/04/17	mar 25/04/17						21/04	25/04			
63	Escarificado de base de concreto	3 días	mar 25/04/17	vie 28/04/17						25/04	28/04			
64	<b>Zona Estanca N° 03</b>	18 días	<b>sáb 22/04/17</b>	<b>lun 15/05/17</b>										
65	Excavación de terreno para zapata y pedestales de soportes	4 días	sáb 22/04/17	jue 27/04/17						22/04	27/04			
66	Habilitado y armado de estructura de acero	4 días	mar 25/04/17	sáb 29/04/17						25/04	29/04			
67	Vaciado de concreto para solado	1 día	sáb 29/04/17	mar 02/05/17						29/04	02/05			
68	Instalación de estructura de acero para zapatas y pedestales	2 días	vie 05/05/17	lun 08/05/17						05/05	08/05			
69	Vaciado de concreto para zapatas y bases	1 día	lun 08/05/17	mar 09/05/17						08/05	09/05			
70	Encofrado para vaciado de pedestales	2 días	mar 09/05/17	jue 11/05/17						09/05	11/05			
71	Vaciado de concreto para pedestales de soportes	1 día	jue 11/05/17	vie 12/05/17						11/05	12/05			
72	Desencofrado de base de concreto	1 día	vie 12/05/17	sáb 13/05/17						12/05	13/05			
73	Escarificado de base de concreto	1 día	sáb 13/05/17	lun 15/05/17						13/05	15/05			
74	<b>Trabajos civiles para pedestales de tubería de acero - Red Troncal</b>	40 días	<b>mar 09/05/17</b>	<b>mar 27/06/17</b>										
75	Excavación de terreno para zapata y pedestales de tubería aérea	8 días	mar 09/05/17	jue 18/05/17						09/05	18/05			
76	Armado de estructura de acero para pedestales de tubería aérea	8 días	jue 11/05/17	lun 22/05/17						11/05	22/05			
77	Vaciado de solado para zapata de tubería aérea	2 días	lun 22/05/17	mié 24/05/17						22/05	24/05			
78	Instalación de estructura de acero para pedestales de tubería aérea	8 días	jue 25/05/17	sáb 03/06/17						25/05	03/06			
79	Vaciado de concreto para zapatas y bases	3 días	sáb 03/06/17	mié 07/06/17						03/06	07/06			
80	Encofrado para pedestales de tubería aérea	5 días	vie 09/06/17	jue 15/06/17						09/06	15/06			
81	Vaciado de concreto para pedestales de tubería aérea	2 días	jue 15/06/17	sáb 17/06/17						15/06	17/06			
82	Desencofrado de pedestales de tubería aérea	5 días	mar 20/06/17	mar 27/06/17						20/06	27/06			
83	Eliminación de material excedente	2 días	mar 27/06/17	vie 30/06/17						27/06	30/06			
84	<b>Trabajos civiles para manifold</b>	24 días	<b>jue 27/04/17</b>	<b>sáb 27/05/17</b>										
85	Levantamiento topográfico	3 días	jue 27/04/17	mar 02/05/17						27/04	02/05			
86	<b>Manifold MFD001A</b>	15 días	<b>sáb 29/04/17</b>	<b>jue 18/05/17</b>										
87	Excavación de terreno para manifold MFD001-A	5 días	sáb 29/04/17	sáb 06/05/17						29/04	06/05			
88	Armado de estructura de acero para MFD001-A	4 días	mar 02/05/17	sáb 06/05/17						02/05	06/05			
89	Montaje de estructura de acero en MFD001-A	2 días	sáb 06/05/17	mar 09/05/17						06/05	09/05			
90	Encofrado de manifold MFD001-A	2 días	mar 09/05/17	jue 11/05/17						09/05	11/05			
91	Vaciado de concreto losa de MFD001-A	1 día	jue 11/05/17	vie 12/05/17						11/05	12/05			
92	Vaciado de concreto muro y sardinel MFD001-A	1 día	vie 12/05/17	sáb 13/05/17						12/05	13/05			
93	Desencofrado de MFD001-A	1 día	mié 17/05/17	jue 18/05/17						17/05	18/05			
94	<b>Manifold MFD002A</b>	10 días	<b>jue 11/05/17</b>	<b>mié 24/05/17</b>										
95	Excavación de terreno para manifold MFD002-A	2 días	jue 11/05/17	sáb 13/05/17						11/05	13/05			
96	Armado de estructura de acero para MFD002-A	2 días	sáb 13/05/17	mar 16/05/17						13/05	16/05			
97	Montaje de estructura de acero en MFD002-A	1 día	mar 16/05/17	mié 17/05/17						16/05	17/05			
98	Encofrado de manifold MFD002-A	1 día	mié 17/05/17	jue 18/05/17						17/05	18/05			
99	Vaciado de concreto losa de MFD002-A	1 día	jue 18/05/17	vie 19/05/17						18/05	19/05			
100	Vaciado de concreto muro y sardinel MFD001-A	1 día	vie 19/05/17	lun 22/05/17						19/05	22/05			
101	Desencofrado de MFD002-A	1 día	mar 23/05/17	mié 24/05/17						23/05	24/05			
102	<b>Manifold MFD003A</b>	7 días	<b>jue 18/05/17</b>	<b>sáb 27/05/17</b>										
103	Excavación de terreno para manifold MFD003-A	1 día	jue 18/05/17	vie 19/05/17						18/05	19/05			
104	Armado de estructura de acero para MFD003-A	1 día	jue 18/05/17	vie 19/05/17						18/05	19/05			



