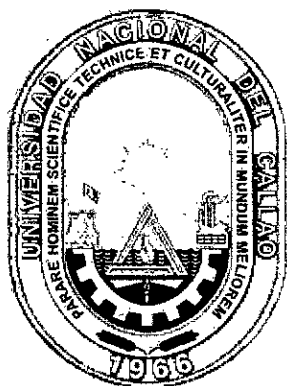


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO HIDRÁULICO DE UN SISTEMA  
CONTRA INCENDIO DE 2000 GPM PARA  
PROPORCIONAR SEGURIDAD EN EL PATIO DE  
TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE OPDH  
DEL DIQUE B DE LA PLANTA SANTO DOMINGO  
S.A.C. LIMA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**CARLOS ENRIQUE PÉREZ PÉREZ**

Callao, noviembre, 2017  
PERÚ

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el auditorio Ausberto Rojas Saldaña de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, sito Av. Juan Pablo II N° 306, Bellavista - Callao, siendo las 19.00 hrs. del día jueves 07 de diciembre de 2017, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador del II Ciclo de Tesis -Titulación por la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis- de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao.

- Dr. Ing. Félix Alfredo Guerrero Roldán : Presidente
- Dr. Ing. Oscar Teodoro Tacza Casallo : Secretario
- Dr. Ing. Napoleón Jáuregui Nongrados : Vocal

Designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 147-2017-CF-FIME de fecha 20 de noviembre de 2017 y Resolución Decanal N° 046-2017-D-FIME a fin de proceder al acto de evaluación de la Tesis titulada: "**DISEÑO HIDRAULICO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIO DE 2000 GPM PARA PROPORCIONAR SEGURIDAD EN EL PATIO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE OPOH DEL DIQUE B DE LA PLANTA SANTO DOMINGO S.A.C. LIMA**", presentada por el señor Bachiller **PÉREZ PÉREZ CARLOS ENRIQUE**.

Contando con la presencia del Supervisor General, Decano de la Facultad de Ciencias Contables Dr. CPC Roger Peña Huamán, Supervisor de la FIME, Dr. José Hugo Tezen Campos y el representante de la Comisión de Grados y Títulos Eco. Guillermo Alonso Gallarday Morales.

A continuación, se dio inicio a la sustentación de la Tesis de acuerdo a lo normado en los numerales del 10.1 al 10.4 del capítulo X de la Directiva para la Titulación Profesional por la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis en la Universidad Nacional del Callao, aprobada por Resolución Rectoral N° 754-2013-R del 21 de agosto de 2013, modificada por la Resolución Rectoral N° 777-2013-R de fecha 29 de agosto de 2013 y la Resolución Rectoral N° 281-2014-R del 14 de abril de 2014 con la que se modifica el Art. 4.5 del capítulo IV de la organización del Ciclo de Tesis, así como lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 135-2017-CU de fecha 22 de junio de 2017.

Culminado el acto de sustentación, los señores miembros del Jurado Evaluador procedieron a formular las preguntas al indicado bachiller, las mismas que fueron absueltas satisfactoriamente.

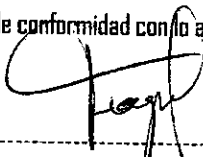
Luego de un cuarto de intermedio, para la deliberación en privado del Jurado respecto a la evaluación de la Tesis, se acordó: calificar la tesis sustentada por el señor bachiller **PÉREZ PÉREZ CARLOS ENRIQUE** para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico por la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se indica:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
14 (CATORCE)	BUENO

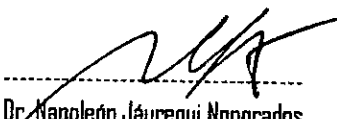
Finalmente, se procedió a leer en público el acta de sustentación.

Siendo las 7:30 pm. del día jueves siete de diciembre del dos mil diecisiete, el señor Presidente del Jurado Evaluador dio por concluido el acto de sustentación de Tesis.

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

  
-----  
Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán  
Presidente

  
-----  
Dr. Oscar Teodoro Tacza Casallo  
Secretario

  
-----  
Dr. Napoleón Jáuregui Nongrados  
Vocal

## **DEDICATORIA**

A mi familia, que fueron las personas que siempre me apoyaron para lograr las metas que me he trazado, el respaldo que siempre tuve para no decaer en mis esfuerzos ante circunstancias difíciles, aquellas personas que me inculcaron los valores y la formación que hoy tengo.

**Carlos.**

## ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
RESUMEN.....	15
ABSTRACT .....	16
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.1 Identificación del Problema.....	17
1.2 Formulación del Problema .....	18
1.3 Objetivos de la investigación .....	19
1.4 Justificación.....	20
1.5 Importancia.....	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 Antecedentes de Estudio .....	23
2.2 Marco conceptual .....	29
2.3 Definición de términos básicos .....	52
2.4 Normatividad .....	54

<b>CAPÍTULO III: VARIABLES E HIPÓTESIS .....</b>	<b>56</b>
<b>3.1 Variables de la investigación .....</b>	<b>56</b>
<b>3.2 Operacionalización de variables .....</b>	<b>56</b>
<b>3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas .....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA .....</b>	<b>59</b>
<b>4.1 Tipo de investigación .....</b>	<b>59</b>
<b>4.2 Diseño de la investigación .....</b>	<b>60</b>
<b>4.3 Población y muestra .....</b>	<b>121</b>
<b>4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>122</b>
<b>4.5 Procedimientos de recolección de datos.....</b>	<b>125</b>
<b>4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos .....</b>	<b>126</b>
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS .....</b>	<b>127</b>
<b>5.1 Resultados de la etapa 1 .....</b>	<b>127</b>
<b>5.2 Resultados de la etapa 2 .....</b>	<b>129</b>
<b>5.3 Resultados de la etapa 3 .....</b>	<b>131</b>
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>137</b>
<b>6.1 Contratación de hipótesis con los resultados.....</b>	<b>137</b>

6.2 Contratación de resultados con otros estudios similares.....	144
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES .....	146
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES.....	149
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	152
ANEXOS .....	156
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	157
ANEXO N° 02: REPORTES DE SIMULACIÓN DE INCENDIOS - ESTUDIO DE RIESGOS DE LA PLANTA .....	159
ANEXO N° 03: HOJAS DE SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS ALMACENADOS .....	160
ANEXO N° 04: FICHA DE OBSERVACIÓN DE VISITA A PLANTA.....	161
ANEXO N° 05: PLANO DE ARREGLO GENERAL - DIQUE B DE LA PLANTA SANTO DOMINGO S.A.C. ....	162
ANEXO N° 06: PLANO: RADIOS DE AFECTACIÓN A PERSONAS.....	163
ANEXO N° 07: PLANO: RADIOS DE AFECTACIÓN A EQUIPOS .....	164
ANEXO N° 08: PLANOS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO.....	165

<b>ANEXO N° 09: FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS</b>	
<b>PRINCIPALES .....</b>	<b>.....166</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA N° 2.1: TRIÁNGULO DEL FUEGO .....	31
FIGURA N° 2.2: TETRAEDRO DEL FUEGO .....	31
FIGURA N° 2.3: CLASIFICACIÓN DE INCENDIOS .....	33
FIGURA N° 2.4: ENERGÍA HIDRÁULICA DEL FLUIDO EN UNA BOMBA.....	45
FIGURA N° 2.5: FLUJO VOLUMÉTRICO.....	47
FIGURA N° 4.1: RADIOS DE AFECTACIÓN POR RADIACIÓN TÉRMICA, A NIVEL DE FUEGO - INCENDIO EN TANQUE TK-307.....	67
FIGURA N° 4.2: RADIOS DE AFECTACIÓN POR RADIACIÓN TÉRMICA, A NIVEL DE PISO - INCENDIO EN TANQUE TK-307 .....	68
FIGURA N° 4.3: PROYECCIÓN DE RADIO DE AFECTACIÓN DE 12.5 kW/m <sup>2</sup> , POR INCENDIO EN TK-307, SOBRE ARREGLO GENERAL .....	69
FIGURA N° 4.4: PROYECCIÓN DE RADIO DE AFECTACIÓN DE 5.0 kW/m <sup>2</sup> , POR INCENDIO EN TK-307, SOBRE ARREGLO GENERAL .....	70
FIGURA N° 4.5: DISPOSICIÓN DE ANILLOS DE ENFRIAMIENTO UTILIZADA EN CADA TANQUE.....	77



<b>FIGURA N° 4.6: DISPOSICIÓN DE ANILLOS DE ENFRIAMIENTO Y RADIACIÓN TÉRMICA POR INCENDIO EN TK-307 .....</b>	<b>77</b>
<b>FIGURA N° 4.7: CONFIGURACIONES EVALUADAS PARA LA ELECCIÓN DE LA DISPOSICIÓN DE ANILLOS DE ENFRIAMIENTO EN CADA TANQUE.....</b>	<b>79</b>
<b>FIGURA N° 4.8: ARREGLO ESQUEMÁTICO DE LA RED DE SOLUCIÓN AGUA-ESPUMA .....</b>	<b>96</b>
<b>FIGURA N° 4.9: ARREGLO ESQUEMÁTICO DE ASPERSORES EN EL TOROIDE DE TANQUE TK-307 .....</b>	<b>104</b>
<b>FIGURA N° 4.10: ARREGLO ESQUEMÁTICO DE TUBERÍAS DE ALIMENTACIÓN A TOROIDES DE ENFRIAMIENTO.....</b>	<b>108</b>
<b>FIGURA N° 4.11: ESQUEMA DE LA RED DE AGUA CONTRA INCENDIO .....</b>	<b>115</b>
<b>FIGURA N° 4.12: CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA CONTRA INCENDIO SELECCIONADA .....</b>	<b>120</b>
<b>FIGURA N° 5.1: RADIOS DE AFECTACIÓN A EQUIPOS .....</b>	<b>128</b>
<b>FIGURA N° 5.2: RADIOS DE AFECTACIÓN A PERSONAS.....</b>	<b>128</b>
<b>FIGURA N° 5.3: DISPOSICIÓN DE ANILLOS DE ENFRIAMIENTO UTILIZADA EN CADA TANQUE.....</b>	<b>130</b>

**FIGURA N° 5.4: CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA  
PRINCIPAL CONTRA INCENDIO SELECCIONADA .....136**

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA N° 2.1: CLASIFICACIÓN DE LÍQUIDOS INFLAMABLES .....	29
TABLA N° 2.2: CLASIFICACIÓN DE LÍQUIDOS COMBUSTIBLES .....	30
TABLA N° 2.3: CLASIFICACIÓN DE INCENDIOS .....	32
TABLA N° 2.4: PARÁMETROS ASOCIADOS A CADA ESCENARIO DE RIESGO .....	35
TABLA N° 2.5: VALOR UMBRAL DE RADIACIÓN TÉRMICA QUE CAUSA DAÑOS EN PERSONAS .....	36
TABLA N° 2.6: VALOR UMBRAL DE RADIACIÓN TÉRMICA QUE CAUSA DAÑOS EN EQUIPOS .....	36
TABLA N° 2.7: VALOR UMBRAL DE RADIACIÓN TÉRMICA QUE CAUSA COLAPSO DE ESTRUCTURAS .....	36
TABLA N° 2.8: AGENTES EXTINTORES SEGÚN CLASE DE FUEGO A COMBATIR .....	43
TABLA N° 2.9: LONGITUD EQUIVALENTE DE VÁLVULAS Y ACCESORIOS .....	32
TABLA N° 2.10: COEFICIENTES DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN .....	32
TABLA N° 3.1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	57

<b>TABLA N° 4.1: CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO .....</b>	<b>62</b>
<b>TABLA N° 4.2: CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS ALMACENADOS.....</b>	<b>63</b>
<b>TABLA N° 4.3: REGÍMENES Y TIEMPOS DE APLICACIÓN DE AGUA DE ENFRIAMIENTO .....</b>	<b>64</b>
<b>TABLA N° 4.4: REGÍMENES DE APLICACIÓN DE ESPUMA CONTRA INCENDIO MEDIANTE CÁMARA FIJA .....</b>	<b>64</b>
<b>TABLA N° 4.5: TIEMPO DE APLICACIÓN DE ESPUMA CONTRA INCENDIO MEDIANTE CÁMARA FIJA .....</b>	<b>65</b>
<b>TABLA N° 4.6: LISTADO DE ESCENARIOS DE INCENDIO.....</b>	<b>66</b>
<b>TABLA N° 4.7: GRADO DE AFECTACIÓN SOBRE LOS TANQUES POR CADA ESCENARIO DE INCENDIO .....</b>	<b>71</b>
<b>TABLA N° 4.8: NIVEL DE PROTECCIÓN SOBRE LAS INSTALACIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>TABLA N° 4.9: CAUDAL DE AGUA DE ENFRIAMIENTO DE SUPERFICIE LATERAL Y TECHO DE CADA TANQUE.....</b>	<b>76</b>
<b>TABLA N° 4.10: CAUDAL DE AGUA DE ENFRIAMIENTO POR CADA ESCENARIO ANALIZADO .....</b>	<b>81</b>

<b>TABLA N° 4.11: CAUDAL MÍNIMO REQUERIDO DE AGUA Y ESPUMA CONTRA INCENDIO POR CADA ESCENARIO ANALIZADO.....</b>	<b>83</b>
<b>TABLA N° 4.12: CANTIDAD DE CONCENTRADO DE ESPUMA CONTRA INCENDIO REQUERIDO POR CADA ESCENARIO ANALIZADO .....</b>	<b>88</b>
<b>TABLA N° 4.13: DEMANDA DE AGUA CONTRA INCENDIO POR CADA ESCENARIO ANALIZADO .....</b>	<b>89</b>
<b>TABLA N° 4.14: NOMENCLATURA PARA CÁLCULOS HIDRÁULICOS</b>	<b>91</b>
<b>TABLA N° 4.15: CANTIDAD DE CÁMARAS DE ESPUMA SELECCIONADA .....</b>	<b>92</b>
<b>TABLA N° 4.16: CARACTERÍSTICAS DE TANQUE BLADDER EXISTENTE.....</b>	<b>93</b>
<b>TABLA N° 4.17: CARACTERÍSTICAS DE PROPORCIONADOR DE ESPUMA EXISTENTE.....</b>	<b>93</b>
<b>TABLA N° 4.18: CARACTERÍSTICAS DE PROPORCIONADORES DISPONIBLES MARCA ANSUL.....</b>	<b>94</b>
<b>TABLA N° 4.19: CARACTERÍSTICAS DE PROPORCIONADOR SELECCIONADO .....</b>	<b>94</b>
<b>TABLA N° 4.20: PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TRAMO C-B.....</b>	<b>96</b>

<b>TABLA N° 4.21: COMPARATIVO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN VS DIÁMETRO NOMINAL EN TRAMO B-A.....</b>	<b>97</b>
<b>TABLA N° 4.22: CARACTERÍSTICAS DE CÁMARAS DE ESPUMA DISPONIBLES EN MARCA ANSUL .....</b>	<b>99</b>
<b>TABLA N° 4.23: DIAMETRO NOMINAL DE TUBERÍAS Y MODELO DE CÁMARA DE ESPUMA SELECCIONADO.....</b>	<b>99</b>
<b>TABLA N° 4.24: COMPARATIVO DE SEPARACIÓN DE ASPERSORES VS CANTIDAD .....</b>	<b>101</b>
<b>TABLA N° 4.25: COMPARATIVO DE PRESIÓN VS FACTOR K.....</b>	<b>102</b>
<b>TABLA N° 4.26: PARÁMETROS MÍNIMOS DE OPERACIÓN DE ASPERSORES EN EL TANQUE TK-307 .....</b>	<b>102</b>
<b>TABLA N° 4.27: CARACTERÍSTICAS DEL ASPERSOR SELECCIONADO .....</b>	<b>103</b>
<b>TABLA N° 4.28: PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TRAMO a-b .....</b>	<b>104</b>
<b>TABLA N° 4.29: PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TRAMO b-d.....</b>	<b>105</b>
<b>TABLA N° 4.30: COMPARATIVO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS VS DIÁMETRO NOMINAL DE TOROIDE – TANQUE TK-307.....</b>	<b>106</b>
<b>TABLA N° 4.31: DIAMETRO NOMINAL DE TOROIDES SELECCIONADOS PARA LOS SISTEMAS DE DILUVIO.....</b>	<b>107</b>

<b>TABLA N° 4.32: COMPARATIVO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN VS DIÁMETRO NOMINAL EN TRAMO 7A-V7A.....</b>	<b>109</b>
<b>TABLA N° 4.33: DIAMETRO NOMINAL DE TUBERÍAS DE ALIMENTACIÓN A SISTEMAS DE DILUVIO .....</b>	<b>111</b>
<b>TABLA N° 4.34: CONFIGURACIÓN DE REGULADORAS DE PRESIÓN DE AGUA CONTRA INCENDIO.....</b>	<b>112</b>
<b>TABLA N° 4.35: CAUDALES COMPENSADOS DE LOS SISTEMAS DE DILUVIO .....</b>	<b>113</b>
<b>TABLA N° 4.36: PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TRAMO 2.1 - 0.0 .....</b>	<b>116</b>
<b>TABLA N° 4.37: PARÁMETROS HIDRÁULICOS REQUERIDOS POR EL SISTEMA CONTRA INCENDIO .....</b>	<b>116</b>
<b>TABLA N° 4.38: CARACTERÍSTICAS DE BOMBA PRINCIPAL SELECCIONADA .....</b>	<b>119</b>
<b>TABLA N° 4.39: CARACTERÍSTICAS DE BOMBA JOCKEY SELECCIONADA .....</b>	<b>119</b>
<b>TABLA N° 4.40: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>123</b>
<b>TABLA N° 5.1: GRADO DE AFECTACIÓN SOBRE LOS TANQUES POR CADA ESCENARIO DE INCENDIO .....</b>	<b>127</b>

<b>TABLA N° 5.2: NIVEL DE PROTECCIÓN SOBRE LAS INSTALACIONES.....</b>	<b>129</b>
<b>TABLA N° 5.3: ESCENARIO DE MAYOR DEMANDA DE CONCENTRADO DE ESPUMA CONTRA INCENDIO.....</b>	<b>130</b>
<b>TABLA N° 5.4: ESCENARIO DE MAYOR DEMANDA DE AGUA CONTRA INCENDIO .....</b>	<b>131</b>
<b>TABLA N° 5.5: CARACTERÍSTICAS DE TANQUE BLADDER .....</b>	<b>131</b>
<b>TABLA N° 5.6: CARACTERÍSTICAS DE PROPORCIONADOR DE ESPUMA CONTRA INCENDIO .....</b>	<b>132</b>
<b>TABLA N° 5.7: CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA TRONCAL DE TUBERÍAS PARA SOLUCIÓN DE AGUA-ESPUMA CONTRA INCENDIO .....</b>	<b>132</b>
<b>TABLA N° 5.8: CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE CÁMARAS DE ESPUMA CONTRA INCENDIO .....</b>	<b>133</b>
<b>TABLA N° 5.9: CARACTERÍSTICAS DE TOROIDES Y ASPERSORES SELECCIONADOS PARA LOS SISTEMAS DE DILUVIO.....</b>	<b>133</b>
<b>TABLA N° 5.10: DIAMETRO NOMINAL DE TUBERÍAS DE ALIMENTACIÓN A SISTEMAS DE DILUVIO (MONTANTES).....</b>	<b>134</b>
<b>TABLA N° 5.11: CONFIGURACIÓN DE REGULADORAS DE PRESIÓN DE AGUA CONTRA INCENDIO.....</b>	<b>134</b>



<b>TABLA N° 5.12: CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA TRONCAL DE TUBERÍAS PARA AGUA CONTRA INCENDIO.....</b>	<b>135</b>
<b>TABLA N° 5.13: PARÁMETROS REQUERIDOS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO.....</b>	<b>135</b>
<b>TABLA N° 5.14: CARACTERÍSTICAS DE BOMBA PRINCIPAL SELECCIONADA .....</b>	<b>135</b>
<b>TABLA N° 5.15: CARACTERÍSTICAS DE BOMBA JOCKEY SELECCIONADA .....</b>	<b>136</b>
<b>TABLA N° 5.16: RESULTADOS DEL CÁLCULO DE NPSH.....</b>	<b>136</b>

## RESUMEN

La planta SANTO DOMINGO S.A.C, dedicada al almacenamiento de OPDH (Otros Productos Derivados de Hidrocarburos), tiene previsto construir ocho tanques de almacenamiento de OPDH: TK-301@308 dentro del nuevo dique B. Estas nuevas instalaciones requieren contar con medios de lucha contra incendio. Ante este problema se planteó la presente investigación, cuyo objetivo general fue realizar el diseño hidráulico de un sistema contra incendio, para proporcionar seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la planta SANTO DOMINGO S.A.C.