ANEXO 8.1.8. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	01 julio	21 agosto	11 octubre	01 diciembre	21 enero	11 marzo	01 mayo	21 junio	11 agosto	01 octubre								
					26/06	17/07	07/08	28/08	18/09	09/10	30/10	20/11	11/12	01/01	22/01	12/02	05/03	26/03	16/04	07/05	28/05	18/06
157	Traslado y montaje de tubería de acero de 6" y 10"	10 días	mié 28/06/17	mar 11/07/17																		
158	Biselado, Armado y Soldeo de tubería de acero	20 días	mié 05/07/17	lun 31/07/17																		
159	Prueba hidrostática de tubería de acero	3 días	mié 02/08/17	lun 07/08/17																		
160	Resane de pintura en juntas soldadas	5 días	lun 07/08/17	sáb 12/08/17																		
161	Montaje de tubería de acero - red troncal (GAV1-025 A GAV1-029)	36 días	mar 04/07/17	vie 18/08/17																		
162	Montaje de soportes para tubería aérea	4 días	mar 04/07/17	sáb 08/07/17																		
163	Traslado y montaje de tubería de acero de 10"	8 días	mar 11/07/17	jue 20/07/17																		
164	Biselado, armado y soldeo de tubería de acero	14 días	jue 20/07/17	mié 09/08/17																		
165	Prueba hidrostática de tubería de acero	3 días	vie 11/08/17	mar 15/08/17																		
166	Resane de pintura en juntas soldadas	3 días	mar 15/08/17	vie 18/08/17																		
167	Montaje de tubería de acero - red troncal (GAV1-029 A GAV1-033)	43 días	sáb 08/07/17	jue 31/08/17																		
168	Montaje de soportes para tubería aérea	3 días	sáb 08/07/17	mié 12/07/17																		
169	Traslado y montaje de tubería de acero de 10"	9 días	jue 20/07/17	mié 02/08/17																		
170	Biselado, armado y soldeo de tubería de acero	15 días	mié 02/08/17	lun 21/08/17																		
171	Prueba hidrostática de tubería de acero	3 días	mié 23/08/17	sáb 26/08/17																		
172	Resane de pintura en juntas soldadas	4 días	sáb 26/08/17	jue 31/08/17																		
173	Montaje Estanca 01 de SCI - (Tanques 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15 y 16)	77 días	mar 09/05/17	lun 14/08/17																		
174	Montaje soportes de manifold de SCI (MFD-001A)	2 días	mar 09/05/17	jue 11/05/17																		
175	Montaje de manifold de SCI (MFD-001A)	2 días	jue 11/05/17	sáb 13/05/17																		
176	Montaje de soportes de tubería seca (nivel de piso)	10 días	jue 11/05/17	mié 24/05/17																		
177	Montaje de tubería línea seca (nivel de piso). Tanque 6	6 días	mar 16/05/17	mié 24/05/17																		
178	Montaje de tubería línea seca (nivel de piso). Tanque 7	5 días	mié 24/05/17	mar 30/05/17																		
179	Montaje de tubería línea seca (nivel de piso). Tanque 8	5 días	mar 30/05/17	lun 05/06/17																		
180	Montaje de tubería línea seca (nivel de piso). Tanque 9	5 días	lun 05/06/17	sáb 10/06/17																		
181	Montaje de tubería línea seca (nivel de piso). Tanque 10	4 días	sáb 10/06/17	jue 15/06/17																		
182	Montaje de tubería línea seca (nivel de piso). Tanque 11	4 días	jue 15/06/17	mar 20/06/17																		
183	Montaje de tubería línea seca (nivel de piso). Tanque 15	4 días	mar 20/06/17	lun 26/06/17																		
184	Montaje de tubería línea seca (nivel de piso). Tanque 16	3 días	lun 26/06/17	vie 30/06/17																		
185	Montaje de soportes, anillo, montantes. Tanque 6	10 días	lun 22/05/17	vie 02/06/17																		
186	Montaje de soportes, anillo, montantes. Tanque 7	10 días	mar 30/05/17	sáb 10/06/17																		
187	Montaje de soportes, anillo, montantes. Tanque 8	10 días	mié 07/06/17	lun 19/06/17																		
188	Montaje de soportes, anillo, montantes. Tanque 9	10 días	jue 15/06/17	mié 28/06/17																		
189	Montaje de soportes, anillo, montantes. Tanque 10	10 días	vie 23/06/17	vie 07/07/17																		
190	Montaje de soportes, anillo, montantes. Tanque 11	10 días	mar 04/07/17	sáb 15/07/17																		
191	Montaje de soportes, anillo, montantes. Tanque 15	15 días	mié 12/07/17	mar 01/08/17																		
192	Montaje de soportes, anillo, montantes. Tanque 16	15 días	lun 24/07/17	lun 14/08/17																		
193	Montaje Estanca 02 de SCI - (Tanques 18 y 19)	40 días	jue 08/06/17	jue 27/07/17																		
194	Montaje de soportes de manifold de SCI - MFD-002A	2 días	jue 08/06/17	sáb 10/06/17																		
195	Montaje de manifold de SCI (MFD-002A)	4 días	sáb 10/06/17	jue 15/06/17																		
196	Montaje de soportes de tubería seca (nivel de piso)	7 días	sáb 10/06/17	lun 19/06/17																		
197	Montaje de tubería línea seca (nivel de piso). Tanque 18	10 días	jue 15/06/17	mié 28/06/17																		
198	Montaje de tubería línea seca (nivel de piso). Tanque 19	10 días	mié 28/06/17	mar 11/07/17																		
199	Montaje de soportes, anillo, montantes. Tanque 18	17 días	mar 20/06/17	mié 12/07/17																		
200	Montaje de soportes, anillo, montantes. Tanque 19	17 días	vie 07/07/17	jue 27/07/17																		
201	Montaje Estanca 03 de SCI - (Tanque 5)	26 días	sáb 22/07/17	vie 25/08/17																		
202	Montaje de soportes de manifold SCI (MFD-003A)	1 día	sáb 22/07/17	lun 24/07/17																		
203	Montaje de manifold de SCI (MFD-003A)	2 días	lun 24/07/17	mié 26/07/17																		
204	Montaje de soportes de tubería seca (nivel de piso)	6 días	jue 27/07/17	lun 07/08/17																		
205	Montaje de tubería línea seca (nivel de piso). Tanque 5	7 días	mié 02/08/17	vie 11/08/17																		
206	Montaje soportes, anillo, montantes. Tanque 5	15 días	mar 08/08/17	vie 25/08/17																		
207	Adecuación de Sala de Bombas	31 días	sáb 08/07/17	jue 17/08/17																		
208	Desmontaje de línea de succión existente de motobombas	3 días	sáb 08/07/17	mié 12/07/17																		



ANEXO 8.1.8. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	01 julio		21 agosto		11 octubre		01 diciembre		21 enero		11 marzo		01 mayo		21 junio		11 agosto		01 octubre	
					26/06	17/07	07/08	28/08	18/09	09/10	30/10	20/11	11/12	01/01	22/01	12/02	05/03	26/03	16/04	07/05	28/05	18/06	09/07	30/07
209	Desmontaje de manifold existente de motobombas	4 días	mié 12/07/17	jun 17/07/17																12/07	17/07			
210	Desmontaje de línea de descarga y retorno existentes	4 días	jun 17/07/17	vie 21/07/17																17/07	21/07			
211	Montaje de motobombas	4 días	vie 21/07/17	mié 26/07/17																21/07	26/07			
212	Montaje de línea de succión nuevo de motobombas	4 días	mié 26/07/17	mié 02/08/17																26/07	02/08			
213	Montaje de manifold nuevo de motobombas	4 días	mié 02/08/17	mar 08/08/17																02/08	08/08			
214	Montaje de línea de descarga y retorno nuevo	8 días	mar 08/08/17	jun 17/08/17																08/08	17/08			
215	Instalación de Válvulas, Hidrantes y Monitores	18 días	mié 26/07/17	sáb 19/08/17																26/07	19/08			
216	Instalación de válvulas	10 días	mié 26/07/17	jun 10/08/17																26/07	10/08			
217	Instalación de Monitores	8 días	mié 02/08/17	sáb 12/08/17																02/08	12/08			
218	Instalación de Hidrantes	6 días	sáb 12/08/17	sáb 19/08/17																12/08	19/08			
219	Trabajos de Electricidad	21 días	mié 26/07/17	mié 23/08/17																26/07	23/08			
220	Tendido de cables por ductos	16 días	mié 26/07/17	jun 17/08/17																26/07	17/08			
221	Conexionado de cables	5 días	jue 17/08/17	mié 23/08/17																17/08	23/08			
222	Trabajos de Instrumentación	9 días	jue 17/08/17	lun 28/08/17																17/08	28/08			
223	Tendido de cables de señal	4 días	jue 17/08/17	mar 22/08/17																17/08	22/08			
224	Conexionado de cables	3 días	mar 22/08/17	vie 25/08/17																22/08	25/08			
225	Configuración de instrumentos	2 días	vie 25/08/17	lun 28/08/17																25/08	28/08			
226	PRUEBAS	27 días	mié 02/08/17	lun 04/09/17																02/08	04/09			
227	Pruebas Hidrostáticas en red seca de piso - Estanca 01	8 días	lun 14/08/17	mié 23/08/17																14/08	23/08			
228	Prueba de operatividad de rociadores - Estanca 01	5 días	mié 23/08/17	mar 29/08/17																23/08	29/08			
229	Pruebas Hidrostáticas en red seca de piso - Estanca 02	3 días	mié 02/08/17	lun 07/08/17																02/08	07/08			
230	Prueba de operatividad de rociadores - Estanca 02	3 días	lun 07/08/17	jun 10/08/17																07/08	10/08			
231	Pruebas Hidrostáticas en red seca de piso - Estanca 03	3 días	mar 29/08/17	vie 01/09/17																29/08	01/09			
232	Prueba de operatividad de rociadores - Estanca 03	2 días	vie 01/09/17	jun 04/09/17																01/09	04/09			
233	PUESTA EN MARCHA	3 días	lun 04/09/17	jun 07/09/17																04/09	07/09			
234	Puesta en marcha de SCI	3 días	lun 04/09/17	jun 07/09/17																04/09	07/09			
235	FIN DE PROYECTO	0 días	jue 07/09/17	jun 07/09/17																	07/09			