La investigación fue de tipo tecnológica, con nivel aplicada y con un diseño no experimental. Como resultado se determinó el equipamiento para la lucha contra incendio que incluye un sistema de extinción mediante cámaras de espuma, un sistema de diluvio e hidrantes para el enfriamiento de las superficies afectadas de los tanques de combustible. Además se seleccionó la bomba principal para el sistema contra incendio, cuyo caudal nominal es de 2000 gpm. Y una presión nominal de 135 psi. También se obtuvo que el requerimiento de agua para el sistema diseñado es de 501012 galones, entre otros resultados.

Como conclusión general se logró realizar el diseño hidráulico del sistema contra incendio, además se elaboró los planos de radios de afectación a personas y a equipos y en base a estos se realizó la distribución del equipamiento necesario, de modo que el personal de la planta no se vea afectado al momento de operarlos, con lo cual se contribuye para proporcionar seguridad en las nuevas instalaciones.

El sistema contra incendio diseñado se realizó respetando los lineamientos dados en las normas internacionales NFPA y los decretos supremos nacionales N°: D.S.-043-2007-EM y D.S.-052-093-EM. Lo cual constituye la prueba para garantizar que se realizó correctamente el diseño del sistema mencionado anteriormente.

Esta investigación estuvo enfocada en el diseño hidráulico del sistema contra incendio, por lo cual no se abordó temas relacionados a los mecanismos de detección y/o alarma que activen dicho sistema.

**Palabras clave:** Diseño hidráulico, Sistema contra incendio, Seguridad, Tanques de almacenamiento.

## ABSTRACT

The plant SANTO DOMINGO S.A.C, dedicated to the storage of OPDH (other hydrocarbons derived products), plans to build eight OPDH storage tanks: TK-301 @ 308 inside the new dike B. These new facilities require resources to fight against fire.

In view of this problem, the present investigation was proposed, whose general objective was to make the hydraulic design of a fire protection system, to provide security in the patio of storage tanks of OPDH of dike B of the plant SANTO DOMINGO S.A.C.

The research was of a technological type, with an applied level and with a non-experimental design. As a result, fire fighting equipment was determined, which includes an extinguishing system using foam chambers, a deluge system and hydrants to cool the affected surfaces of the fuel tanks. In addition, the main pump was selected for the fire protection system, whose nominal flow is 2000 gpm. And a nominal pressure of 135 psi. It was also obtained that the water requirement for the designed system is 501012 gallons, among other results.

As a general conclusion, the hydraulic design of the fire-fighting system was achieved, and radio plans were drawn up to affect people and equipment and, based on these, the necessary equipment was distributed, so that the personnel of the plant were not see affected at the time of operation, which contributes to provide security in new facilities.

The fire protection system designed was carried out respecting the guidelines given in the NFPA international norms and the national supreme decrees N°: D.S.-043-2007-EM and D.S.-052-093-EM. This constitutes the test to ensure that the design of the aforementioned system was correctly carried out.

This research was focused on the hydraulic design of the fire system, for that reason topics related to detection mechanisms or alarms that activates the system mentioned before were not addressed.

**Keywords:** Hydraulic design, Fire protection system, Security, Storage tanks.

## **CAPÍTULO I:**

### **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Identificación del Problema :**

Dentro del grupo de empresas que se dedican a la comercialización de hidrocarburos y OPDH, se encuentran las que operan los terminales de abastecimiento, las plantas industriales, etc. Para el desarrollo de sus actividades, estas empresas realizan operaciones de recepción, almacenamiento y despacho de productos, los mismos que por ser hidrocarburos y OPDH deben ser tratados con mucho cuidado, ya que generan riesgos de accidentes. Entre los riesgos de accidentes, se tienen diversos tipos de incendios, los cuales de llegar a ocurrir en una planta que almacena esta clase de productos, generaría niveles de riesgo muy altos, tales como: pérdida de la vida, lesiones incurables o daños leves, afectaciones al medio ambiente, perjuicios económicos por la infraestructura afectada y por el consumo de los productos durante el incendio, además de las multas y sanciones que los organismos reguladores de estas actividades aplicarían a la empresa. Por este motivo, las empresas dedicadas a este rubro se ven en la necesidad de utilizar sistemas contra incendio que les permitan enfrentar y mitigar los riesgos de incendio que pudiesen ocurrir en sus instalaciones. El organismo regulador de estas actividades en el Perú es OSINERGMIN.

Una de las empresas dedicadas a la comercialización de hidrocarburos y OPDH en nuestro país es SANTO DOMINGO S.A.C.

Esta empresa se dedica a la comercialización de OPDH, entre las áreas existentes de su planta tiene un patio de tanques dentro del dique A, el cual cuenta con un sistema contra incendio, pero actualmente la planta tiene proyectado realizar una ampliación de sus instalaciones; este proyecto de ampliación consiste en la construcción de ocho tanques de almacenamiento de OPDH, motivo por el cual, es necesario diseñar un sistema contra incendio que permita enfrentar y mitigar los daños generados en caso de que ocurra un incendio en estas instalaciones. Por lo expuesto anteriormente se plantea realizar el diseño hidráulico de un sistema contra incendio con caudal de 2000 gpm. Para el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la planta SANTO DOMINGO S.A.C. Lima.

Para realizar el diseño del sistema propuesto, se consultó investigaciones previas realizadas sobre el tema, las cuales se encuentran indicadas en el Capítulo II de esta tesis (véase la sección 2.1 Antecedentes de Estudio).

## **1.2 Formulación del Problema**

- **Problema general**

-¿Cómo realizar el diseño hidráulico de un sistema contra incendio, para proporcionar seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.?

- **Problemas específicos**

-¿Cómo determinar el grado de afectación de los diferentes escenarios de riesgo de incendio, para establecer el nivel de protección del patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.?

-¿Cómo determinar el consumo de agua y concentrado de espuma de cada escenario de incendio, para identificar el de mayor demanda en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.?

-¿Cómo determinar las dimensiones y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio, para garantizar la descarga de agua y espuma en las condiciones requeridas por el DS-043-2007-EM, en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

- **Objetivo general**

-Realizar el diseño hidráulico de un sistema contra incendio, para proporcionar seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

- **Objetivos específicos**

-Determinar el grado de afectación de los diferentes escenarios de riesgo de incendio, para establecer el nivel de protección del patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

-Determinar el consumo de agua y concentrado de espuma de cada escenario de incendio, para identificar el de mayor demanda en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

-Determinar las dimensiones y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio, para garantizar la descarga de agua y espuma en las condiciones requeridas por el DS-043-2007-EM, en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

#### **1.4 Justificación**

- **Justificación legal**

El marco legal de la normativa peruana establece como requisito, para las operaciones de este tipo de establecimientos, utilizar un sistema contra incendio acorde a sus necesidades, según se indica en los reglamentos aprobados mediante los decretos supremos N°: D.S.-043-2007-EM y

D.S.-052-093-EM, cuyo cumplimiento es supervisado por OSINERGMIN.

- **Justificación económica**

El diseño del sistema contra incendio del nuevo patio de tanques de almacenamiento de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C, se justifica debido a que permite reducir las pérdidas económicas por infraestructura dañada y por consumo de los productos. Además, sirve para evitar sanciones económicas por parte de OSINERGMIN y la suspensión de sus operaciones por no contar con un sistema contra incendio en el patio de tanques de almacenamiento del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C. Lima.

- **Justificación tecnológica**

Según Espinoza (2010), enunció que “Se justifica tecnológicamente una investigación cuando se satisface las necesidades sociales. Que pueden ser: Soluciones que permiten mejorar su nivel de vida, la ecología, y/o el sistema productivo.” (p. 81-82).

El diseño del sistema contra incendio del patio de tanques de almacenamiento del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C. permitirá mejorar las condiciones de seguridad y salvaguardar la vida de las personas, además de reducir la afectación al medio ambiente en caso de ocurrir un incendio.



## 1.5 Importancia

La importancia de la presente investigación se sustenta en la existencia de múltiples beneficios, los cuales mencionamos a continuación:

Entre los beneficios inmediatos, es decir, aún cuando no ocurra un evento de incendio, se puede mencionar que contando con este sistema la empresa no estará expuesta a multas o suspensiones generadas por el incumplimiento de la normativa nacional vigente; por lo tanto, las operaciones de la planta tendrán continuidad.

Adicionalmente a los beneficios inmediatos tenemos aquellos que ante un evento de incendio permitirán reducir las consecuencias del siniestro, entre estos beneficios se puede mencionar la protección de equipos de proceso cercanos al incendio, menor costo de rehabilitación de la planta, la supresión del incendio sin exposición del personal que labora en la planta y de la población aledaña a niveles de radiación peligrosos y la reducción de la emisión de gases producto de la combustión, con lo cual se contribuye a la protección del medio ambiente.

También se debe mencionar que existen beneficiarios indirectos, entre ellos se tiene a los clientes de la planta los cuales pueden realizar sus operaciones con estos productos de manera segura y sin interrupciones ni desabastecimientos, finalmente indicar que los estudiantes también serán beneficiados debido a que esta investigación sirve como guía para la realización de diseños de sistemas similares en el Perú.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de Estudio

En la recopilación de información se ha encontrado los siguientes antecedentes referidos al tema:

- **Antecedentes internacionales**

-Lira (2009), en su tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Mecánico, titulada: “Adecuación del sistema contra incendios de la planta MPE-1 en PDVSA-Morichal al sur del estado Monagas”, presentada en la Universidad de Oriente, Venezuela, obtuvo como principales resultados los que se mencionan a continuación:

- Caudal mínimo requerido por el sistema  $Q=14688$  gpm.
- Reserva mínima de agua contra incendio requerida  $V=125894.83$  barriles.
- Se seleccionó 6 bombas principales, conformadas por 4 bombas eléctricas modelo 10x8 M, del fabricante PATTERSON PUMP COMPANY, cada una con capacidad máxima de 2000 gpm. Y 2 bombas diesel modelo 12x8 MAA, también del fabricante PATTERSON PUMP COMPANY, cada una con capacidad máxima de 4000 gpm.

En esta investigación se concluyó que al estudiar el sistema contra incendios existente se detectó irregularidades tales como: deficiencia en la capacidad de almacenamiento y bombeo de agua para satisfacer exigencias y velocidades en tuberías mayores a la establecida por la norma, debido al uso de tuberías con diámetros inferiores al requerido actualmente.

La tesis mencionada sirvió como una guía para realizar la evaluación del sistema contra incendio que se requiere en una planta que ya cuenta con este tipo de sistemas, pero que debe ser modificado debido a nuevas instalaciones de procesos que se han implementado en la empresa.

**-Martínez (2012)**, en su informe de pasantía para obtener el título de Ingeniero Mecánico, titulado: “Diseño de sistema contra incendio en plantas industriales según normas internacionales y locales”, presentado en la Universidad Simón Bolívar, Venezuela, obtuvo como principales resultados los que se mencionan a continuación:

- Se seleccionó 2 Bombas diesel, modelo 10x8x20F-S 8100 para satisfacer el caudal requerido por el sistema diseñado.
- Caudal nominal de cada una de las bombas  $Q=2000$  gpm.
- Presión en la descarga de cada bomba  $P=106.98$  psi.
- Volumen de agua contra incendio requerido  $V=49358.66$  barriles.

En esta investigación se concluyó que el sistema de bombeo seleccionado se adecúa a la demanda del sistema. Las bombas seleccionadas se caracterizan por presentar una curva relativamente horizontal, la cual

garantiza una presión uniforme para diferentes posibles demandas que tiene el sistema contra incendio.

El informe de pasantía mencionado sirvió como referencia para realizar la selección de las bombas del sistema contra incendio que se diseñó, pero se tuvo en cuenta que los parámetros considerados para la selección de las bombas fueron obtenidos luego del cálculo correspondiente de acuerdo a las características del patio de tanques de almacenamiento del nuevo dique B, de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

**-Esono (2015)**, en su tesis para obtener el título de Magíster en Ingeniería de la Energía, titulada: “Sistema de protección contra incendios de un parque de almacenamiento de líquidos petrolíferos”, presentada en la Universidad Politécnica de Madrid, España, obtuvo como principales resultados los que se mencionan a continuación:

- Se seleccionó un equipo de bombeo compuesto por una bomba principal eléctrica, centrífuga horizontal, modelo HS 350\_250-630/627 del fabricante GRUNDFOS y una bomba auxiliar diesel del fabricante AZCUE Bombas, de características iguales.
- Caudal nominal de la bomba  $Q=1530 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- Altura útil  $P=13.7 \text{ bar}$ .
- Reserva mínima de agua contra incendio requerido  $V=7635 \text{ m}^3$ .

En esta investigación se concluyó que se considera que se ha diseñado una estrategia para combatir el fuego desde un punto de vista lo más

práctico posible, teniendo en cuenta las características de la instalación y todos los datos aportados por la normativa. Y según las opciones escogidas, la solución del problema requiere caudales grandes de agua y espuma, imposibles de suministrar de forma inmediata, sin la intervención de los medios fijos de lucha contra incendios. Interpretándose que, en el caso de no recurrir a los sistemas fijos de extinción de incendios, las consecuencias se habrían vuelto inmedibles, para el momento en que la comunicación de incendios llegue al puesto de bomberos más cercano.

La tesis mencionada sirvió como una guía para determinar el máximo requerimiento de agua y concentrado de espuma que necesitó el patio de tanques de almacenamiento del dique B, de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

- **Antecedentes nacionales**

-**Mendoza (2014)**, en su tesis para obtener el título de Ingeniero en Energía, titulada: “Diseño hidráulico de un sistema de protección contra incendio para el patio de tanques de almacenamiento de Diésel B5 – Unidad Minera Toquepala”, presentada en la Universidad Nacional del Callao, Perú, obtuvo como principales resultados los que se mencionan a continuación:

- Caudal mínimo requerido por el sistema  $Q=599.1$  gpm.

- Presión mínima requerida por el sistema  $P=103.6$  psi.
- Se seleccionó 1 Bomba modelo 6x4x10F-M 8100, del fabricante AC FIRE PUMP con caudal nominal de 500 gpm. Para satisfacer el caudal requerido por el sistema contra incendio diseñado.

En esta investigación se concluyó que se logró realizar el cálculo hidráulico de la red de gabinetes clase III y del sistema de aspersores, además se determinó la adecuada distribución de boquillas aspersoras en el semitoroide concordante con la norma NFPA 15, lo que garantiza el correcto enfriamiento de la superficie expuesta al flujo de radiación térmica.

Esta tesis sirvió como guía para realizar los cálculos hidráulicos en el diseño del sistema contra incendio y los criterios tomados para ello, los cuales según se indica están cumpliendo lo dispuesto en los decretos supremos N°: D.S.-043-2007-EM y D.S.-052-093-EM, de la normativa peruana y de acuerdo a lo recomendado por la NFPA. Pero se tuvo en cuenta que en la tesis mencionada, se ha diseñado un SCI para dos (02) tanques de almacenamiento de Diesel B5 S50 en una unidad minera, lo cual difiere con la presente investigación que contempló el diseño del sistema para proteger ocho (08) tanques de almacenamiento de OPDH en una planta industrial, es decir que las propiedades de los productos considerados fueron distintas (diferente clasificación según NFPA y por lo tanto diferentes regímenes y tiempos de aplicación de espuma contra incendio).

-Tong (2015), en su informe de competencia profesional para obtener el 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 en la Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, obtuvo como principales resultados los que se mencionan a continuación:

- Caudal mínimo requerido por el sistema  $Q=3592$  gpm.
- Reserva mínima de agua contra incendio requerido  $V=20526$  barriles.

En esta investigación se concluyó que se realizaron los cálculos de la demanda de agua de refrigeración, por cada escenario de incendio del estudio de riesgo, en concordancia con el D.S. 043-2007 EM y la NFPA 15; resultando el escenario más crítico de 3592 gpm. Y 20526 barriles de agua, y en vista de que la instalación existente contaba con tres bombas contra incendio de 8000 gpm. De capacidad total y el tanque de agua de 53000 barriles, entonces el volumen de almacenamiento y caudales de bombeo de agua contra incendio existente, eran adecuados para las nuevas necesidades de enfriamiento.

Este informe de competencia profesional sirvió como una guía para realizar los cálculos hidráulicos en el diseño del sistema contra incendio, teniendo en cuenta lo indicado por la normativa internacional y nacional aplicable en el Perú. Pero se tuvo en cuenta que en la tesis mencionada, se ha diseñado un SCI para un terminal que almacena productos entre los

cuales se encuentra el GLP, lo cual difiere con la presente investigación que contempló el diseño de un sistema para proteger tanques de almacenamiento de OPDH en una planta industrial, mas no de GLP, por lo tanto existen diferencias en algunos regímenes y tiempos de aplicación de agua de enfriamiento tomados en cuenta en cada una de las investigaciones.

## 2.2 Marco conceptual

- **Punto de Inflamación:** Es la temperatura mínima a la que un líquido puede generar suficiente vapor y formar una mezcla inflamable de aire y combustible (NFPA 30, 2012, secc. 3.3.21).
- **Líquido inflamable:** Cualquier líquido con un punto de inflamación menor a 37.8°C (NFPA 30, 2012, secc. 3.3.33.2).

Los líquidos inflamables se clasifican como se muestra a continuación.