## ANEXO 8.1.9. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE MATERIALES PARA TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Temperatura (°C)	< 52	Temperatura (°F)	< 125
Máxima presión (kg/cm <sup>2</sup> )	20	Máxima presión (psi)	285

<b>Material</b>		<b>Brida</b>	Clase 150
<b>Tubería / Accesorios:</b>	Acero al carbono / Hierro dúctil por UL/FM	<b>Corrosión</b>	1.5 mm
<b>Válvulas:</b>	Listada UL y aprobada FM	<b>Norma</b>	NFPA 24 / ASME B31.3

<b>Recubrimiento interior / espesor</b>	Galv. caliente / 75µm (mínimo)
<b>Recubrimiento exterior / espesor</b>	Galvanizado por inmersión en caliente (según ASTM A153) / 75µm (mínimo) Pintado según estándar BS-003 de Oiltanking y CT-E110-032 de Consorcio Terminales (ver notas 32 y 33)

**Servicio** Agua contra incendio con agua de mar (aérea); agua de enfriamiento (red aérea seca); sistema de espuma (aérea)

COMPONENTES DE TUBERÍAS							CS1
ÍTEM	NPS	CÉDULA (Identificación)	CLASIFICACIÓN DE PRESIÓN	EXTREMOS	ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL	ESTÁNDAR DIMENSIONAL	NOTAS
<b>TUBERÍA</b>							
Tubería	½" - 1½"	80. (Extra fuerte)		THRD (NPT)	ASTM A53 Gr. B Type S Galv. Caliente	ASME B36.10M	(4) (5)
Tubería	2"	80 (Extra fuerte)		GE	ASTM A53 Gr. B Type S Galv. Caliente	ASME B36.10M	(5) (6)
Tubería	2½" - 12"	Estándar		GE	ASTM A53 Gr. B Type S Galv. Caliente	ASME B36.10M	(5) (6)
<b>NIPLE</b>							
NIPLE	½" - 2"	80 (Extra fuerte)		TBE (NPT)	ASTM A53 Gr. B Type S Galv. Caliente	ASME B36.10M	(4)
NIPLE	½" - 2"	80 (Extra fuerte)		GE x TOE (NPT)	ASTM A53 Gr. B Type S Galv. Caliente	ASME B36.10M	(4) (6)
<b>ACCESORIOS</b>							
Codo 90°	½" - 2"		Clase 3000	THRD (NPT)	ASTM A105 Galv. Caliente	ASME B16.11	(4) (8)
Codo 45° Radio Largo	2" - 12"	Estándar del fabricante		GE	ASTM A536 Gr. 65-45-12 Galv. Caliente	Estándar del fabricante	(6) (24)
Codo 90° Radio Largo	2" - 12"	Estándar del fabricante		GE	ASTM A536 Gr. 65-45-12 Galv. Caliente	Estándar del fabricante	(6) (25)
Te recta	2" - 12"	Estándar del fabricante		GE	ASTM A536 Gr. 65-45-12 Galv. Caliente	Estándar del fabricante	(6) (26)
Te reductora	2½" - 12"	Estándar del fabricante		GE	ASTM A536 Gr. 65-45-12 Galv. Caliente	Estándar del fabricante	(6) (27)
Reductor concéntrico	2½" - 12"	Estándar del fabricante		GE	ASTM A536 Gr. 65-45-12 Galv. Caliente	Estándar del fabricante	(6) (28)
Reductor excéntrico	2½" - 6"	Estándar del fabricante		GE	ASTM A536 Gr. 65-45-12 Galv. Caliente	Estándar del fabricante	(6) (29)