**TABLA N° 2.1**

### **CLASIFICACIÓN DE LÍQUIDOS INFLAMABLES**

CLASE	SUB-CLASE	DEFINICIÓN
Clase I	Clase IA	Líquidos con punto de inflamación menor a 22.8°C y punto de ebullición menor a 37.8°C.
	Clase IB	Líquidos con punto de inflamación menor a 22.8°C y punto de ebullición igual o mayor a 37.8°C.
	Clase IC	Líquidos con punto de inflamación igual o mayor a 22.8°C y menor a 37.8°C.

Fuente: NFPA 30, 2012, secc. 4.3.1.



- **Líquido combustible:** Cualquier líquido con un punto de inflamación igual o mayor a 37.8°C (NFPA 30, 2012, secc. 3.3.33.1).

Los líquidos combustibles se clasifican como se muestra a continuación.

**TABLA N° 2.2**

**CLASIFICACIÓN DE LÍQUIDOS COMBUSTIBLES**

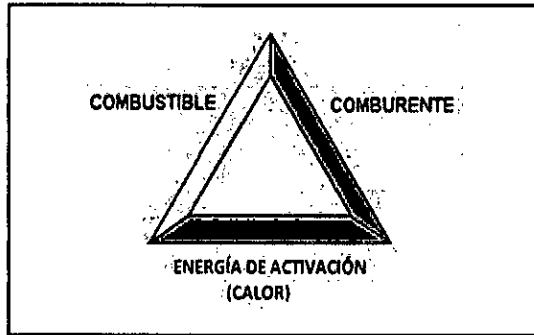
CLASE	SUB-CLASE	DEFINICIÓN
Clase II	Clase II	Líquidos que tienen un punto de inflamación igual o mayor a 37.8°C y menor a 60°C.
Clase III	Clase IIIA	Líquidos con punto de inflamación igual o mayor a 60°C y menor a 93°C.
	Clase IIIB	Líquidos con punto de inflamación igual o mayor a 93°C.

Fuente: NFPA 30, 2012, secc. 4.3.2.

- **Fuego:** Es la manifestación de la reacción de oxidación entre un combustible y un comburente, originada por la presencia de una energía de activación. Para que se produzca el fuego debe existir una conjunción simultánea del combustible (material que arde), comburente (oxígeno) y de la energía de activación (incremento de temperatura producido por alguna chispa, soldadura, falla en los dispositivos eléctricos, etc.); basta que uno de estos tres elementos no esté presente para que no se produzca la combustión. Se ha acostumbrado a representar a cada uno de estos elementos como el lado de un triángulo, donde dicha figura es llamada: “Triángulo de la combustión” o “Triángulo del fuego” (Martínez, 2012, p. 12-13).

**FIGURA N° 2.1**

**TRIÁNGULO DEL FUEGO**

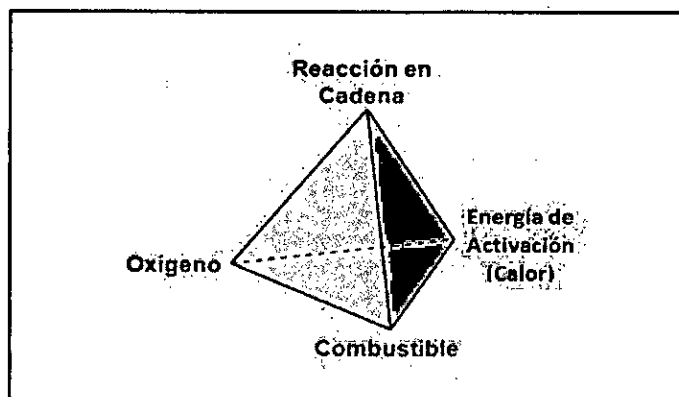


Fuente: <http://10tiposde.com/fuego/>

Además existe un cuarto factor, al que se llama “Reacción en cadena”, el cual es fundamental para la continuidad y propagación del fuego; si sumamos este último factor a los tres mencionados anteriormente, obtendremos el llamado “Tetraedro del fuego” (Martínez, 2012, p. 13).

**FIGURA N° 2.2**

**TETRAEDRO DEL FUEGO**



Fuente: <http://syhenwork.blogspot.pe/>

Cuando se produce el fuego en situaciones fuera de control, se le denomina “Incendio”.

- **Incendio:** Un incendio es la manifestación de una combustión fuera de control, es decir una reacción de oxidación incontrolada, en la que intervienen materiales combustibles existentes en las viviendas, lugares de trabajo e industrias, constituidos fundamentalmente por carbono en presencia del oxígeno en el aire y la actuación de una fuente de ignición capaz de iniciar una reacción en cadena en la cual se produce la liberación de energía o calor (Drysdale, 2001, cap. 41).
- **Clasificación de Incendios:** Los incendios, de acuerdo al combustible consumido, se clasifican de la siguiente manera:

**TABLA N° 2.3**











**CLASIFICACIÓN DE INCENDIOS**

CLASE DE INCENDIO	DEFINICIÓN
Clase A	Son incendios de materiales combustibles comunes, como la madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos.
Clase B	Son incendios de líquidos inflamables, líquidos combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, aceites, pinturas a base de aceite, disolventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.
Clase C	Son incendios que involucran equipos eléctricos energizados.
Clase D	Son incendios de metales combustibles como el Magnesio, Titanio, Circonio, Sodio, Litio y Potasio.
Clase K	Son incendios de electrodomésticos que involucran combustibles para cocinar (aceites y grasas vegetales o animales).

Fuente: NFPA 10, 2013, secc. 5.2.

FIGURA N° 2.3

CLASIFICACIÓN DE INCENDIOS

		Madera, papel, cartón, tela, plástico etc:
		Pintura, gasolina, petróleo, etc.
		Equipos o instalaciones eléctricas.
		Sodio, potasio, magnesio, aluminio, titanio, etc...
		Grasas y aceites de cocina.

Fuente:<http://blogseguridadindustrial.com/wpcontent/uploads/2014/12/TIPOS-DE-FUEGO.png>

- **Pool Fire:** Incendio que ocurre sobre la superficie del combustible, el cual puede generarse sobre combustible derramado o también incluso en el interior de un tanque de almacenamiento pero sobre la superficie del combustible almacenado. Suele ser llamado como “Incendio de charco” o “Piscina de fuego”, por su traducción al español.
- **Seguridad industrial:** Es un campo necesario y obligatorio en toda empresa en el que se estudian, aplican y renuevan los procesos orientados a minimizar los riesgos en la industria. Así por ejemplo, en una empresa dedicada a elaborar productos químicos se debe proteger al empleado

contra la radiación, alguna fuga de un líquido tóxico o inhalación de gases contaminantes (Nava, 2017, p. 3).

- **Evaluación de riesgos:** Una evaluación de riesgos es la actividad mediante la cual se identifica y analiza las situaciones peligrosas vinculadas a la realización de algún proceso u operación en alguna instalación, así como por ejemplo la liberación de sustancias químicas tóxicas, incendios o explosiones, a fin de contar con la información necesaria para poder tomar decisiones orientadas a mejorar la seguridad y manejar el riesgo de las operaciones (American institute of chemical engineers, 2008, p. 11).

Cabe mencionar que el análisis de las situaciones peligrosas que se realiza durante una evaluación de riesgos (también llamado Estudio de Riesgos) incluye también el análisis de las consecuencias generadas para cada escenario de riesgo identificado.

- **Análisis de consecuencias.-** Es la etapa de la evaluación de riesgos en la que se analiza el daño ocasionado por la ocurrencia de un escenario de riesgo, a fin de determinar el grado de afectación que se tiene sobre las personas, instalaciones y medio ambiente. Para poder establecer el grado de afectación asociado a cada situación de peligro o escenario de riesgo, se hace uso de los diversos tipos de software existentes en el mercado, con los cuales se realizan simulaciones que reproducen los escenarios de riesgo que se haya identificado previamente, siendo

estas simulaciones las que proporcionan los parámetros o características asociadas a cada escenario de riesgo, las cuales permiten determinar el grado de afectación que se obtiene sobre las personas, instalaciones y medio ambiente, en cada caso analizado.

Entre los parámetros asociados a cada escenario de riesgo, que permiten evaluar el grado de afectación por la ocurrencia de los mismos, se tiene la radiación térmica en caso de incendios, las ondas de sobrepresión en caso de explosiones, entre otros.

**TABLA N° 2.4**

**PARÁMETROS ASOCIADOS A CADA ESCENARIO DE RIESGO**

ESCENARIO DE RIESGO	PARÁMETRO	UNIDADES
- Incendio.	- Radiación Térmica.	kW/m <sup>2</sup>
- Explosión.	- Ondas de Sobrepresión.	kPa
- Fuga de gases tóxicos, entre otros.	- Concentración de gases tóxicos.	ppm

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se muestran los valores umbrales empleados para evaluar el efecto de la radiación térmica sobre las personas y las instalaciones.

**TABLA N° 2.5**

**VALOR UMBRAL DE RADIACIÓN TÉRMICA QUE CAUSA  
DAÑOS EN PERSONAS**

RADIACIÓN TÉRMICA (kW/m <sup>2</sup> )	DAÑOS OCASIONADOS A LAS PERSONAS
5.0	Suficiente para causar quemaduras de segundo grado en exposición de 60 segundos, permite escape de personas de zona afectada. Valor límite para el combate de incendios por personal equipado. Delimita Zona de Alerta

Fuente: Fire and Explosion Strategy, 2013, Capítulo Fire Effects.

**TABLA N° 2.6**

**VALOR UMBRAL DE RADIACIÓN TÉRMICA QUE CAUSA  
DAÑOS EN EQUIPOS**

RADIACIÓN TÉRMICA (kW/m <sup>2</sup> )	DAÑOS OCASIONADOS A LOS EQUIPOS
12.5	Nivel de radiación térmica requerido para que la madera y tuberías de plástico alcancen su punto de ignición. Daños severos a instrumentos. Valor recomendado para enfriamiento de superficies en tanques, para evitar efecto dominó. Delimita Zona de Intervención

Fuente: API 2218, 1999, Apéndice C.3.

**TABLA N° 2.7**

**VALOR UMBRAL DE RADIACIÓN TÉRMICA QUE CAUSA  
COLAPSO DE ESTRUCTURAS**

RADIACIÓN TÉRMICA (kW/m <sup>2</sup> )	DAÑOS OCASIONADOS A LAS ESTRUCTURAS
37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso y colapso de estructuras. La Probabilidad de muerte para radiaciones térmicas >37.5 kW/m <sup>2</sup> es de 1.

Fuente: Burgan Oil Cape Terminal Major Hazard Installation Risk Assessment for EIA, 2014, Tabla 6.2.

Durante la presente investigación se utilizó los reportes de simulaciones de incendios del Estudio de Riesgos de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C. (véase el Anexo N° 02).

- **Mecanismos de extinción:** Según Martínez (2012), la ausencia o eliminación de uno de los elementos que intervienen en la combustión (combustible, comburente, energía de activación y reacción en cadena), daría lugar a la extinción del fuego (p. 15).

A continuación se describe los distintos mecanismos de extinción, según el elemento participante de la combustión que sea eliminado:

- **Dilución o desalimentación:** Cuando se retira o elimina el elemento combustible (Martínez, 2012, p. 15).
- **Sofocación o inertización:** Se llama así al hecho de eliminar el oxígeno de la combustión o impedir que los vapores que se desprenden a una determinada temperatura para cada materia tengan contacto con el oxígeno del aire. Esto se consigue desplazando el oxígeno por medio de una determinada concentración de gas inerte, o bien cubriendo la superficie en llamas con alguna sustancia o elemento incombustible (Martínez, 2012, p. 15).
- **Enfriamiento:** Mecanismo que consiste en reducir la temperatura del combustible. El fuego se apagará cuando la superficie del material incendiado se enfríe a un punto en el que no genere suficientes vapores para mantener una mezcla o rango de combustión en la zona



del fuego. Por lo tanto, para apagar un fuego por enfriamiento, se necesita un agente extintor que tenga una gran capacidad para absorber el calor. El agua es el mejor, más barato y más abundante de todos los existentes (Martínez, 2012, p. 15).

- **Inhibición o rotura de la reacción en cadena:** Mecanismo que consiste en impedir la transmisión de calor de unas partículas a otras del combustible, introduciendo elementos catalizadores entre ellas. Así tenemos la utilización de compuestos químicos que reaccionan con los distintos componentes de los vapores combustibles, neutralizándolos, como por ejemplo polvos químicos (Martínez, 2012, p. 15).
- **Agentes extintores:** Según Lira (2009), se llaman así a los productos destinados a apagar un fuego (p. 44). A continuación se menciona cuáles son, sus características y propiedades más elementales.
  - **Agua (H<sub>2</sub>O):** Líquido incoloro e inodoro que por tener fácil disponibilidad, almacenamiento y transporte constituye un agente extintor económico, práctico y efectivo en los sistemas de extinción de incendios (Lira, 2009, p. 44).
    - **Aplicación:**
      - Es eficaz para apagar fuegos de clase A (sólidos), ya que apaga y enfría las brasas.
      - No debe emplearse en fuegos de clase B, excepto cuando esté debidamente pulverizada, pues al ser más densa que la mayoría de

los combustibles líquidos, éstos sobrenadan. No debe emplearse donde pueda haber corriente eléctrica, debido a que es conductora de electricidad, salvo que se la emplee pulverizada, en tensiones bajas y respetando distancias adecuadas (Lira, 2009, p. 44).

- **Espuma:** Capa homogénea estable, formada por pequeñas burbujas obtenidas al mezclarse el aire con una solución de agua y concentrado de espuma mediante equipos especialmente diseñados. Básicamente apaga el fuego por sofocación, al aislar el combustible del ambiente que lo rodea, ejerciendo también una cierta acción refrigerante, debido al agua que contiene (Lira, 2009, p. 45).

➤ **Aplicación:**

- Se utiliza en fuegos clase A y B (sólidos y líquidos).
- No debe emplearse en presencia de corriente eléctrica, debido a que es conductora de la electricidad (Lira, 2009, p. 45).

➤ **Expansión de la espuma:**

- Se llama así a la relación entre el volumen final de la espuma y el volumen inicial de la mezcla antes de aplicársele el aire. La expansión puede ser: Baja-expansión si la relación es de 1 a 20 veces (con 1 litro de mezcla se producen 20 litros de espuma), Media-expansión con relaciones de 20 a 200 veces, y Alta-expansión cuando se expanden de 200 a 2000 veces más que el volumen inicial.
- Cada espuma es adecuada para un tipo de protección específica.

Las espumas de Baja-expansión se desplazan bien sobre superficies líquidas. Las espumas de Media-expansión se utilizan para la supresión de vapores o humos tóxicos. La espuma de Alta-expansión es la más adecuada para fuegos tridimensionales, aunque también se utiliza para apagar fuegos producidos por líquidos derramados (Lira, 2009, p. 45).

➤ **Tipos de concentrado de espuma:**

- **Espuma de película acuosa (AFFF):** Espuma lograda a partir de un concentrado sintético de surfactantes fluorados y aditivos estabilizadores, que forman una película acuosa sobre la superficie del combustible, la cual evita la generación de vapores (Lira, 2009, p. 46).
- **Espumas especiales:** Son aquellas desarrolladas para el combate de incendios en líquidos que son solubles en agua, o que atacan químicamente a las espumas mencionadas previamente. Se les denomina "Espuma Tipo Alcohol" o "Espuma Tipo Solvente Polar", y su composición química es muy variable (Lira, 2009, p. 46).
- **Espuma fluoroproteínica:** Aquella que se logra a partir de un concentrado de proteínas hidrolizadas, modificadas con aditivos surfactantes fluorados (Lira, 2009, p. 46).
- **Espuma universal:** Aquella que se logra a partir de un concentrado especialmente formulado, apta para aplicar tanto en

incendios de hidrocarburos líquidos ordinarios, como en líquidos solubles en agua o solventes polares (Lira, 2009, p. 46).

- **Polvo químico seco (PQS):** Son polvos de baja toxicidad y elevado poder extintor, formados por carbonatos (CO<sub>3</sub>), fosfatos (PO<sub>3</sub>) o sulfatos (SO<sub>4</sub>) cuyas bases fundamentales son sodio (Na) o de potasio (K). Los polvos son impulsados desde su contenedor (cilindros, esferas, matafuegos, etc) por medio de un gas inerte, CO<sub>2</sub> o N<sub>2</sub> (Lira, 2009, p. 46).

➤ **Aplicación:**

- Se utilizan para extinguir fuegos Clase A (papel, madera, etc.), Clase B (solventes, ceras, grasas, etc.) y Clase C (electricidad) por lo que son llamados triclase.
- Los PQS no son tóxicos ni conducen la electricidad a tensiones normales, por lo que pueden emplearse en fuegos en presencia de tensión eléctrica. Debido a su composición contaminan los alimentos y pueden dañar por abrasión mecanismos delicados (Lira, 2009, p. 47).

- **Polvos especiales:** Se llama así a los polvos aptos para combatir fuegos metálicos (Lira, 2009, p. 47).

Entre este tipo de polvos, se tiene los siguientes:

**Pyrene:** Polvo que contiene grafito granulado con el agregado de un fosfato orgánico. Se lo arroja al fuego mediante palas especiales (Lira, 2009, p. 47):

**Polvo met-1x:** Polvo que contiene cloruro sódico con aditivos que incluyen fosfato tricálcico y estearatos metálicos. Se adiciona un material termoplástico para hacer más compacta la masa de cloruro de sodio al ser aplicado sobre el fuego (Lira, 2009, p. 47).

**Piromet:** Polvo que contiene cloruro de sodio y fosfato monoamónico (o fosfato tricálcico), se le agregan sustancias proteicas para hacer compacta la masa, arcilla y un agente estabilizador de la humedad. Se suele usar en los equipos impulsados por CO<sub>2</sub> (Lira, 2009, p. 47).

➤ **Aplicación:**

- No deben ser utilizados para fuegos de clase A (sólidos).
- No deben ser utilizados para fuegos de clase B (líquidos combustibles).
- No deben ser utilizados para fuegos de clase C (gases inflamables).
- Adecuados para fuegos de clase D, es decir metales como el magnesio, titanio, potasio, sodio, etc. (Lira, 2009, p. 48).

- **Dióxido de carbono:** Compuesto gaseoso incoloro e inodoro, de densidad 1,5 veces mayor la del aire, con múltiples propiedades que lo convierten en un agente útil para la extinción de incendios (Lira, 2009, p. 48).

➤ **Aplicación:**

- Utilizado para apagar fuegos de sólidos (clase A, superficiales),

de líquidos (clase B) y de gases (clase C). Es especialmente adecuado para apagar fuegos en los que haya presencia de corriente eléctrica, debido a que no es conductor de la electricidad (Lira, 2009, p. 48).

A continuación se muestra una tabla en la que se detalla el uso de los agentes extintores según la clase de fuego a combatir:

**TABLA N° 2.8**

**AGENTES EXTINTORES SEGÚN CLASE DE FUEGO A COMBATIR**

<b>EXTINTOR</b>	<b>CLASE DE FUEGO</b>
Agua	A
Espuma	A, B
Polvo Químico Seco (PQS)	A, B, C
Polvos Especiales	D
Dióxido de Carbono	A, B, C

Fuente: LIRA SILVA, 2009, Tabla 2.1.

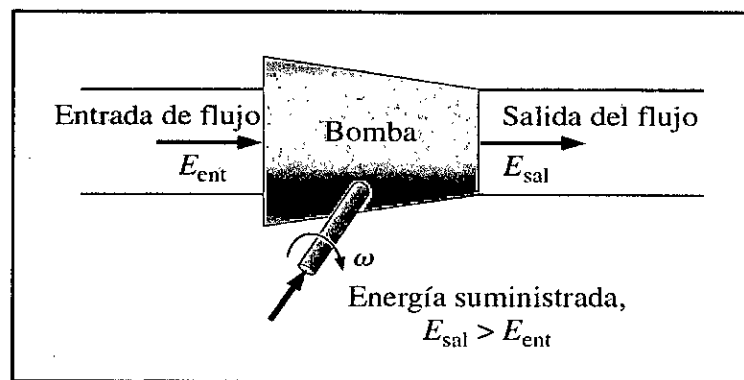
- **Sistema Contra Incendio:** Un sistema de protección contra incendio es un conjunto de varios componentes que están conectados entre sí, con el objetivo de detectar cualquier conato de incendio y activar en forma automática las medidas de lucha contra él, a fin de lograr su extinción. Los componentes de un sistema contra incendio son los siguientes:
  - **Sistema de Detección y Alarma de Incendios.**
  - **Fuente de Suministro de Agua (Cisterna de agua contra incendio).**
  - **Sistema de Bombeo Contra Incendio.**
  - **Red de Distribución.**
  - **Dispositivos Contra Incendios (hidrantes, monitores, rociadores, aspersores).**

- **Cisterna de agua contra incendio:** Contenedor o recipiente mayormente subterráneo, utilizado para el almacenamiento de agua para sistemas contra incendio y que requiere el uso de bombas contra incendio para poder suministrar de agua al sistema mencionado.
- **Sistema de Bombeo Contra Incendio:** Es un sistema que está formado por una bomba principal contra incendio, una bomba mantenedora de presión (bomba jockey) y también los accesorios y válvulas necesarias para su funcionamiento.
  - **Bomba contra incendio principal:** Es la que operará durante la ocurrencia del incendio, ésta es la encargada de proveer el flujo a la presión requerida por los puntos de descarga que serán empleados para combatir el incendio en mención.
  - **Bomba mantenedora de presión o bomba jockey:** Como su nombre lo dice, es la encargada de mantener la presión del sistema para evitar que la bomba principal arranque por pequeñas fugas o dilataciones en la red, cuando no está ocurriendo un incendio.
- **Bomba:** La palabra bomba es un término general que designa a cualquier máquina hidráulica que añade energía a un fluido. Algunos autores llaman a las bombas dispositivos que absorben energía, porque la energía se les debe suministrar, y transfieren la mayor parte de esta energía al fluido, por lo regular, mediante una flecha rotatoria. El incremento en la energía hidráulica se experimenta como un aumento en la presión del

fluido, es decir que la presión que tiene un fluido al salir de una bomba es mayor que la presión con la que ingresa a la misma.

FIGURA N° 2.4

### ENERGÍA HIDRÁULICA DEL FLUIDO EN UNA BOMBA



Fuente: CENGEL, Yunus A. y CIMBALA, John M. Mecánica de Fluidos: Fundamentos y Aplicaciones. Cuarta Edición. 2012.

- **Tanque Bladder de concentrado de espuma:** Tanque equipado con una membrana interna que contiene concentrado de espuma, que usa flujo de agua a través de un proporcionador tipo Vénturi para controlar la velocidad de inyección del concentrado de espuma, desplazándolo desde el interior hacia el exterior de la membrana o vejiga donde se inyecta al flujo de agua (NFPA 11, 2016, secc. 3.3.27.1).
- **Proporcionador de espuma:** Dispositivo utilizado para introducir en forma continua el concentrado de espuma en la corriente de agua a la proporción adecuada para formar una solución de espuma (NFPA 11, 2016, secc. 3.3.23).



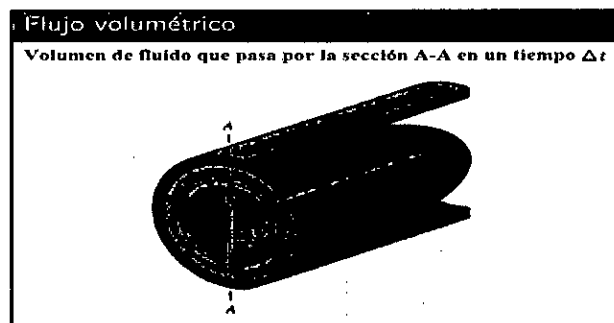
- **Tubería:** Conducto que permite el transporte de agua u otros fluidos a través de su interior.
- **Válvula:** Dispositivo mecánico con el que se puede permitir, regular o detener el flujo de agua u otro fluido en un sistema de tuberías.
- **Hidrante:** Es una conexión con válvula exterior en un sistema de suministro de agua que tiene una o más salidas para las conexiones de mangueras (NFPA 24, 2016, secc. 3.4.1).
- **Monitor fijo:** Dispositivo que descarga un chorro grande de espuma y está montado sobre un soporte fijo (NFPA 11, 2016, secc. 3.3.20.1).
- **Aspersor:** Boquilla que permite la aplicación de agua pulverizada con el tamaño de gotas y la velocidad adecuada para enfriar las superficies afectadas por radiación térmica.
- **Cámara fija de aplicación de espuma:** Es un dispositivo diseñado para introducir espuma y que está conectado de manera permanente a la estructura de un tanque, dique u otro recipiente (NFPA 11, 2016, secc. 3.3.5.1).
- **Tanque Cilíndrico Atmosférico de Techo Fijo:** Son tanques de almacenamiento cilíndricos que pueden tener techo autosoportado o por columnas, la superficie del techo puede tener forma de domo o cono. Este tipo de tanques opera con un espacio para los vapores, el cual cambia cuando varía el nivel de los líquidos. Ventilaciones en el techo permiten la emisión de vapores y que el interior se mantenga aproximadamente a la presión atmosférica (Mendoza, 2014, p. 19-20).

- **Bases del Diseño Hidráulico**

- **Flujo:** Se define el flujo volumétrico como el volumen del fluido que atraviesa una sección transversal por unidad de tiempo, también suele ser llamado como la razón de flujo volumétrico o gasto volumétrico o caudal. Algunas de las unidades en las que se puede expresar el flujo volumétrico o caudal son: Metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ), galones por minuto (gpm) y barriles por hora.

**FIGURA N° 2.5**

**FLUJO VOLUMÉTRICO**



Fuente: [http://www.astro.ugto.mx/~papaqui/ondas\\_yfluidos/Tema\\_2.10-Gasto\\_o\\_Caudal.pdf](http://www.astro.ugto.mx/~papaqui/ondas_yfluidos/Tema_2.10-Gasto_o_Caudal.pdf)

- **Presión:** La presión se define como una fuerza normal ejercida por un fluido por unidad de área. Se habla de presión solo cuando se trata de un gas o un líquido. Las unidades más comunes en las que se puede expresar la presión son: Pascal (Pa), bar, atmósfera estándar (atm), kilogramo-fuerza por centímetro cuadrado ( $kgf/cm^2$ ) y libra-fuerza por pulgada cuadrada ( $lbf/in^2$  o psi).

La presión real que se encuentra en una posición dada se llama presión absoluta, y se mide en relación con el vacío absoluto (es decir, presión cero absoluta). La mayoría de los instrumentos para medir la presión se calibran para que den una lectura de cero en la atmósfera, de modo que indican la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica local. Esta diferencia se llama presión manométrica (Cengel, 2012, p. 66).

➤ **Presión estática**

Representa la presión termodinámica real del fluido. Ésta es la misma que la presión usada en la termodinámica y las tablas de propiedades (Cengel, 2012, p. 189).

➤ **Presión dinámica**

Representa el aumento en la presión cuando el fluido en movimiento se detiene de manera isentrópica (Cengel, 2012, p. 189).

➤ **Presión residual**

Es la presión que existe en un sistema de distribución, medida en el dispositivo de descarga residual en el momento en que se toma la lectura de flujo en los dispositivos de descarga con flujo (NFPA 24, 2013, secc. 3.3.9).

- **Ecuación de Bernoulli:** Es la ecuación que afirma que la suma de la energía cinética, la potencial y la de flujo de una partícula de fluido permanece constante a lo largo de una línea de corriente en el

transcurso del flujo estacionario, cuando los efectos de la compresibilidad y de la fricción son despreciables (Cengel, 2012, p. 188).

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{(V_1)^2}{2} + g \cdot z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{(V_2)^2}{2} + g \cdot z_2$$

Donde:

$P_1, P_2$ : Presión en los puntos 1 y 2 de una línea de corriente, en libras/pie<sup>2</sup>.

$V_1, V_2$ : Velocidad en los puntos 1 y 2 de una línea de corriente, en pies/segundo.

$\rho$ : Densidad del fluido, en libras/pie<sup>3</sup>.

$g = 32.16$  pies/segundo<sup>2</sup>: Aceleración de la gravedad.

$z_1, z_2$ : Altura de los puntos 1 y 2 respecto al nivel de referencia, en pies.

- **Pérdidas de presión:** Se llama así a la caída de presión que experimenta el fluido cuando circula al interior de una tubería, esta disminución en la presión es ocasionada principalmente por la fricción que ocurre internamente en el fluido y también contra la superficie interna de la tubería (llamadas pérdidas primarias o mayores); pero también se generan pérdidas de presión debido a la obstrucción que ejercen otros componentes que incluye el sistema de tuberías (llamadas pérdidas secundarias o menores), como por ejemplo los codos, conexiones en T, reducciones de diámetro, válvulas, etc.

Las pérdidas por fricción en la tubería debe determinarse sobre la base de la fórmula de Hazen y Williams (NFPA 15, 2012, secc. 8.5).

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

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.

Para el cálculo de las pérdidas de carga secundarias se considera el efecto de la obstrucción al paso del flujo que ocasionan los accesorios y válvulas, como una longitud adicional de la tubería que genere la misma caída de presión, la cual es denominada como “Longitud de tubería equivalente”.

Para determinar las pérdidas de presión totales (primarias más secundarias), se debe calcular la resistencia a la fricción por pie de tubería mediante la fórmula de Hazen y Williams, para luego multiplicarla por la suma de la longitud de tubería más la longitud equivalente de los accesorios y válvulas.

Así por ejemplo, si se tiene:

Resistencia a la fricción  $p=10$  psi/pie

Longitud de tubería 20 pies

Longitud equivalente (2 codos de 45° de 4”) de 7.87 pies

Entonces:

Pérdidas de presión totales  $P_t = (10 \text{ psi/pie}) \times (20 \text{ pies} + 7.87 \text{ pies})$

$P_t = 278.7$  psi

➤ **Longitud de tubería equivalente de accesorios y válvulas**

La siguiente tabla debe usarse para determinar las longitudes equivalentes de válvulas y accesorios, a menos que los datos de prueba del fabricante indiquen que otros factores son apropiados. (NFPA 15, 2012, secc. 8.5.2.1)

**TABLA N° 2.9**  
**LONGITUD EQUIVALENTE DE VÁLVULAS Y**  
**ACCESORIOS**

LONGITUD EQUIVALENTE EN METROS					
(longitud	2"	2.5"	3"	4"	6"
Codo 45°	0.6	0.9	0.9	1.2	2.1
Codo LR 90°	0.9	1.2	1.5	1.8	2.7
Tee	3.1	3.7	4.6	6.1	9.2
Válvula comp.	0.3	0.3	0.3	0.6	0.9
Válvula check	3.4	4.3	4.3	6.7	9.8

Fuente: NFPA 15, 2012, Tabla 8.5.2.1.

➤ **Coefficiente de pérdida por fricción**

Las pérdidas por fricción en la tubería deben calcularse de acuerdo con la fórmula Hazen y Williams, usando los valores "C" como se muestra en la siguiente tabla usando el diámetro interno real de la tubería en la fórmula.

**TABLA N° 2.10**  
**COEFICIENTES DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN**

TUBERÍA O TUBO	VALOR C
Galvanizado (todo)	120
Plástico (listado) – Subterráneo	150

Fuente: NFPA 15, 2012, Tabla 8.5.3.10.

- **Coefficiente de descarga:** El caudal de un dispositivos de descarga (boquilla) debe calcularse por la siguiente fórmula (NFPA 15, 2012, secc. 8.5).

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

Donde:

Q: flujo en gpm desde la boquilla.

K: coeficiente K de la boquilla.

P: presión total en psi para el flujo Q.

### 2.3 Definición de términos básicos

- **Altura dinámica total:** Es la diferencia entre la presión de descarga y la presión de succión en un sistema para bombeo de fluido (Mendoza, 2014, p. 16).
- **Altura neta de succión:** Es la diferencia de la presión de líquido en la succión en metros, menos la presión de vapor de líquido en un sistema para bombeo de fluido (Mendoza, 2014, p. 16).
- **ANSI:** Instituto Nacional de Estándares Americano.
- **ASME:** Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.
- **Autoridad competente:** Entidad encargada de velar por el cumplimiento de las disposiciones contenidas en la normativa de las Actividades de Hidrocarburos; y con la potestad para emitir pronunciamientos a través de actos administrativos, dentro del ámbito de su competencia. (DS-032-2002-EM, 2002, p. 5).

- **Dique o muro contraincendio (dique estanco):** En el almacenamiento de hidrocarburos, es el elemento de altura apropiada destinada a contener derrames de líquidos, construido de concreto, tierra o cualquier otro material, pero que reúne la condición de ser impermeable. (DS-032-2002-EM, 2002, p. 13).
- **FM:** Factory Mutual (nombre de compañía de seguros internacional).
- **Listado:** Equipos o materiales incluidos en una lista publicada por una organización aceptada por la autoridad competente y relacionada con la evaluación del producto y/o conjuntos, que ejerce inspección periódica de la producción del equipo o materiales listados y que se encuentran en niveles apropiados o han sido examinados y encontrados adecuados para ser utilizados (DS-043-2007-EM, 2007, p. 10).
- **NFPA:** Asociación Nacional de Protección contra Incendio.
- **OPDH:** Otros Productos Derivados de Hidrocarburos.
- **Planta de abastecimiento:** Instalación en un bien inmueble donde se realizan operaciones de recepción, almacenamiento, transferencia, agregado de aditivos y despacho de combustibles líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos (DS-032-2002-EM, 2002, p. 27).
- **SCI:** Sistema Contra Incendio.
- **UL:** Underwriters Laboratories (nombre de una compañía).



## 2.4 Normatividad

A continuación se indica las principales normas, estándares y reglamentos nacionales e internacionales empleados en la presente investigación:

- **Marco normativo nacional**

D.S.052-93-EM: Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.

D.S.032-2002-EM: Glosario, siglas y abreviaturas del Subsector Hidrocarburos.

D.S.043-2007-EM: Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos.

- **Marco normativo internacional**

NFPA 10: Standard for Portable Fire Extinguishers.

NFPA 11: Standard for low, medium, and high expansion foam.

NFPA 13: Standard for the installation of sprinkler systems.

NFPA 15: Standard for water spray fixed systems for fire protection.

NFPA 20 Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.

NFPA 24: Standard for the installation of private fire service mains and their appurtenances.

NFPA 30: Flammable and combustible liquids code.

FM-DS-03-10 Installation and maintenance of private fire service  
mains and their appurtenances.

ANSI B16.5: Pipe flanges and flanged fittings.

ASME B31.3: Process piping.

## **CAPÍTULO III:**

### **VARIABLES E HIPÓTESIS**

#### **3.1 Variables de la investigación**

- **Variable Independiente:**

- Diseño hidráulico de un sistema contra incendio.

Definición conceptual: Dimensionamiento y selección de las tuberías, equipos y accesorios que componen la red de agua y espuma contra incendio.

- **Variable Dependiente:**

- Seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH.

Definición conceptual: Medidas de protección con las que se cuenta y que están orientadas a controlar, reducir o eliminar los daños a la propiedad y al personal de la planta, en caso ocurra un escenario de riesgo como por ejemplo un incendio.

#### **3.2 Operacionalización de variables**

A continuación, se muestra una tabla con la operacionalización de variables.

TABLA N° 3.1

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
<b>Variable Independiente:</b>  Diseño hidráulico de un sistema contra incendio.	Dimensionamiento y selección de un sistema de protección contra incendio mediante las siguientes actividades: -Determinación de instalaciones afectadas y establecimiento de medidas de protección. -Determinación de la máxima demanda de agua y concentrado de espuma. -Cálculo de dimensiones y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio. -Selección de los componentes del sistema contra incendio.	Cisterna de agua contra incendio.	-Capacidad de almacenamiento de la cisterna.	-Cálculos de ingeniería usados en el diseño.
		Bomba contra incendio.	-Presión de operación de la bomba contra incendio. -Caudal de descarga de la bomba contra incendio.	-Cálculos de ingeniería usados en el diseño. -Curva característica de la bomba.
		Tanque Bladder de concentrado de espuma.	-Capacidad de almacenamiento del tanque Bladder de concentrado de espuma.	-Cálculos de ingeniería usados en el diseño. -Ficha técnica del tanque Bladder.
		Proporcionador de espuma.	-Caudal de operación del proporcionador de espuma.	-Cálculos de ingeniería usados en el diseño. -Ficha técnica del proporcionador de espuma.
		Tuberías, válvulas y accesorios.	-Materiales. -Pérdidas de presión por tramo analizado. -Velocidad de flujo.	-Cálculos de ingeniería usados en el diseño.
		Dispositivos de descarga (aspersores, cámara fija de aplicación de espuma, etc.)	-Régimen de aplicación requerido en dispositivo. -Presión requerida en dispositivo.	-Cálculos de ingeniería usados en el diseño. -Ficha técnica de los dispositivos de descarga.
		<b>Variable Dependiente:</b>  Seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH.	Dispositivos de protección en las áreas que son afectadas por radiación térmica. Estas áreas afectadas deben ser medidas y protegidas.	Protección de la vida de las personas.
Protección de la infraestructura.	-Áreas protegidas.			-Comandos de medición usados para elaborar planos.

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas

- **Hipótesis general**

- El diseño hidráulico de un sistema contra incendio permitirá proporcionar seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

- **Hipótesis específicas**

- Si se determina el grado de afectación de los diferentes escenarios de riesgo de incendio, se podrá establecer el nivel de protección del patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

- Si se determina el consumo de agua y concentrado de espuma de cada escenario de incendio, se podrá identificar el de mayor demanda en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

- Si se determina las dimensiones y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio, se podrá garantizar la descarga de agua y espuma en las condiciones requeridas por el DS-043-2007-EM, en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA**

### **4.1 Tipo de investigación**

- **Investigación de tipo tecnológica - Nivel aplicada.**

Según Espinoza (2010), enunció que: “La investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que beneficien a la sociedad. Sus niveles son la experimentación y la aplicación” (p. 76).

Además, con respecto al nivel de investigación aplicada, Espinoza (2010), menciona lo siguiente: “La investigación aplicada tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación experimental para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad” (p. 76).