## ANEXO 8.1.9. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE MATERIALES PARA TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Temperatura (°C)	< 52	Temperatura (°F)	< 125
Máxima presión (kg/cm <sup>2</sup> )	20	Máxima presión (psi)	285
<b>Material</b>		<b>Brida</b>	Clase 150
<b>Tubería / Accesorios:</b>	Acero al carbono / Hierro dúctil por UL/FM	<b>Corrosión</b>	1.5 mm
<b>Válvulas:</b>	Listada UL y aprobada FM	<b>Norma</b>	NFPA 24 / ASME B31.3
<b>Recubrimiento interior / espesor</b>	Galv. caliente / 75µm (mínimo)		
<b>Recubrimiento exterior / espesor</b>	Galvanizado por inmersión en caliente (según ASTM A153) / 75µm (mínimo)		
	Pintado según estándar BS-003 de Oiltanking y CT-EI10-032 de Consorcio Terminales (ver notas 32 y 33)		
<b>Servicio</b>	Agua contra incendio con agua de mar (aérea); agua de enfriamiento (red aérea seca); sistema de espuma (aérea)		

COMPONENTES DE TUBERÍAS							CS1
ÍTEM	NPS	CÉDULA (Identificación)	CLASIFICACIÓN DE PRESIÓN	EXTREMOS	ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL	ESTÁNDAR DIMENSIONAL	NOTAS
Reductor excéntrico	8" - 12"	Estándar del fabricante		GE	ASTM A53 Gr. B Galv. Caliente	Estándar del fabricante	(6) (9) (10) (29)
Tapón (cap)	1/2" - 2"		Clase 3000	THRD (NPT)	ASTM A105 Galv. Caliente	ASME B16.11	(4) (17)
Tapón (cap)	2" - 12"	Estándar del fabricante		GE	ASTM A536 Gr. 65-45-12 Galv. Caliente	Estándar del fabricante	(6) (30)
Acople rígido	2" - 8"		365 PSI		ASTM A536 Gr. 65-45-12	Estándar del fabricante	(31)
Acople rígido	10" / 12"		500 PSI / 400 PSI		ASTM A536 Gr. 65-45-12	Estándar del fabricante	(32)
Acople flexible	2" - 4"		500 PSI		ASTM A536 Gr. 65-45-12	Estándar del fabricante	(33)
Acople flexible	6" - 8"		450 PSI		ASTM A536 Gr. 65-45-12	Estándar del fabricante	(33)
Acople flexible	10" - 12"		800 PSI		ASTM A536 Gr. 65-45-12	Estándar del fabricante	(34)
<b>BRIDA</b>							
Adaptador de brida a ranura	2" - 12"		Clase 125	FF	ASTM A536 Gr. 65-45-12	Compatible con ASME B16.1	(11) (35)
<b>OLETS</b>							
Threadolet	1/2" - 2"		Clase 3000	THRD (NPT)	ASTM A105	MSS SP-97	(4) (7) (12)
<b>EMPAQUETADURA</b>							
Empaquetadura	2" - 12"		Clase 150	1/8" Full face	Libre de Asbesto EPDM	ASME B16.21	(11)
Empaquetadura	2" - 12"		Clase 150	1/8" Flat ring	Libre de Asbesto EPDM	ASME B16.21	(13)
<b>ESPÁRRAGO</b>							
Espárrago / tuerca	5/8" - 7/8"			THRD	ASTM A193 Gr. B7 / A194 Gr. 2H Tropicalizado o similar	ASME B16.5	(3)

## ANEXO 8.1.9. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE MATERIALES PARA TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Temperatura (°C)	< 52	Temperatura (°F)	< 125
Máxima presión (kg/cm <sup>2</sup> )	20	Máxima presión (psi)	285

Material		Brida	Clase 150
Tubería / Accesorios:	Acero al carbono / Hierro dúctil por UL/FM	Corrosión	1.5 mm
Válvulas:	Listada UL y aprobada FM	Norma	NFPA 24 / ASME B31.3

**Recubrimiento interior / espesor** Galv. caliente / 75µm (mínimo)

**Recubrimiento exterior / espesor** Galvanizado por inmersión en caliente (según ASTM A153) / 75µm (mínimo)  
 Pintado según estándar BS-003 de Oiltanking y CT-EI10-032 de Consorcio Terminales (ver notas 32 y 33)

**Servicio** Agua contra incendio con agua de mar (aérea); agua de enfriamiento (red aérea seca); sistema de espuma (aérea)

VÁLVULAS								CS1
TIPO	TAMAÑO NOMINAL	CÓDIGO DE PRODUCTO	CLASIFICACIÓN DE PRESIÓN	EXTREMOS	ESPECIF. MATERIAL	ACC.	ESTÁNDAR DIMENSIONAL	NOTAS
<b>BOLA</b>								
Paso total	1/2" - 1"	BAV1	300 psi WWP	Roscados (NPT x NPT)	ASTM B584 (Bronce)	L	Estándar del fabricante	(14) (36)
Paso regular	1 1/2" - 2"	BAV2	300 psi WWP	Roscados (NPT x NPT)	ASTM B584 (Bronce)	L	Estándar del fabricante	(14) (37)
<b>COMPUERTA</b>								
Vástago ascendente (OS&Y)	2" - 12"	GAV1	300 psi WWP	Bridados FF para ASME B16.1 clase 125	ASTM A536 (Hierro dúctil)	H	AWWA C515/ ASME B16.10	(38)

**REFERENCIAS:**

ACC: Tipo de accionamiento  
 L: Con palanca manual

H: Con volante





## ANEXO 8.1.9. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE MATERIALES PARA TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Temperatura (°C)	< 52	Temperatura (°F)	< 125
Máxima presión (kg/cm <sup>2</sup> )	14	Máxima presión (psi)	200

Material		Brida	Clase 150
Tubería y accesorios:	Acero al carbono	Corrosión	1.5 mm
Válvulas:	Listada UL y aprobada FM	Norma	NFPA 24 / ASME B31.3

**Recubrimiento interior / espesor**                      Galv. caliente / 75µm (mínimo)

**Recubrimiento exterior / espesor**                      Galvanizado por inmersión en caliente (según ASTM A153) / 75µm (mínimo)

Pintado según estándar BS-003 de Oiltanking y CT-EI10-032 de Consorcio Terminales  
(ver notas 32 y 33)

**Servicio**                      Agua contra incendio con agua de mar (aérea); agua de enfriamiento (red aérea seca); sistema de espuma (aérea)

COMPONENTES DE TUBERÍAS							CS3
ÍTEM	TAMAÑO NOMINAL	CÉDULA (Identificación)	CLASIFICACIÓN DE PRESIÓN	EXTREMOS	ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL	ESTÁNDAR DIMENSIONAL	NOTAS
Cople	½" - 1½"		Clase 3000	THRD (NPT)	ASTM A105 Galv. Caliente	ASME B16.11	(4)
Cople reductor	½" - 1½"		Clase 3000	THRD (NPT)	ASTM A105 Galv. Caliente	ASME B16.11	(4)
Unión	½" - 1½"		Clase 3000	THRD (NPT)	ASTM A105 Galv. Caliente	MSS SP-83	(4)
<b>BRIDA</b>							
Roscada	½" - 1½"		Clase 150	RF	ASTM A105 Galv. Caliente	ASME B16.5	(18)
Slip on (SO)	2" - 24"		Clase 150	RF	ASTM A105 Galv. Caliente	ASME B16.5	(18) (19)
Ciega	½" - 24"		Clase 150	RF	ASTM A105 Galv. Caliente	ASME B16.5	(18) (19)
<b>OLETS</b>							
Threadolet	1/2" - 1½"		Clase 3000	THRD (NPT)	ASTM A105 Galv. Caliente	MSS SP-97	(4) (7) (12)
Weldolet	2" - 4"	Estándar		BW	ASTM A105 Galv. Caliente	MSS SP-97	(7) (12) (15) (16)
<b>EMPAQUETADURA</b>							
Empaquetadura	1/2" - 24"		Clase 150	1/8" Full face	Libre de Asbesto EPDM	ASME B16.21	(20)
Empaquetadura	1/2" - 24"		Clase 150	1/8" Flat ring	Libre de Asbesto EPDM	ASME B16.21	(13)
<b>ESPÁRRAGO</b>							
Espárrago / tuerca	1/2" - 1 1/4"			THRD	ASTM A193 Gr. B7 / A194 Gr. 2H Tropicalizado o similar	ASME B16.5	(3)