Por lo tanto, esta investigación es de tipo tecnológica y nivel aplicada debido a que utiliza los conocimientos de ingeniería, adquiridos durante la formación universitaria y que han sido probados experimentalmente en los laboratorios, para realizar el cálculo hidráulico del sistema contra incendio que se diseña con la finalidad de solucionar el problema que tiene la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

## **4.2 Diseño de la investigación**

Diseño de Investigación No Experimental, conforme a lo indicado por Hernández, Fernández y Baptista (2010), quienes definen que estas investigaciones son aquellas que se realizan sin la manipulación deliberada de variables (p. 189).

### **4.2.1. Parámetros básicos de investigación**

- Temperatura ambiental de la localidad.
- Características de los tanques de almacenamiento: Capacidad de almacenamiento, tipo de tanque, diámetro y altura.
- Características del producto almacenado en cada tanque: Punto de inflamación, clase de producto de acuerdo a la norma NFPA 30.
- Reportes de simulaciones de incendio, del Estudio de Riesgos de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.
- Regímenes y tiempo de aplicación de agua de enfriamiento de acuerdo al D.S.043-2007-EM.
- Regímenes y tiempo de aplicación de espuma contra incendio de acuerdo al D.S.043-2007-EM.
- Plano de arreglo general de las instalaciones del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

#### 4.2.2. Etapas de la investigación

- **Etapa 1: Determinación del grado de afectación y establecimiento del nivel de protección sobre las instalaciones**
  - Listado de escenarios de incendio.
  - Trazado de radios de afectación por radiación térmica en el plano de arreglo general de las instalaciones del dique B.
  - Determinación del grado de afectación y establecimiento del nivel de protección sobre las instalaciones, por cada escenario de incendio.
- **Etapa 2: Determinación del escenario de mayor demanda de agua y concentrado de espuma.**
  - Determinación del caudal total mínimo requerido de agua y espuma contra incendio en cada escenario analizado.
  - Determinación de la demanda de agua y concentrado de espuma contra incendio en cada escenario analizado.
  - Selección de los escenarios con mayor demanda de agua y concentrado de espuma contra incendio.
- **Etapa 3: Determinación de las dimensiones y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio.**
  - Cálculo y selección de aspersores de agua.
  - Cálculo y selección de equipos de los sistemas de diluvio.
  - Cálculo y selección de equipos de los sistemas de extinción mediante espuma.



- Determinación de parámetros mínimos requeridos por el sistema contra incendio.

#### 4.2.3. Desarrollo de la investigación

En la parte inicial del desarrollo de esta investigación se muestra los valores de los parámetros básicos tomados en cuenta.

- **Parámetros básicos de investigación**

- Temperatura ambiental de la localidad: 15 a 27 °C
- Características de los tanques de almacenamiento:

Capacidad de almacenamiento, tipo de tanque, diámetro y altura.

Estas características se han detallado en la siguiente tabla.

**TABLA N° 4.1**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES DE**  
**ALMACENAMIENTO**

TANQUE	TIPO DE TANQUE	CAPACIDAD (galones)	DIÁM. (pie)	ALTURA (pie)
TK-301	CVTF	312042	37.60	37.53
TK-302	CVTF	169069	27.07	39.37
TK-303	CVTF	169069	27.07	39.37
TK-304	CVTF	169069	27.07	39.37
TK-305	CVTF	145294	25.07	39.37
TK-306	CVTF	145294	25.07	39.37
TK-307	CVTF	145294	25.07	39.37
TK-308	CVTF	169069	27.07	39.37

Fuente: Elaboración Propia.

CVTF: Tanque cilíndrico vertical soldado de techo cónico fijo.

- Características del producto almacenado en cada tanque:

Punto de inflamación, clase de producto de acuerdo a la norma NFPA 30. Estas características se han detallado en la siguiente tabla.

**TABLA N° 4.2**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS**  
**ALMACENADOS**

TANQUE	PRODUCTO ALMACENADO	PUNTO DE INFLAMACIÓN (°C)	CLASE DE PRODUCTO (NFPA 30)
TK-301	Condensado de gas natural	- 4	Clase IA
TK-302	Acetona	-17	Clase IB
TK-303	N-Propanol	23	Clase IC
TK-304	N-Propanol	23	Clase IC
TK-305	Acetona	-17	Clase IB
TK-306	N-Propanol	23	Clase IC
TK-307	N-Propanol	23	Clase IC
TK-308	Acetona	-17	Clase IB

Fuente: Elaboración Propia.

- Reportes de simulaciones de incendio, del Estudio de Riesgos de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

Los reportes mencionados se muestran en el Anexo N° 02.

- Regímenes y tiempo de aplicación de agua de enfriamiento de acuerdo al D.S.043-2007-EM.

Los parámetros mencionados se muestran a continuación.

**TABLA N° 4.3**  
**REGÍMENES Y TIEMPO DE APLICACIÓN DE AGUA DE**  
**ENFRIAMIENTO**

MEDIO DE APLICACIÓN	RÉGIMEN (gpm/pie <sup>2</sup> )	TIEMPO DE APLICACIÓN (h)
Con toroide en el anillo superior (Aspersores)	0.15	4
Con sistema externo (monitor, lanzador portátil, manguera con pitón chorro/niebla)	0.20	

Fuente: D.S.043-2007-EM, 2007, artículos 91-92.

- Regímenes y tiempo de aplicación de espuma contra incendio de acuerdo al D.S.043-2007-EM.

El régimen de aplicación de espuma, de acuerdo al combustible que participa en el incendio se muestra a continuación.

**TABLA N° 4.4**  
**REGÍMENES DE APLICACIÓN DE ESPUMA CONTRA**  
**INCENDIO MEDIANTE CÁMARA FIJA**

COMBUSTIBLE	RÉGIMEN (gpm/pie <sup>2</sup> )
Hidrocarburos	0.10
Solventes polares	0.15

Fuente: D.S.043-2007-EM, 2007, artículo 92.

El tiempo de aplicación de espuma, de acuerdo al punto de inflamación del combustible que participa en el incendio se muestra a continuación.

**TABLA N° 4.5**  
**TIEMPO DE APLICACIÓN DE ESPUMA CONTRA**  
**INCENDIO MEDIANTE CÁMARA FIJA**

PUNTO DE INFLAMACIÓN DEL COMBUSTIBLE	TIEMPO DE APLICACIÓN (min)
Menor a 37.8 °C	55
Entre 37.8 °C y 93.3 °C	30

Fuente: D.S.043-2007-EM, 2007, artículo 92.

- o Plano de arreglo general de las instalaciones del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

El plano mencionado se muestra en el Anexo N° 05.

A continuación se muestra el desarrollo de cada una de las etapas de la presente investigación.

- **Etapas 1: Determinación del grado de afectación y establecimiento del nivel de protección sobre las instalaciones**
  - o Listado de escenarios de incendio.

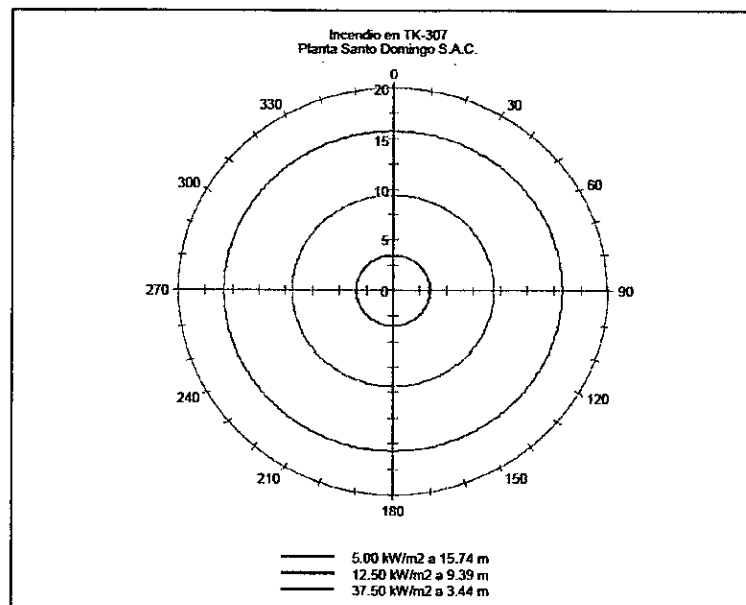
Los escenarios de incendio considerados en la presente investigación están basados en lo indicado por el reglamento

- o Trazado de radios de afectación por radiación térmica en el plano de arreglo general de las instalaciones del dique B.

Esta actividad permite conocer los equipos aledaños y zonas que son afectadas por niveles de radiación térmica generados en los escenarios de incendio, y también definir qué equipos deben ser protegidos en cada caso analizado (véase la tabla N° 4.6, en la página 66).

Para esto, se utilizó los radios de afectación mostrados en los reportes de simulación de incendios del Estudio de Riesgos de la Planta Santo Domingo S.A.C.

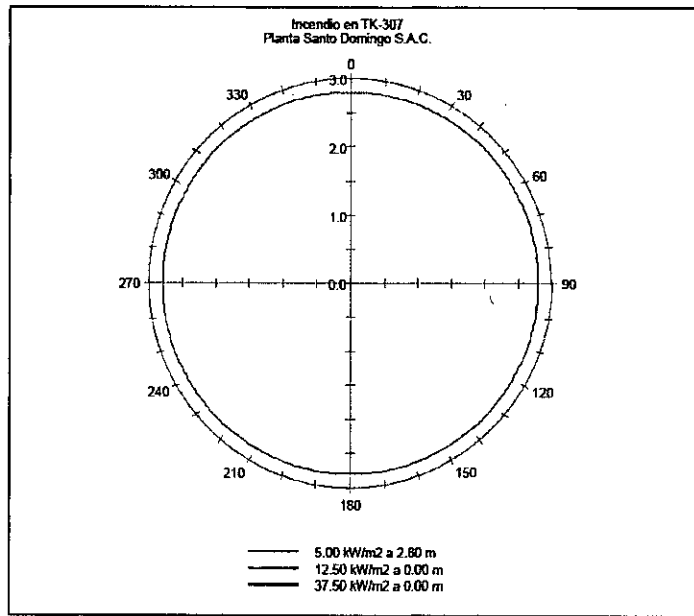
**FIGURA N° 4.1**  
**RADIOS DE AFECTACIÓN POR RADIACIÓN TÉRMICA, A**  
**NIVEL DE FUEGO - INCENDIO EN TANQUE TK-307**



Fuente: Reporte de simulación de incendio en TK-307, nivel de fuego.

FIGURA N° 4.2

RADIOS DE AFECTACIÓN POR RADIACIÓN TÉRMICA, A  
NIVEL DE PISO - INCENDIO EN TANQUE TK-307

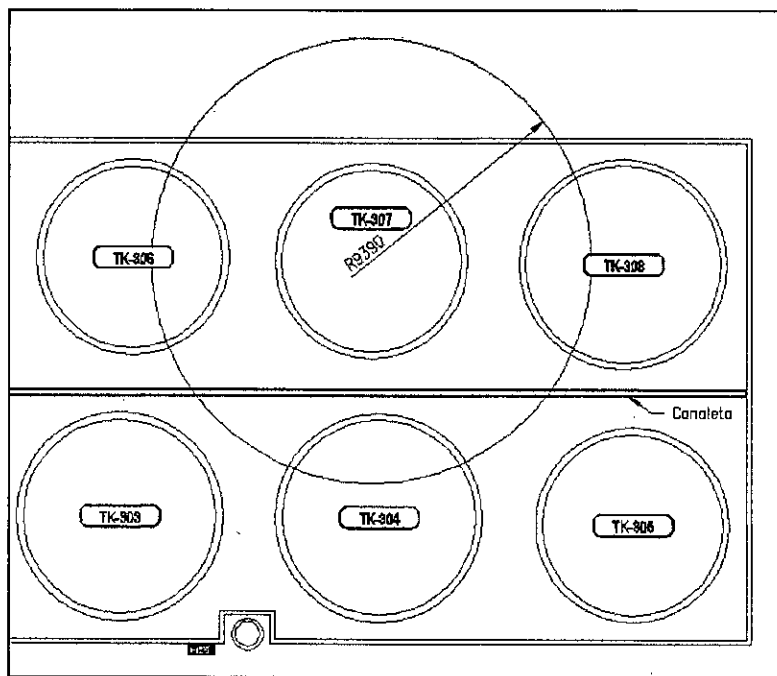


Fuente: Reporte de simulación de incendio en TK-307, nivel de piso.

Tomando como base los resultados de los reportes de simulación, se trazó los radios de afectación por radiación térmica sobre el plano de arreglo general. De acuerdo a lo indicado en el capítulo 2, el valor de radiación térmica recomendado para enfriamiento de superficies en tanques, para evitar el efecto dominó es  $12.5 \text{ kW/m}^2$  (véase la tabla N° 2.6, en la página 36), motivo por el cual se tomó este valor como referencia para establecer los niveles de protección sobre las instalaciones, en cada escenario de incendio.

A continuación, se muestra la proyección del radio de afectación por radiación térmica de 12.5 kW/m<sup>2</sup> por incendio en el tanque TK-307, evaluado a nivel de fuego.

**FIGURA N° 4.3**  
**PROYECCIÓN DE RADIO DE AFECTACIÓN DE 12.5 kW/m<sup>2</sup>,**  
**POR INCENDIO EN TK-307, SOBRE ARREGLO GENERAL**

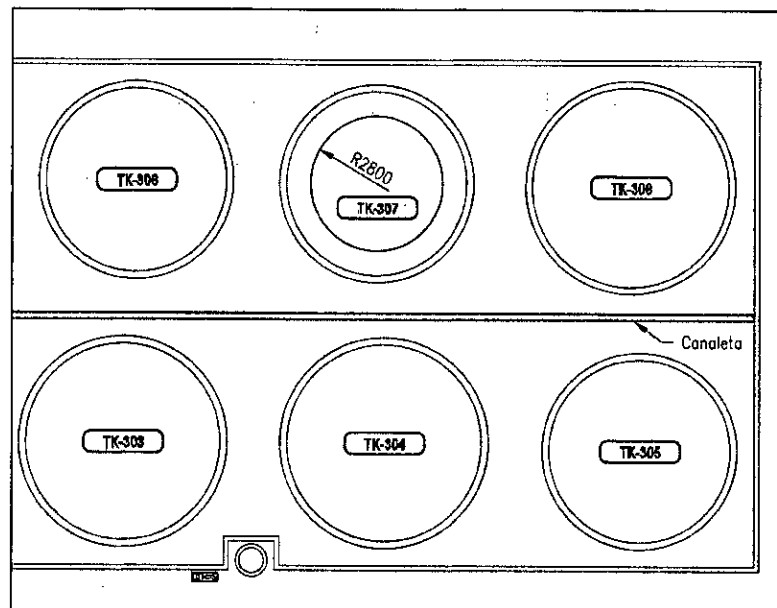


Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a lo indicado en el capítulo 2, el valor límite de radiación térmica recomendado para el combate de incendios por personal equipado es 5.0 kW/m<sup>2</sup> (véase la tabla N° 2.5, en la página 36), es decir que los bomberos y brigadas que combaten el incendio deben permanecer fuera del alcance de este nivel de radiación y para ello los hidrantes deben ser ubicados fuera de

esta área afectada, motivo por el cual también se trazó estos radios de afectación, evaluados a nivel de piso, sobre el plano de arreglo general del dique B, tal como se muestra a continuación.

**FIGURA N° 4.4**  
**PROYECCIÓN DE RADIO DE AFECTACIÓN DE 5.0 kW/m<sup>2</sup>,**  
**POR INCENDIO EN TK-307, SOBRE ARREGLO GENERAL**



Fuente: Elaboración Propia.

Los planos que muestran la proyección de todos los radios de afectación por radiación térmica sobre el arreglo general de las instalaciones del dique B, para todos los escenarios analizados, denominados “Radios de Afectación a Personas” y “Radios de Afectación a Equipos”, se muestran en los Anexos N° 06 y 07, respectivamente.



- o Determinación del grado de afectación y establecimiento del nivel de protección sobre las instalaciones, por cada escenario de incendio.

Posteriormente con la proyección de los radios de afectación por radiación térmica sobre el plano de arreglo general de las instalaciones del dique B, se determinó el grado de afectación sobre los tanques por cada escenario de incendio, los cuales deben protegerse.

**TABLA N° 4.7**  
**GRADO DE AFECTACIÓN SOBRE LOS TANQUES POR**  
**CADA ESCENARIO DE INCENDIO**

ESCENARIO	TANQUE INCENDIADO	GRADO DE AFECTACIÓN SOBRE LOS TANQUES
1	TK-301	(100%)TK-301, (50%)TK-302, (50%)TK-303, (50%)TK-306
2	TK-302	(50%)TK-301, (100%)TK-302
3	TK-303	(50%)TK-301, (100%)TK-303, (50%)TK-304, (50%)TK-306
4	TK-304	(50%)TK-303, (100%)TK-304, (50%)TK-305, (50%)TK-307
5	TK-305	(50%)TK-304, (100%)TK-305, (50%)TK-308
6	TK-306	(50%)TK-301, (50%)TK-303, (100%)TK-306, (50%)TK-307
7	TK-307	(50%)TK-304, (50%)TK-306, (100%)TK-307, (50%)TK-308
8	TK-308	(50%)TK-305, (50%)TK-307, (100%)TK-308

Fuente: Elaboración Propia.

De esta manera se determinó el grado de afectación sobre las instalaciones, por radiación térmica de 12.5 kW/m<sup>2</sup>, para cada escenario de incendio analizado.

Teniendo en cuenta los escenarios de incendio y los tanques afectados en cada uno de ellos, se estableció el nivel de protección sobre las instalaciones.

**TABLA N° 4.8**

**NIVEL DE PROTECCIÓN SOBRE LAS INSTALACIONES**

NIVEL DE PROTECCIÓN	TANQUE	FUNCIÓN
Cámaras fijas de aplicación de espuma	TK-301 @ 308	Extinción del incendio
Sistema de Diluvio	TK-301 @ 308	Enfriamiento de superficie lateral de tanque, afectada por radiación térmica de 12.5 kW/m <sup>2</sup>
Hidrantes	-	Enfriamiento de superficie de techo de tanque, afectada por radiación térmica de 12.5 kW/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia.

- **Etapa 2: Determinación del escenario de mayor demanda de agua y concentrado de espuma.**
  - Determinación del caudal total mínimo requerido de agua y espuma contra incendio en cada escenario analizado.
    - a) Para este paso primero se calculó el caudal de aplicación de espuma contra incendio para cada escenario analizado. Este

caudal se obtuvo al multiplicar el régimen de aplicación de espuma contra incendio (véase la tabla N° 4.4, en la página 64) por la sección transversal interna que existe en cada uno de los tanques de almacenamiento (superficie sobre la cual se aplica la espuma en caso de ocurrir un incendio al interior del tanque). Cabe recalcar que el valor del régimen de aplicación de espuma contra incendio utilizado, está establecido por el D.S.043-2007-EM en unidades inglesas (gpm/pie<sup>2</sup>), razón por la cual se realizó los cálculos en estas unidades. A continuación se muestra como se calculó el caudal de aplicación de espuma para el escenario de incendio en el tanque TK-307.

Caudal de aplicación de espuma contra incendio (gpm)	=	Régimen de aplicación (gpm/pie <sup>2</sup> )	x	Sección transversal interna del tanque (pie <sup>2</sup> )
Caudal de aplicación de espuma contra incendio (gpm)	=	0.15	x	$\left(\frac{\pi x \phi^2}{4}\right)_{307}$
Caudal de aplicación de espuma contra incendio (gpm)	=	0.15	x	$\frac{\pi x (25.07)^2}{4}$
Caudal de aplicación de espuma contra incendio (gpm)	=	74.04		

b) Posteriormente se calculó el caudal de agua contra incendio para cada escenario analizado, el cual está conformado por un

caudal de aplicación de agua de enfriamiento más un caudal de agua para la aplicación de espuma contra incendio.

i.- Para calcular el caudal de aplicación de agua de enfriamiento se tuvo en cuenta el régimen de aplicación (véase la tabla N° 4.3, en la página 64) y el área afectada por un nivel de radiación térmica de 12.5 kW/m<sup>2</sup>, superficie lateral y techo de los tanques, en cada escenario de incendio analizado. Cabe recalcar que el valor del régimen de aplicación de agua de enfriamiento utilizado, también está establecido por el D.S.043-2007-EM en unidades inglesas (gpm/pie<sup>2</sup>), razón por la cual se realizó los cálculos en estas unidades. El procedimiento seguido para calcular el caudal de aplicación de agua de enfriamiento por cada escenario analizado consistió en calcular primero el caudal de enfriamiento de la superficie lateral de los tanques afectados y luego sumarle el caudal de enfriamiento de la superficie del techo de los tanques aledaños afectados.

A continuación se muestra como se calculó el caudal de aplicación de agua de enfriamiento para el escenario de incendio en el tanque TK-307.

- Cálculo del caudal de agua de enfriamiento de la superficie lateral del tanque TK-307.

$$\begin{array}{l} \text{Caudal de agua de} \\ \text{enfriamiento} \\ \text{superficie lateral} \\ \text{TK-307 (gpm)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Régimen de} \\ \text{aplicación} \\ \text{considerando} \\ \text{aspersores (gpm/pie}^2\text{)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Sup. Lat. TK-307} \\ \text{(pie}^2\text{)} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Caudal de agua de} \\ \text{enfriamiento} \\ \text{superficie lateral} \\ \text{TK-307 (gpm)} \end{array} = 0.15 \times (\pi \times \phi \times H)_{307}$$

$$\begin{array}{l} \text{Caudal de agua de} \\ \text{enfriamiento} \\ \text{superficie lateral} \\ \text{TK-307 (gpm)} \end{array} = 0.15 \times \pi \times 25.07 \times 39.37$$

$$\begin{array}{l} \text{Caudal de agua de} \\ \text{enfriamiento} \\ \text{superficie lateral} \\ \text{TK-307 (gpm)} \end{array} = 465.12$$

- Cálculo del caudal de agua de enfriamiento de la superficie del techo del tanque TK-307.

$$\begin{array}{l} \text{Caudal de agua de} \\ \text{enfriamiento techo} \\ \text{TK-307 (gpm)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Régimen de} \\ \text{aplicación} \\ \text{considerando} \\ \text{hidrantes (gpm/pie}^2\text{)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Sup. Techo TK-307} \\ \text{(pie}^2\text{)} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Caudal de agua de} \\ \text{enfriamiento techo} \\ \text{TK-307 (gpm)} \end{array} = 0.20 \times \frac{\pi \times \phi^2}{4}$$

$$\begin{array}{l} \text{Caudal de agua de} \\ \text{enfriamiento techo} \\ \text{TK-307 (gpm)} \end{array} = 0.20 \times \frac{\pi \times (25.07)^2}{4}$$

$$\begin{array}{l} \text{Caudal de agua de} \\ \text{enfriamiento techo} \\ \text{TK-307 (gpm)} \end{array} = 98.73$$

De forma análoga se calculó el caudal de agua de enfriamiento de la superficie lateral y de los techos de todos los tanques. Los valores obtenidos se muestran a continuación.

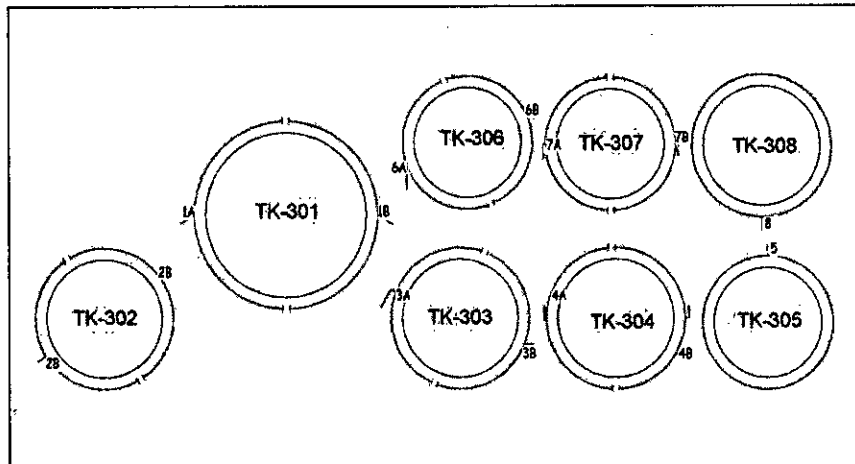
**TABLA N° 4.9**  
**CAUDAL DE AGUA DE ENFRIAMIENTO DE SUPERFICIE**  
**LATERAL Y TECHO DE CADA TANQUE**

TANQUE	CAUDAL DE AGUA DE ENFRIAMIENTO DE SUPERFICIE LATERAL (gpm)	CAUDAL DE AGUA DE ENFRIAMIENTO DE TECHO (gpm)
TK-301	664.98	222.07
TK-302	502.22	115.11
TK-303	502.22	115.11
TK-304	502.22	115.11
TK-305	465.12	98.73
TK-306	465.12	98.73
TK-307	465.12	98.73
TK-308	502.22	115.11

Fuente: Elaboración Propia.

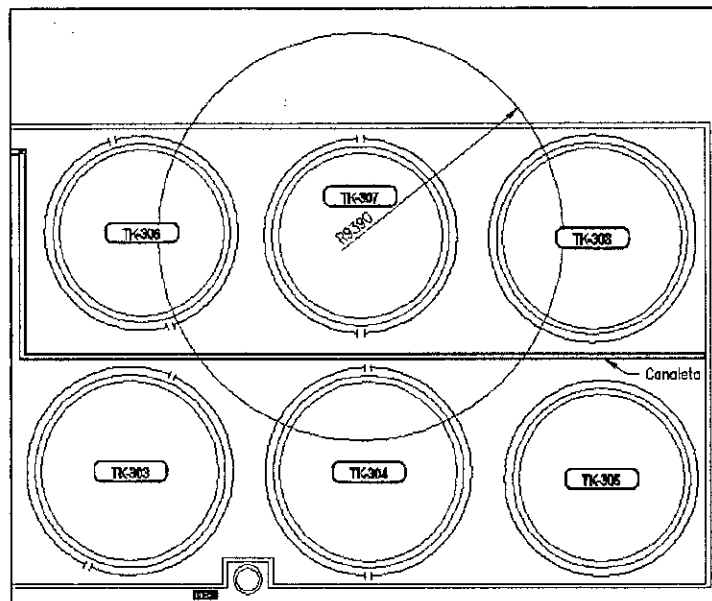
- Posteriormente para realizar la suma de los caudales de agua de enfriamiento de la superficie lateral de los tanques afectados en cada escenario analizado, se tuvo en cuenta el plano “Radios de Afectación a Equipos” (véase el Anexo N° 07) y la disposición de los anillos de enfriamiento en cada tanque, la cual se muestra a continuación.

**FIGURA N° 4.5**  
**DISPOSICIÓN DE ANILLOS DE ENFRIAMIENTO**  
**UTILIZADA EN CADA TANQUE**



Fuente: Elaboración Propia.

**FIGURA N° 4.6**  
**DISPOSICIÓN DE ANILLOS DE ENFRIAMIENTO Y**  
**RADIACIÓN TÉRMICA POR INCENDIO EN TK-307**



Fuente: Elaboración Propia.

- Suma de los caudales de agua de enfriamiento de la superficie lateral de los tanques afectados para el escenario de incendio en el tanque TK-307, teniendo en cuenta que debido a la disposición de los anillos, se debe enfriar el 50% de la superficie lateral del tanque TK-306 y considerar el 100% para los tanques TK-304, TK-307 y TK-308 (véase la figura N° 4.6, en la página 77). A continuación se muestra la suma realizada.

$$\begin{array}{l} \text{Caudal de agua de} \\ \text{enfriamiento de} \\ \text{Sup. Lat. de} \\ \text{tanques afectados} \\ \text{(gpm)} \end{array} = 50\% (\text{Caudal}_{\text{TK-306}}) + 100\% (\text{Caudal}_{\text{TK-304}} + \text{Caudal}_{\text{TK-307}} + \text{Caudal}_{\text{TK-308}})$$

$$\begin{array}{l} \text{Caudal de agua de} \\ \text{enfriamiento de} \\ \text{Sup. Lat. de} \\ \text{tanques afectados} \\ \text{(gpm)} \end{array} = 0.50 \times (465.12) + (502.22 + 465.12 + 502.22)$$

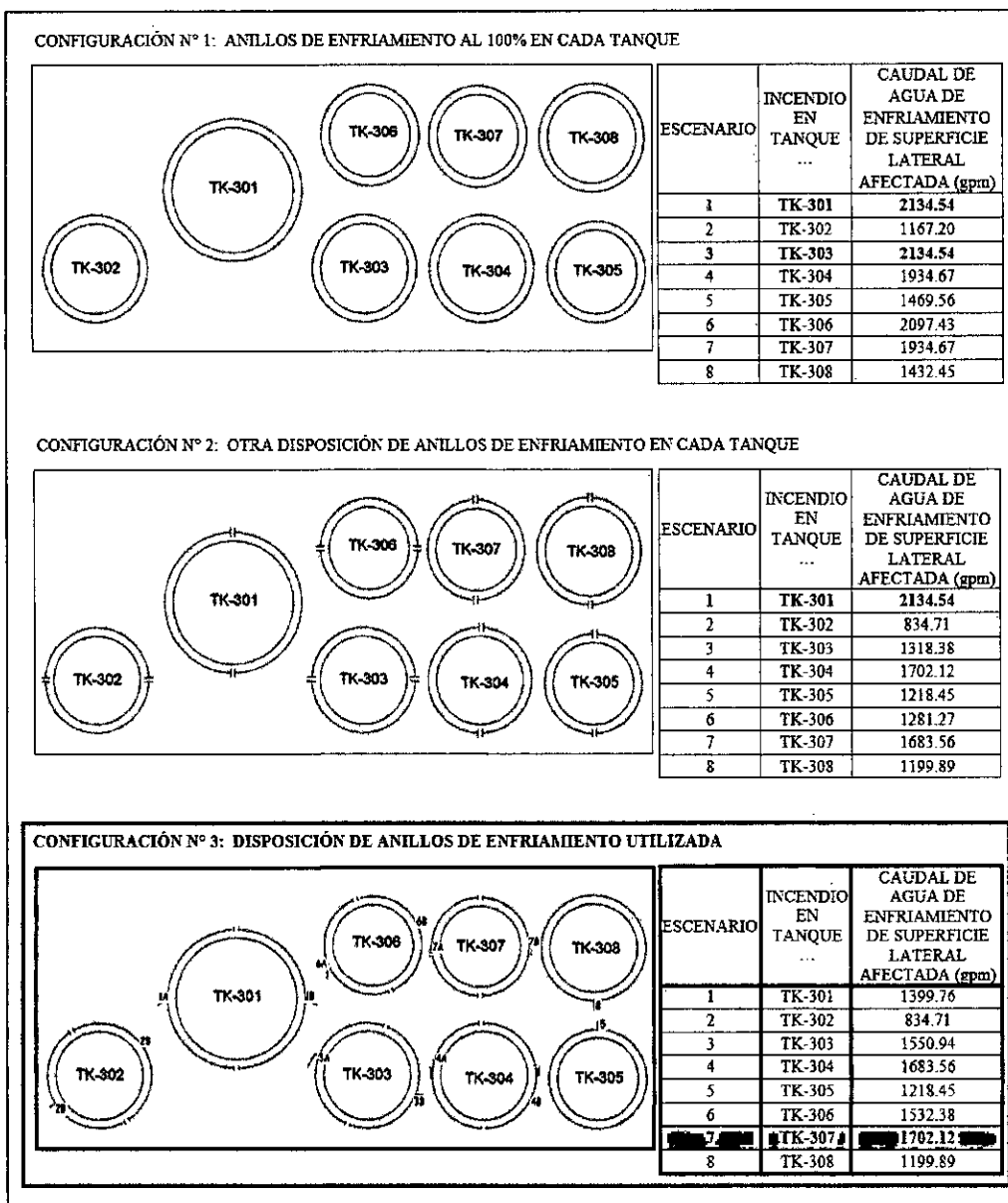
$$\begin{array}{l} \text{Caudal de agua de} \\ \text{enfriamiento de} \\ \text{Sup. Lat. de} \\ \text{tanques afectados} \\ \text{(gpm)} \end{array} = 1702.12$$

Cabe recalcar que para obtener la disposición de anillos de enfriamiento utilizada (véase la figura N° 4.5, en la página 77), se evaluó previamente otras configuraciones y se eligió la que generó un menor caudal de agua para enfriar las superficies afectadas por radiación térmica, tal como se muestra en la siguiente figura.



FIGURA N° 4.7

CONFIGURACIONES EVALUADAS PARA LA ELECCIÓN DE LA  
DISPOSICIÓN DE ANILLOS DE ENFRIAMIENTO EN CADA TANQUE



Fuente: Elaboración Propia.

- Suma de los caudales de agua de enfriamiento de la superficie del techo de los tanques afectados para el escenario de incendio en el tanque TK-307, teniendo en cuenta que para estos casos el enfriamiento se realiza mediante hidrantes y debido a ello se consideró enfriar solo el 50% de los techos de los tanques TK-304, TK-306 y TK-308 (véase la figura N° 4.3, en la página 69), tal como se muestra a continuación.

$$\begin{aligned} &\text{Caudal de agua de enfriamiento} \\ &\text{de techo de tanques afectados} \\ &\text{(gpm)} \end{aligned} = 50\% (\text{Caudal}_{\text{TK-306}} + \text{Caudal}_{\text{TK-304}} + \text{Caudal}_{\text{TK-308}})$$

$$\begin{aligned} &\text{Caudal de agua de enfriamiento} \\ &\text{de techo de tanques afectados} \\ &\text{(gpm)} \end{aligned} = 0.50 \times (98.73 + 115.11 + 115.11)$$

$$\begin{aligned} &\text{Caudal de agua de enfriamiento} \\ &\text{de techo de tanques afectados} \\ &\text{(gpm)} \end{aligned} = 164.48$$

- Cálculo del caudal de agua de enfriamiento total para el escenario de incendio en el tanque TK-307.

Caudal de agua de enfriamiento total por incendio en TK-307 (gpm)	=	Caudal de agua de enfriamiento de Sup. Lat. de tanques afectados (gpm)	+	Caudal de agua de enfriamiento de techo de tanques afectados (gpm)
Caudal de agua de enfriamiento total por incendio en TK-307 (gpm)	=	1702.12	+	164.48
Caudal de agua de enfriamiento total por incendio en TK-307 (gpm)	=	1866.60		

De forma análoga se calculó el caudal de agua de enfriamiento total para todos los escenarios analizados. Los valores obtenidos se muestran a continuación.

**TABLA N° 4.10**  
**CAUDAL DE AGUA DE ENFRIAMIENTO POR CADA**  
**ESCENARIO ANALIZADO**

ESCENARIO	INCENDIO EN TANQUE ...	CAUDAL DE AGUA DE ENFRIAMIENTO TOTAL (gpm)
1	TK-301	1728.69
2	TK-302	945.75
3	TK-303	1768.89
4	TK-304	1839.84
5	TK-305	1333.55
6	TK-306	1750.34
7	<b>TK-307</b>	<b>1866.60</b>
8	TK-308	1298.62

Fuente: Elaboración Propia.

ii.- El caudal de agua para la aplicación de espuma contra incendio se obtuvo al multiplicar el caudal de aplicación de espuma por el porcentaje (97%) que representa la presencia de agua en la solución de espuma. A continuación se muestra el cálculo realizado para el escenario de incendio en el tanque TK-307.

Caudal de agua para aplicación de espuma (gpm)	=	Caudal de aplicación de espuma contra incendio (gpm)	x	% de Agua en solución de espuma
Caudal de agua para aplicación de espuma (gpm)	=	74.04	x	97%
Caudal de agua para aplicación de espuma (gpm)	=	71.82		

Posteriormente, se sumó el caudal de aplicación de agua de enfriamiento total más el caudal de agua para la aplicación de espuma, para obtener el caudal de agua contra incendio para cada escenario analizado. A continuación se muestra el cálculo realizado para el escenario de incendio en el tanque TK-307.

Caudal de agua contra incendio (gpm)	=	Caudal de agua de enfriamiento total (gpm)	+	Caudal de agua para aplicación de espuma (gpm)
Caudal de agua contra incendio (gpm)	=	1866.60	+	71.82
Caudal de agua contra incendio (gpm)	=	1938.42		

De forma análoga al procedimiento de cálculo indicado en los pasos (a) y (b), se determinó el caudal total requerido de agua y espuma contra incendio en cada escenario analizado. Los valores obtenidos se muestran a continuación.

**TABLA N° 4.11**

**CAUDAL MÍNIMO REQUERIDO DE AGUA Y ESPUMA  
CONTRA INCENDIO POR CADA ESCENARIO ANALIZADO**

ESCENARIO	INCENDIO EN TANQUE...	CAUDAL DE APLICACIÓN DE ESPUMA CONTRA INCENDIO (gpm)	CAUDAL DE AGUA CONTRA INCENDIO (gpm)
1	TK-301	111.04	1836.40
2	TK-302	86.33	1029.49
3	TK-303	86.33	1852.63
4	TK-304	86.33	1923.58
5	TK-305	74.04	1405.38
6	TK-306	74.04	1822.16
7	<b>TK-307</b>	<b>74.04</b>	<b>1938.42</b>
8	TK-308	86.33	1382.36

Fuente: Elaboración Propia.

- o Determinación de la demanda de agua y concentrado de espuma contra incendio en cada escenario analizado.

Para este paso primero se calculó la demanda de concentrado de espuma contra incendio para cada escenario analizado. El procedimiento de cálculo seguido fue el siguiente, se multiplicó el caudal de aplicación de espuma contra incendio por el tiempo correspondiente (véase la tabla N° 4.5, en la página 65) y por el porcentaje de concentración de la espuma contra incendio (3%), obteniendo de esta manera la cantidad de concentrado de espuma que se utiliza para combatir incendios en cada uno de los tanques.

A continuación se muestra como se calculó la cantidad de concentrado de espuma para combatir un incendio en el tanque TK-307.