## ANEXO 8.1.9. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE MATERIALES PARA TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Temperatura (°C)	< 52	Temperatura (°F)	< 125
Máxima presión (kg/cm <sup>2</sup> )	14	Máxima presión (psi)	200

<b>Material</b>	<b>Brida</b>	Clase 150	
<b>Tubería y accesorios:</b>	Acero al carbono	<b>Corrosión</b>	1.5 mm
<b>Válvulas:</b>	Listada UL y aprobada FM	<b>Norma</b>	NFPA 24 / ASME B31.3

**Recubrimiento interior / espesor** Galv. caliente / 75µm (mínimo)

**Recubrimiento exterior / espesor** Galvanizado por inmersión en caliente (según ASTM A153) / 75µm (mínimo)

Pintado según estándar BS-003 de Oiltanking y CT-EI10-032 de Consorcio Terminales (ver notas 32 y 33)

**Servicio** Agua contra incendio con agua de mar (aérea); agua de enfriamiento (red aérea seca); sistema de espuma (aérea)

VÁLVULAS								CS3
TIPO	TAMAÑO NOMINAL	CÓDIGO DEL PRODUCTO	CLASIFICACIÓN DE PRESIÓN	EXTREMOS	ESPECIF. MATERIAL	ACC.	ESTÁNDAR DIMENSIONAL	NOTAS
<b>BOLA</b>								
Paso total	1/2" - 1"	BAV1	300 psi WWP	Roscados (NPT x NPT)	ASTM B584 (Bronce)	L	Estándar del fabricante	(14) (36)
Paso regular	1 1/2" - 2"	BAV2	300 psi WWP	Roscados (NPT x NPT)	ASTM B584 (Bronce)	L	Estándar del fabricante	(14) (37)
<b>COMPUERTA</b>								
Vástago ascendente (OS&Y)	2" - 12"	GAV1	300 psi WWP	Bridados FF para ASME B16.1 clase 125	ASTM A536 (Hierro dúctil)	H	AWWA C515/ ASME B16.10	(38)
<b>MARIPOSA</b>								
Wafer	2 1/2" - 10"	BUV	250 psi WWP	Para unir con brida FF ASME 16.5 Clase 150	ASTM A536 (Hierro dúctil)	G	MSS SP-67/ API 609	(21) (39)
<b>RETENCIÓN</b>								
Clapeta (Swing check)	1/2" - 2"	CHV1	200 psi WWP	Roscados (NPT x NPT)	ASTM B62 (Bronce)		Estándar del fabricante	(40)
Doble plato tipo wafer (Duo check)	3" - 12"	CHV3	250 psi WWP	Para unir con brida FF ASME B16.5 clase 150	ASTM A536 (Hierro dúctil)		AWWA C518/ API 594	(22) (41)
De subida con Clapeta (Riser swing)	3" - 6"	CHV5	250 psi MWP	Para unir con brida FF ASME B16.5 clase 150	ASTM A536 (Hierro dúctil)		Estándar del fabricante	(23) (42)
<b>ANGULAR</b>								
	2 1/2"	ANV	300 psi MWP	Roscados FNTP x NH con tapa y cadena	ASTM B62 (Bronce)	H	MSS SP-80	(43)

**REFERENCIAS:**

ACC: Tipo de accionamiento	L: Con palanca manual
H: Con volante	G: Con volante y reductor de engranajes

**ANEXO 8.1.10**

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE PINTURA**

**ANEXO 8.1.12. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE PINTURA**

**TABLA DE SISTEMA DE PINTURA – RESUMEN**

A continuación, se muestra en tabla los sistemas de pintura a emplear en el proyecto.

**TABLA N° 8.1.12 – 1: SISTEMA DE PINTURA**

	PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	RUGOSIDAD	PRIMERA CAPA (Espesor)	CAPA INTERMEDIA (Espesor)	CAPA FINAL (Espesor)	TOTAL (Espesor mínimo)
TANQUES - EXTERIOR	SSPC-SP10 (SA 2 ½)	2.5 - 3.5 mils	Silicato inorgánico de zinc, gris metálico (3 mils)	Epóxico, gris RAL 7004 (5 mils)	Poliuretano, rojo RAL 3000 (2 mils)	10 mils
TANQUES - EXTERIOR (Reparación)	SSPC-WJ-1,2,3,4 ó SSPC-SP 14	2.5 - 3.5 mils	Epóxico, (3 mils)	Epóxico, gris RAL 7004 (3 mils)	Poliuretano, rojo RAL 3000 (2 mils)	8 mils
TUBERÍA DE A/C CONTRA INCENDIO (SISTEMA DE AGUA)	SSPC-SP10 (SA 2 ½)	2.5 - 3.5 mils	Silicato inorgánico de zinc, gris metálico (3 mils)	Epóxico, gris RAL 7004 (5 mils)	Poliuretano, rojo RAL 3000 (2 mils)	10 mils
TUBERÍA DE A/C (Reparación) CONTRA INCENDIO (SISTEMA DE AGUA)	SSPC-WJ-1,2,3,4 ó SSPC-SP 14	2.5 - 3.5 mils	Retoque con epóxico, (3 mils)	Epóxico, gris RAL 7004 (3 mils)	Poliuretano, rojo RAL 3000 (2 mils)	8 mils
TUBERÍA DE A/C GALVANIZADO CONTRA INCENDIO (SISTEMA DE ENFRIAMIENTO)	SSPC-SP 16 ó SSPC-SP 1/SP 2	0.75 mils	Primer adherente a galvanizado (1 mils)	Epóxico, gris RAL 7004 (5 mils)	Poliuretano, rojo RAL 3000 (2 mils)	8 mils (a)
BARANDAS Y PASAMANOS	SSPC-SP10 (SA 2 ½)	2.5 - 3.5 mils	Silicato inorgánico de zinc, gris metálico (3 mils)	Epóxico, gris RAL 7004 (5 mils)	Poliuretano, amarillo tráfico RAL 1023 (2 mils)	10 mils
BARANDAS Y PASAMANOS (Reparación)	SSPC-WJ-1,2,3,4 ó SSPC-SP 14	2.0 - 3.5 mils	Retoque con epóxico, (3 mils)	Epóxico, gris RAL 7004 (3 mils)	Poliuretano, amarillo tráfico RAL 1023 (2 mils)	8 mils
ESTRUCTURAS METÁLICAS (PLATAFORMA, ESCALERA, SOPORTES)	SSPC-SP10 (SA 2 ½)	2.5 - 3.5 mils	Silicato inorgánico de zinc, gris metálico (3 mils)	Epóxico, gris RAL 7004 (5 mils)	Poliuretano, negro RAL 9004 (2 mils)	10 mils
ESTRUCTURAS METÁLICAS (Reparación)	SSPC-WJ-1,2,3,4 ó SSPC-SP 14	2.0 - 3.5 mils	Retoque con epóxico, (3 mils)	Epóxico, gris RAL 7004 (3 mils)	Poliuretano, negro RAL 9004 (2 mils)	8 mils
BOMBAS Y MOTORES SUMINISTRADOS (Retoques)	SSPC-SP 2/SP 3	0.5 – 0.75 mils	Epóxico, gris RAL 7004 (3 mils)	Epóxico, gris RAL 7004 (2 mils)	Poliuretano, rojo RAL 3000 (3 mils)	8 mils
VÁLVULAS (Retoques)	SSPC-SP 2/SP 3	0.5 - 0.75 mils	Epóxico, gris RAL 7004 (3 mils)	Epóxico, gris RAL 7004 (3 mils)	Poliuretano, rojo RAL 3000 (2 mils)	8 mils

(a) El galvanizado da una protección de 2 – 3 mils. Espesor total: 10 – 11 mils.

## ANEXO 8.1.12. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE PINTURA

### COLORES DE ACABADO

Los esquemas de colores a emplear serán los indicados en el estándar de Oiltanking "GS-001 Safety Colour Code – General Specification".

### COLORES PARA LÍNEAS

TABLA N° 8.1.12 – 2: COLOR PARA LÍNEA

FLUIDO	COLOR
Agua Fresca Para SCI	RAL 3000
Solución de Espuma	RAL 1023
Concentrado de Espuma	RAL 1023
Línea de combustible (a)	RAL 9010 / 8001



(Referencia: Estándar de Oiltanking GS-001 Safety Colour Code, ítem 3)

- a) Las líneas de combustible deben ser pintadas de color blanco con bandas marrón dorado.

El ancho de la banda de color depende del diámetro de la línea; esto conforme al estándar de Oiltanking GS-001 Safety Colour Code, ítem 2.4:

- Línea de diámetro menor a 6": 75 mm (3 pulg.)

### COLORES PARA ELEMENTOS Y EQUIPOS

TABLA N° 8.1.12 – 3: COLOR PARA ELEMENTOS Y EQUIPOS

ELEMENTO O EQUIPO	COLOR RAL
Tanques para Sci (Cilindro Y Techo)	RAL 3000
Estructura (Plataformas, Escaleras, Soportes)	RAL 9004
Barandas y Pasamanos	RAL 1023
Bombas para SCI	RAL 3000
Instrumentación – Soportes de Instrumentación, etc	RAL 5012

**PLANO 8.2.1**

**ARREGLO GENERAL**



**PLANO 8.2.2**

**RADIACIÓN TÉRMICA**



**PLANO 8.2.3**

**P&ID SISTEMA DE ENFRIAMIENTO**