Concentrado de espuma combate de incendio en tanque TK-307 (galones)	=	Caudal de aplicación de espuma contra incendio (gpm)	x	Tiempo de aplicación (min)	x	Porcentaje de concentración de espuma
Concentrado de espuma combate de incendio en tanque TK-307 (galones)	=	74.04	x	55	x	3%
Concentrado de espuma combate de incendio en tanque TK-307 (galones)	=	122.17				

Además se consideró lo indicado en las secciones 5.9.1 y 5.9.2 de la norma NFPA 11, en la que se establece que adicionalmente a los medios de protección principal en algunos tipos de riesgos se requiere medios de protección suplementaria y que debe proveerse equipos de chorros de manguera de espuma como protección suplementaria para incendios de derrames pequeños (p. 30).

De acuerdo a la tabla N° 5.9.2.2 de la norma NFPA 11, se indica que para diámetro del tanque mayor hasta 65 pies le corresponde 01 chorro de manguera de espuma suplementaria (p. 30).

Según la sección 5.9.2.3 de la norma NFPA 11, el equipo que produce cada chorro de espuma debe proporcionar un caudal de aplicación de solución de por lo menos 50 gpm (p. 30).

En la tabla N° 5.9.2.4 de la norma NFPA 11, se indica que para diámetro del tanque mayor entre 35 a 95 pies le corresponde un tiempo mínimo de operación de 20 min de los chorros de manguera de espuma suplementaria (p. 30).

Teniendo en cuenta que el tanque de mayor diámetro analizado tiene 37.60 pies, se consideró el uso de 01 chorro de manguera de espuma suplementaria. También se consideró que la boquilla autoeductora proporciona un caudal de aplicación de solución de espuma de 60 gpm (modelo F60P, marca National Foam), debido a que en el mercado local no se comercializa boquillas con menor caudal de aplicación, finalmente el tiempo que se consideró para la aplicación del chorro de espuma suplementaria fue de 20 min.

Con las consideraciones expuestas anteriormente se calculó la cantidad de concentrado de espuma suplementaria, tal como se muestra a continuación.

Concentrado de espuma suplementaria (galones)	=	Caudal de aplicación de espuma suplementaria (gpm)	x	Tiempo de aplicación (min)	x	Porcentaje de concentración de espuma
Concentrado de espuma suplementaria (galones)	=	60	x	20	x	3%
Concentrado de espuma suplementaria (galones)	=	36				

Luego se calculó la cantidad de concentrado de espuma instalada en planta, la cual se obtuvo sumando la cantidad de concentrado de espuma para combate de incendio en el tanque más la cantidad de concentrado de espuma suplementaria para incendios de derrames pequeños.

A continuación se muestra como se calculó la cantidad de concentrado de espuma instalada en planta, considerando la cantidad de concentrado de espuma para combatir un incendio en el tanque TK-307.

Concentrado de espuma instalada en planta (galones)	=	Concentrado de espuma combate de incendio en tanque TK-307 (galones)	+	Concentrado de espuma suplementaria (galones)
Concentrado de espuma instalada en planta (galones)	=	122.17	+	36
Concentrado de espuma instalada en planta (galones)	=	158.17		



Luego se consideró lo indicado en el artículo 86 del D.S.043-2007-EM, que establece que las cantidades de concentrado de espuma que deben mantenerse disponibles no serán menores a dos veces la cantidad necesaria para combatir el mayor riesgo individual existente.

Por lo tanto se procedió a duplicar la cantidad de concentrado de espuma instalada en planta, para determinar la cantidad total de concentrado de espuma contra incendio (incluyendo reserva), que se requiere.

A continuación se muestra como se realizó este cálculo, considerando la cantidad de concentrado de espuma instalada en planta, que se determinó para el escenario de incendio en el tanque TK-307.

Total de concentrado de espuma (galones)	=	Concentrado de espuma instalada en Planta (galones)	x	2
Total de concentrado de espuma (galones)	=	158.17	x	2
Total de concentrado de espuma (galones)	=	316.34		

De forma análoga se realizó los cálculos considerando los escenarios de incendio en cada uno de los otros tanques de almacenamiento, para determinar la cantidad total de

concentrado de espuma contra incendio (incluyendo reserva), que se requiere en cada escenario analizado. Los valores obtenidos se muestran a continuación.

**TABLA N° 4.12**

**CANTIDAD DE CONCENTRADO DE ESPUMA CONTRA INCENDIO REQUERIDO POR CADA ESCENARIO ANALIZADO**

ESCE- NARIO	INCEN- DIO EN TANQUE ...	CONCENTRADO DE ESPUMA COMBATE DE INCENDIO EN TANQUE (galones)	CONCENTRADO DE ESPUMA INSTALADA EN PLANTA (galones)	TOTAL DE CONCEN- TRADO DE ESPUMA (galones)
1	TK-301	183.21	219.21	438.42
2	TK-302	142.44	178.44	356.88
3	TK-303	142.44	178.44	356.88
4	TK-304	142.44	178.44	356.88
5	TK-305	122.17	158.17	316.34
6	TK-306	122.17	158.17	316.34
7	TK-307	122.17	158.17	316.34
8	TK-308	142.44	178.44	356.88

Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente se calculó la demanda de agua contra incendio, la cual se obtuvo al sumar el producto del caudal de agua de enfriamiento total por su tiempo de aplicación más el producto del caudal de agua para aplicación de espuma por su respectivo tiempo de aplicación.

A continuación se muestra como se calculó la demanda de agua para el escenario de incendio en el tanque TK-307.

$$\begin{aligned}
 &\text{Demanda de agua contra incendio (galones)} = \text{Caudal de agua de enfriamiento total (gpm)} \times \text{Tiempo de aplicación (min)} + \text{Caudal de agua para aplicación de espuma (gpm)} \times \text{Tiempo de aplicación (min)} \\
 &\text{Demanda de agua contra incendio (galones)} = 1866.60 \times 240 + 71.82 \times 55 \\
 &\text{Demanda de agua contra incendio (galones)} = 451934.10
 \end{aligned}$$

De forma análoga se realizó el cálculo de la demanda de agua contra incendio para cada escenario analizado. A continuación se muestran los valores obtenidos.

**TABLA N° 4.13**  
**DEMANDA DE AGUA CONTRA INCENDIO POR CADA**  
**ESCENARIO ANALIZADO**

ESCENARIO	INCENDIO EN TANQUE...	DEMANDA DE AGUA CONTRA INCENDIO (galones)
1	TK-301	420810.26
2	TK-302	231584.84
3	TK-303	429138.80
4	TK-304	446167.42
5	TK-305	324002.86
6	TK-306	424030.74
7	<b>TK-307</b>	<b>451934.10</b>
8	TK-308	316274.37

Fuente: Elaboración Propia.

o Selección de los escenarios con mayor demanda de agua y concentrado de espuma contra incendio.

- El escenario con mayor demanda de concentrado de espuma es un incendio en el tanque TK-301, para el cual se requiere un total de 438.42 galones, incluyendo reserva (véase la tabla N° 4.12, en la página 88).

- El escenario con mayor demanda de agua es un incendio en el tanque TK-307, para el cual se requiere un total de 451934.10 galones (véase la tabla N° 4.13, en la página 89).

• **Etapa 3: Determinación de las dimensiones y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio.**

En adelante, se mostrará el modelo de cálculo para abastecer agua y espuma contra incendio ante un incendio en el tanque TK-307, y se mostrarán tablas con el resultado de los tanques restantes.

Debido a que la temperatura ambiente de la planta no representa un peligro de congelamiento para el agua contra incendio, no se ha provisto de una protección térmica a las tuberías, accesorios y equipos del sistema.

Según normativa NFPA existen diversas alternativas al momento de seleccionar el material de las tuberías para el transporte de agua contra incendio. El material considerado para las tuberías del

sistema es Acero al Carbono según las especificaciones de ASTM A53, con dimensiones según ASME B36.10M, en cédula 40. Esto debido a la disponibilidad actual en el mercado nacional.

Cabe mencionar que la cédula 40 es lo mínimo requerido para tuberías que transportan solución agua-espuma contra incendio.

Adicionalmente, las tuberías que transportarán solución agua espuma y las tuberías secas de los sistemas de diluvio deben ser galvanizadas, en concordancia con la sección 5.3.6 de la NFPA 15 y la sección 4.7.2.1 de la NFPA 11, respectivamente.

Se considera la siguiente nomenclatura para los cálculos:

**TABLA N° 4.14**

**NOMENCLATURA PARA CÁLCULOS HIDRÁULICOS**

DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA
Caudal (gpm)	Q
Caudal de boquilla aspersora (gpm)	q
Diámetro nominal de tubería (in)	Ø
Presión de operación (psi)	Po
Diámetro interno de tubería (in)	D
Pérdidas de presión por fricción (psi)	Jf
Factor de descarga para boquillas aspersoras	K
Longitud equivalente de tubería	Le
Diferencia de nivel geodésico	ΔZ
Velocidad de flujo (pie/s)	V

Fuente: Elaboración Propia.

- o Selección de cantidad de cámaras de espuma por tanque.

En base al diámetro del tanque TK-307 y teniendo en consideración lo mencionado en la sección 5.2.5.2.1 de la NFPA

11, se determinó que se requiere de un punto de salida de espuma contra incendio (cámara de espuma) como mínimo.

En el caso del tanque TK-307 se eligió usar una sola cámara de espuma, pues cumple con lo establecido por las normas NFPA.

A continuación se muestra una tabla con la cantidad elegida de cámaras de espuma elegida para cada tanque.

**TABLA N° 4.15**  
**CANTIDAD DE CÁMARAS DE ESPUMA**  
**SELECCIONADA**

TANQUE	CANTIDAD DE CÁMARAS DE ESPUMA
TK-301	01 unidad
TK-302	01 unidad
TK-303	01 unidad
TK-304	01 unidad
TK-305	01 unidad
TK-306	01 unidad
TK-307	01 unidad
TK-308	01 unidad

Fuente: Elaboración Propia

- o Cálculo y selección de tanque bladder y proporcionador de espuma.

La planta Santo Domingo cuenta con un Tanque Bladder de capacidad 600 galones, un proporcionador estándar de espuma de 6" y una válvula reguladora de presión de 6" seteada a una presión de salida de 65 psi. Dichos equipos actualmente sirven de suministro para el Dique A (existente).

**TABLA N° 4.16**  
**CARACTERÍSTICAS DE TANQUE BLADDER**  
**EXISTENTE**

CARACTERÍSTICA	VALOR
Marca	Ansul
Capacidad (galones)	600
Disposición	Vertical

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 4.17**  
**CARACTERÍSTICAS DE PROPORCIONADOR DE**  
**ESPUMA EXISTENTE**

CARACTERÍSTICA	VALOR
Marca	Ansul
Diámetro nominal	Wafer 6"
Rango de operación (gpm)	509 - 3070

Fuente: Elaboración Propia

Según los resultados obtenidos previamente (véase la tabla N° 4.12, en la página 88), la capacidad del Tanque Bladder existente en la planta resulta suficiente para suministrar concentrado de espuma en caso de un incendio en cualquiera de los tanques del Dique B. Por lo tanto, se conservará el tanque bladder existente.

Según los resultados obtenidos previamente (véase la tabla N° 4.11, en la página 83), los caudales de operación de las cámaras de espuma están fuera del rango de operación del

proporcionador existente. Por lo tanto, se investigó posibles alternativas compatibles.

**TABLA N° 4.18**

**CARACTERÍSTICAS DE PROPORCIONADORES**

**DISPONIBLES MARCA ANSUL**

DIÁMETRO NOMINAL	WAFER 4"	WAFER 6"	WAFER 8"	FLOWMAX 6"
Rango de operación (gpm)	252 - 1532	509 - 3070	1107 - 5170	55 - 3535

Fuente: [http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/showpage.html?name=GFGV.EX3933&ccnshorttitle= Foam+Liquid+Concentrates&objid=1074300461&cfgid=1073741824&version=versionless&parent\\_id=1073987143&sequence=1](http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/showpage.html?name=GFGV.EX3933&ccnshorttitle= Foam+Liquid+Concentrates&objid=1074300461&cfgid=1073741824&version=versionless&parent_id=1073987143&sequence=1)

La tabla anterior muestra las alternativas disponibles para reemplazar el proporcionador existente en la planta. Se eligió el proporcionador FlowMax 6" dado que los caudales de las cámaras de espuma del dique B están dentro de su rango de operación. Además, el proporcionador FlowMax 6" no altera la operación del sistema de espuma contra incendio ya que contiene al rango de caudales del proporcionador Wafer 6".

**TABLA N° 4.19**

**CARACTERÍSTICAS DE PROPORCIONADOR**

**SELECCIONADO**

CARACTERÍSTICA	VALOR
Marca	Ansul
Diámetro nominal	FlowMax 6"
Rango de operación (gpm)	55 - 3535

Fuente: Elaboración Propia



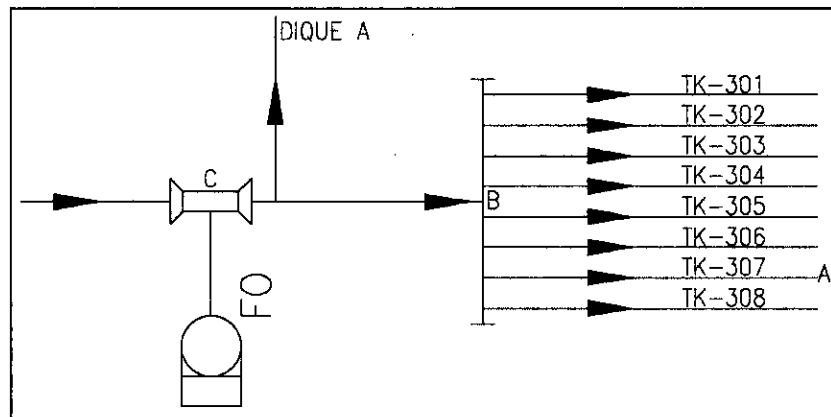
- Cálculo y selección de líneas de solución agua-espuma y cámaras de espuma.

Para proceder con el cálculo de los diámetros nominales de las líneas que transportarán solución agua-espuma se tuvo en consideración lo siguiente:

- Inmediatamente detrás del proporcionador de espuma se encuentra una válvula reguladora de presión seteada a 65 psi. Con la finalidad de no alterar la operación del sistema de espuma contra incendio del Dique A (existente), se tomará dicha presión set como dato de entrada en el cálculo.
- Actualmente existe una línea de tubería de diámetro nominal 4" que se extiende desde el proporcionador de espuma hasta un punto cercano a la zona a proteger, según lo mostrado en los planos. Dicha línea será aprovechada para abastecer al sistema de espuma contra incendio del Dique B.

La siguiente figura muestra un arreglo esquemático parcial de la red de solución agua-espuma. El punto "A" representa el punto de descarga; el punto "B" representa el manifold; y el punto "C" representa la ubicación del proporcionador de espuma.

**FIGURA N° 4.8**  
**ARREGLO ESQUEMÁTICO DE LA RED DE SOLUCIÓN**  
**AGUA-ESPUMA**



Fuente: Elaboración Propia

El tramo C-B tiene un diámetro nominal de 4", por lo cual se procedió a calcular la pérdida de presión por fricción, considerando la ecuación de Hazen-William (véase el capítulo 2, en la página 49).

**TABLA N° 4.20**  
**PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TRAMO C-B**

Ø (in)	D (in)	Q (gpm)	Le (pies)	Jf (psi)	V (pies/s)
4	4.026	74.02	426.51	<b>0.89</b>	1.86

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se procedió a calcular las pérdidas de presión y velocidades de flujo para el tramo "B-A" con distintos diámetros nominales, utilizando las ecuaciones de Hazen-William (véase el capítulo 2, en la página 49).

**TABLA N° 4.21**

**COMPARATIVO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN VS  
DIÁMETRO NOMINAL EN TRAMO B-A**

Ø (in)	D (in)	Q (gpm)	Le (pies)	Jf (psi)	V (pies/s)
2.5	2.469	74.02	273.01	6.19	4.96
<b>3</b>	<b>3.068</b>	<b>74.02</b>	<b>280.38</b>	<b>2.21</b>	<b>3.21</b>
4	4.026	74.02	290.34	0.61	1.86

Fuente: Elaboración Propia

Con la finalidad de elegir el diámetro nominal óptimo, se procedió a determinar la presión que llega a la cámara de espuma considerando las caídas de presión.

Para el caso de una tubería de 2.5”:

$$\begin{aligned}
 \text{Presión en cámara} &= \text{Presión set de regulad} - \text{Pérd. tramo C-B} - \text{Pérd. tramo B-A} - \text{Pérd. por diferencia de elevac.} \\
 P &= 65.00 - 0.89 - 6.19 - 39.37 \cdot 0.43 \\
 P &= 40.99 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Para el caso de una tubería de 3”:

$$\begin{aligned}
 \text{Presión en cámara} &= \text{Presión set de regulad} - \text{Pérd. tramo C-B} - \text{Pérd. tramo B-A} - \text{Pérdida por diferencia de elevac.} \\
 P &= 65.00 - 0.89 - 2.21 - 39.37 \cdot 0.43 \\
 P &= 44.97 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Para el caso de una tubería de 4":

Presión	=	Presión	-	Pérd.	-	Pérd.	-	Pérdida por
en		set de		tramo		tramo		diferencia
cámara		regulad		C-B		B-A		de elevac.
P	=	65.00	-	0.89	-	0.61	-	39.37*0.43
P	=	46.57 psi						

Se eligió una línea de tuberías de diámetro nominal 3", dado que las cámaras de espuma de la marca Ansul tienen una presión de trabajo mínima de 40 psi.

Luego de determinar el diámetro nominal de la alimentación y la presión de operación de la cámara de espuma se calculó el valor de su factor K:

$$K = \frac{Q}{(gpm)} / \frac{P^{0.5}}{(psi)}$$

$$K = 74.02 / 44.97^{0.5}$$

$$K = 11.04$$

Las cámaras de espuma disponibles en la marca Ansul (compatible con los equipos existentes) tienen las siguientes características:

**TABLA N° 4.22**

**CARACTERÍSTICAS DE CÁMARAS DE ESPUMA  
DISPONIBLES EN MARCA ANSUL**

MODELO	RANGO DE CAUDAL	RANGO DE FACTOR K
AFC-90	49 – 151	7.8 – 15.1
AFC-170	94 – 279	14.9 – 27.9
AFC-330	183 – 610	28.9 – 61.0
AFC-550	350 – 980	55.3 – 98.0

Fuente: <https://www.ansul.com/en/us/DocMedia/F-85154.pdf>

Por lo tanto, se seleccionó el modelo de cámara AFC-90.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para el resto de tanques de almacenamiento, siguiendo la misma metodología aplicada para las cámaras de espuma y líneas de alimentación del tanque TK-307.

**TABLA N° 4.23**

**DIAMETRO NOMINAL DE TUBERÍAS Y MODELO DE  
CÁMARA DE ESPUMA SELECCIONADO**

TANQUE DE ALMAC.	DIAM. DE TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN	MODELO DE CÁMARA	CAUDAL DE OPERAC. (GPM)	FACTOR K
TK-301	3"	AFC-90	111.04	16.64
TK-302	3"	AFC-90	86.33	12.79
TK-303	3"	AFC-90	86.33	12.93
TK-304	3"	AFC-90	86.33	12.97
TK-305	3"	AFC-90	74.04	11.07
TK-306	3"	AFC-90	74.04	11.01
TK-307	3"	AFC-90	74.04	11.04
TK-308	3"	AFC-90	86.33	13.03

Fuente: Elaboración propia

o Cálculo y selección de aspersores de agua.

Inicialmente, se definió el diámetro del toroide de enfriamiento que irá montado en la parte superior del casco del tanque de combustible. Para esto, se tuvo en consideración que los tanques cuentan con escaleras soldadas al casco con un ancho de 2.46 pies. De modo que no se generen interferencias:

$$\text{Diámetro de toroide} = \text{Diámetro de tanque (pie)} + 2 \times \text{Separación tanque-toroide (pie)}$$

$$\text{Diámetro de toroide} = 25.07 + 2 \times 2.46$$

$$\text{Diámetro de toroide} = 29.99 \text{ pie}$$

Luego, se procedió a la determinación de la cantidad de aspersores de agua en el tanque TK-307, en base a la distancia de separación entre ellos. En este punto, se consideró elegir un múltiplo de cuatro (buenas prácticas), puesto que hace posible realizar futuras optimizaciones.

Se evaluó tres alternativas.

**TABLA N° 4.24**

**COMPARATIVO DE SEPARACIÓN DE ASPERSORES VS  
CANTIDAD**

SEPARACIÓN ENTRE ASPERSORES (pie)	=	3.1416	*	DIÁMETRO DE TOROIDE (pie)	/	CANTIDAD DE ASPERSORES
11.78	=	3.1416	*	29.99	/	8
<b>7.85</b>	=	<b>3.1416</b>	*	<b>29.99</b>	/	<b>12</b>
5.89	=	3.1416	*	29.99	/	16

Fuente: Elaboración propia

Considerando que la Sección 7.1.8 de la NFPA 15 indica una distancia de separación máxima de 10 pies entre aspersores, se seleccionó la cantidad de 12 aspersores por ser el número óptimo.

A continuación, se determina el caudal requerido en cada boquilla aspersora, considerando el caudal de enfriamiento de la superficie lateral de tanques afectados (véase la tabla N° 4.9, en la página 76).

$$\begin{array}{rcl}
 q & = & Q \\
 (\text{lpm}) & & (\text{lpm}) \quad / \quad \text{Número de} \\
 & & \text{aspersores} \\
 38.76 & = & 465.12 \quad / \quad 12
 \end{array}$$

Siguiendo con la determinación de los aspersores, se analizó las presiones de operación del aspersor según los factores K del modelo D3 de la marca TYCO, disponibles en el mercado:

**TABLA N° 4.25**  
**COMPARATIVO DE PRESIÓN VS FACTOR K**

Po (psi)	=	q <sup>2</sup> (gpm)	/	K <sup>2</sup>
89.37	=	38.76 <sup>2</sup>	/	4.1 <sup>2</sup>
47.91	=	38.76 <sup>2</sup>	/	5.6 <sup>2</sup>
<b>28.98</b>	=	<b>38.76<sup>2</sup></b>	/	<b>7.2<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración propia

Considerando que la sección 8.1.2 de la NFPA 15 indica una presión mínima de operación de 20 psi para aspersores en exterior, los parámetros de operación del aspersor seleccionado para el tanque TK-307 son:

**TABLA N° 4.26**  
**PARÁMETROS MÍNIMOS DE OPERACIÓN DE**  
**ASPERSORES EN EL TANQUE TK-307**

PARÁMETRO	VALOR
Presión de operación (psi)	28.98
Caudal de operación (gpm)	38.76
Factor K	7.2

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra una tabla resumen con el resultado obtenido para todos los tanques de almacenamiento, siguiendo la



misma metodología empleada en el caso desarrollado como ejemplo de cálculo:

**TABLA N° 4.27**

**CARACTERÍSTICAS DEL ASPERSOR SELECCIONADO**

TANQUE DE ALMAC.	MODELO DE ASPERSOR	CANT.	PRESIÓN DE OPERACIÓN (psi)	CAUDAL DE OPERACIÓN (gpm)	FACTOR K
TK-301	TYCO D3	16	33.32	41.56	7.2
TK-302	TYCO D3	12	33.78	41.85	7.2
TK-303	TYCO D3	12	33.78	41.85	7.2
TK-304	TYCO D3	12	33.78	41.85	7.2
TK-305	TYCO D3	12	28.98	38.76	7.2
TK-306	TYCO D3	12	28.98	38.76	7.2
TK-307	TYCO D3	12	28.98	38.76	7.2
TK-308	TYCO D3	12	33.78	41.85	7.2

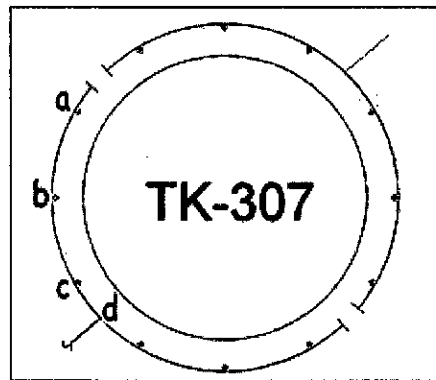
Fuente: Elaboración propia

o Determinación de diámetro nominal del toroide de enfriamiento

Una vez determinados los parámetros de operación de los aspersores, se procedió a calcular el diámetro nominal del toroide en el cual se instalarán estos.

Para facilitar la evaluación del diámetro del toroide se muestra la siguiente figura, que representa un esquema del arreglo de aspersores alrededor del toroide. En el caso específico del tanque TK-307, se determinó que el toroide de enfriamiento será dividido con la finalidad de optimizar el consumo de agua contra incendio (véase la figura N° 4.5, en la página 77).

**FIGURA N° 4.9**  
**ARREGLO ESQUEMÁTICO DE ASPERSORES EN EL**  
**TOROIDE DE TANQUE TK-307**



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestra el cálculo de pérdidas de presión en el tramo “a-d” con un toroide de diámetro nominal de 2” (a priori), considerando la ecuación de Hazen-William.

Iniciamos con el cálculo del tramo “a-b”:

**TABLA N° 4.28**  
**PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TRAMO a-b**

TRAMO	Ø (in)	D (in)	Q (gpm)	Le (pies)	Jf (psi)	Po (psi)	Pf (psi)	V (pies/s)
a - b	2	2.067	38.76	18.19	0.3	28.98	29.28	1.13

Fuente: Elaboración Propia

Antes de calcular en el tramo “b-c” se debe evaluar el nuevo caudal de la boquilla en el punto b, debido a que será alimentada con una presión Po, que ahora será igual a Pf del tramo “a-b”.

$$q_b = K * P_o^{0.5} \text{ (psi)}$$

$$q_b = 7.2 * 29.28^{0.5}$$

$$q_b = 38.96 \text{ gpm}$$

Por lo tanto, el caudal que circula por el tramo “b-c” será:

$$Q = Q_{a-b} \text{ (gpm)} + q_b \text{ (gpm)}$$

$$Q = 38.76 + 38.96$$

$$Q = 77.72 \text{ gpm}$$

Continuamos de la misma forma con el cálculo de los tramos “b-c” y “c-d”:

**TABLA N° 4.29**

**PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TRAMO b-d**

TRAMO	Ø (in)	D (in)	Q (gpm)	Le (pies)	Jf (psi)	Po (psi)	Pf (psi)	V (pies/s)
b - c	2	2.067	77.72	18.19	1.07	29.28	30.35	2.26
c - d	2	2.067	117.38	18.19	1.79	30.35	32.14	3.42

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestran los resultados obtenidos para toroides de diámetro nominal 1.5” y 2.5”. La siguiente tabla muestra los caudales, presiones y velocidades de flujo en el nodo “d”.

**TABLA N° 4.30**

**COMPARATIVO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS VS  
DIÁMETRO NOMINAL DE TOROIDE – TANQUE TK-307**

TANQUE	Ø (in)	Q (gpm)	Pf (psi)	V (pies/s)
TK-307	1.5	119.49	38.05	18.83
<b>TK-307</b>	<b>2</b>	<b>117.38</b>	<b>32.14</b>	<b>11.22</b>
TK-307	2.5	116.80	30.47	7.84

Fuente: Elaboración Propia

En este punto se analizó los resultados por cada diámetro nominal evaluado. Para esto se debe considerar que, la norma emitida por Factory Mutual (FM) “DS-03-10” en su sección 2.1.3.1.1 indica que se debe considerar una velocidad máxima de flujo de 20 pies/segundo. Esto mismo es considerado como buena práctica en el desarrollo de proyectos contra incendio.

Considerando la velocidad de flujo, a primera vista se seleccionaría un toroide con diámetro nominal de 1.5”; sin embargo, se encuentra muy cerca del límite y se podría exceder el valor al momento de realizar la compensación de presiones en el manifold de los sistemas. Además, se está generando una pérdida de presión de casi 25% comparada con la presión inicial, lo cual es demasiado para un tramo tan corto.

Por lo tanto, se eligió un toroide con diámetro nominal de 2” para el sistema de diluvio del tanque TK-307.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para el resto de tanques de almacenamiento, siguiendo la misma metodología aplicada para el toroide del tanque TK-307.

**TABLA N° 4.31**

**DIAMETRO NOMINAL DE TOROIDES SELECCIONADOS  
PARA LOS SISTEMAS DE DILUVIO**

TOROIDE	DIÁMETRO DE TOROIDE	CAUDAL DE ALA DE TOROIDE	CAUDAL DE OPERACIÓN TOTAL (gpm)	PRESIÓN DE OPERACIÓN
TK-301A	2.5"	168.03	336.06	36.99
TK-301B	2.5"	168.03	336.06	36.99
TK-302A	2"	126.76	253.51	37.51
TK-302B	2"	126.76	253.51	37.51
TK-303A	2"	126.76	253.51	37.51
TK-303B	2"	126.76	253.51	37.51
TK-304A	2"	126.76	253.51	37.51
TK-304B	2"	126.76	253.51	37.51
TK-305	3"	235.73	471.46	32.74
TK-306A	2"	117.38	234.76	32.14
TK-306B	2"	117.38	234.76	32.14
TK-307A	2"	117.38	234.76	32.14
TK-307B	2"	117.38	234.76	32.14
TK-308	3"	254.59	509.18	38.21

Fuente: Elaboración propia

- o Determinación de diámetro nominal de las tuberías montantes y parámetros de operación del sistema de diluvio

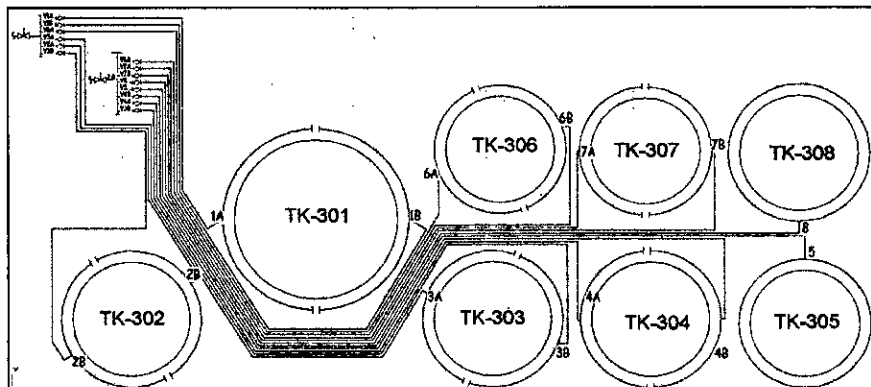
Una vez determinados los parámetros de operación de los toroides de enfriamiento, se procedió a seleccionar los diámetros nominales de las tuberías de alimentación a los toroides (montantes).

Para facilitar la evaluación del diámetro de la tubería montante, se muestra la siguiente figura, que representa un esquema del arreglo de tanques y las tuberías de alimentación a los sistemas de diluvio.

Todas las tuberías montantes inician en un toroide y se dirigen hacia uno de los dos manifolds proyectados.

**FIGURA N° 4.10**

**ARREGLO ESQUEMÁTICO DE TUBERÍAS DE ALIMENTACIÓN A TOROIDES DE ENFRIAMIENTO**



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestra el cálculo de pérdidas de presión en el tramo desde la conexión en el toroide (7A) hasta la válvula de diluvio ubicada en el manifold correspondiente (V7A), con distintos diámetros nominales, considerando la ecuación de Hazen-William.

**TABLA N° 4.32**

**COMPARATIVO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN VS  
DIÁMETRO NOMINAL EN TRAMO 7A-V7A**

Ø (in)	D (in)	Q (gpm)	Le (pies)	Jf (psi)	V (pies/s)
2.5	2.469	234.76	297.56	57.06	4.79
<b>3</b>	<b>3.068</b>	234.76	302.82	20.16	3.11
4	4.026	234.76	306.73	5.44	1.80

Fuente: Elaboración Propia

Con la finalidad de elegir el diámetro nominal óptimo, se procedió a determinar la presión requerida en la válvula de diluvio (nodo V7A), considerando las diferencias en alturas geodésicas y la presión requerida en los toroides.

Para el caso de una tubería de 2.5":

$$\begin{aligned}
 \text{Presión en V7A} &= \text{Presión requerida en toroide} + Jf + \text{Pérdida por diferencia de elevación} \\
 Pf &= 32.14 + 57.06 + 36.09*0.43 \\
 Pf &= 104.71 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Para el caso de una tubería de 3":

$$\begin{aligned}
 \text{Presión en V7A} &= \text{Presión requerida en toroide} + Jf + \text{Pérdida por diferencia de elevación} \\
 Pf &= 32.14 + 20.16 + 36.09*0.43 \\
 Pf &= 67.81 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Para el caso de una tubería de 4”:

$$\begin{aligned} \text{Presión en V7A} &= \text{Presión requerida en toroide} + J_f + \text{Pérdida por diferencia de elevación} \\ P_f &= 32.14 + 5.44 + 36.09 \cdot 0.43 \\ P_f &= 53.09 \text{ psi} \end{aligned}$$

En este caso, se eligió una línea de tuberías de diámetro nominal 3”, dado que, a pesar de no exceder la velocidad permitida de flujo, genera caídas de presión excesivas, que traerán como consecuencia una bomba de agua con mayor capacidad.

Adicionalmente a los sistemas de espuma y sistema de diluvio, se proyectaron hidrantes contra incendio, los cuales requieren presiones de 100 psi. Por esta razón, considerando que los sistemas de agua y espuma contarán con reguladora de presión, los sistemas de diluvio serán seleccionados de modo que la presión requerida sea inferior a 100 psi.

Bajo el mismo procedimiento fueron determinados los diámetros nominales de las montantes de los demás sistemas de diluvio. La siguiente tabla muestra el diámetro nominal seleccionado para cada sistema de diluvio y los parámetros requeridos en la válvula de diluvio.



**TABLA N° 4.33****DIAMETRO NOMINAL DE TUBERÍAS DE  
ALIMENTACIÓN A SISTEMAS DE DILUVIO**

NODÓ (VÁLVULA DE DILUVIO)	DIÁMETRO DE MONTANTE	CAUDAL (gpm)	PRESIÓN DE OPERACIÓN	MANIFOLD
V1A	3"	336.06	76.74	M301
V1B	4"	336.06	61.92	M301
V2A	3"	253.51	70.47	M301
V2B	3"	253.51	69.76	M301
V3A	3"	253.51	74.50	M301
V3B	3"	253.51	76.71	M302
V4A	3"	253.51	75.35	M302
V4B	3"	253.51	78.00	M302
V5	4"	471.46	69.33	M302
V6A	3"	234.76	67.05	M301
V6B	3"	234.76	67.57	M302
V7A	3"	234.76	67.81	M302
V7B	3"	234.76	70.00	M302
V8	4"	509.18	77.25	M302

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de limitar el flujo de agua hacia los sistemas de diluvio, se proyectó una reguladora de presión aguas arriba de cada manifold de agua contra incendio. Estas reguladoras serán configuradas para suministrar agua con una presión de salida según lo mostrado en la siguiente tabla. Dicha presión fue seleccionada considerando las presiones requeridas en los sistemas de diluvio, de manera que se suministre un caudal igual o superior al requerido.

**TABLA N° 4.34**

**CONFIGURACIÓN DE REGULADORAS DE PRESIÓN DE  
AGUA CONTRA INCENDIO**

MANIFOLD	RÉGULADORA DE PRESIÓN	PRESIÓN DE CONFIGURACIÓN
M301	RP301	77.00
M302	RP302	78.00

Fuente: Elaboración propia

Debido a que la presión en las válvulas de diluvio será la presión de configuración de las reguladoras de presión, se realizó el cálculo de caudales compensados. Para esto se utilizó la ecuación indicada en la sección 8.5.1.4.3 de la NFPA 15.

Tomando de referencia el caso de compensación en el nodo V7A, alimentado desde el manifold M302 y presión regulada con la RP302:

$$\begin{aligned} \text{Caudal compensado V7A} &= \text{Caudal inicial V7A} * (P_f)^{0.5} / (P_i)^{0.5} \\ \text{Caudal compensado V7A} &= 234.76 * (78.00)^{0.5} / (67.81)^{0.5} \\ \text{Caudal compensado V7A} &= 251.78 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Siguiendo el mismo procedimiento, se determinó los caudales compensados de los sistemas de diluvio. La siguiente tabla

muestra los caudales compensados para cada sistema de diluvio.

Dichos caudales serán la base para los cálculos posteriores.

**TABLA N° 4.35**

**CAUDALES COMPENSADOS DE LOS SISTEMAS DE  
DILUVIO**

NÓDO (VÁLVULA DE DILUVIO)	CAUDAL COMPENSADO (gpm)	MANIFOLD
V1A	336.63	M301
V1B	374.75	M301
V2A	265.00	M301
V2B	266.33	M301
V3A	257.73	M301
V3B	255.63	M302
V4A	257.92	M302
V4B	253.51	M302
V5	500.06	M302
V6A	251.58	M301
V6B	252.23	M302
V7A	251.78	M302
V7B	247.82	M302
V8	511.63	M302

Fuente: Elaboración propia

- Determinación de parámetros requeridos del sistema contra incendio.

De acuerdo a lo establecido en la etapa 2 (véase la página 90), el escenario de incendio con mayor demanda de agua está representado por un incendio en el tanque TK-307. Razón por la cual se analizará dicho escenario. Para el cálculo de la demanda

de agua en caso de un incendio en el tanque TK-307 se consideró lo siguiente:

- Aplicación de agua para enfriamiento de la superficie lateral afectada de los tanques TK-304, TK-306, TK-307 y TK-308, mediante los sistemas de diluvio.
- Aplicación de agua para enfriamiento de los techos afectados de los tanques TK-304, TK-306 y TK-308, mediante tres chorros de manguera de 100 gpm cada uno.
- Aplicación de espuma contra incendio en el tanque incendiado, mediante cámaras de espuma.

El caudal requerido para los sistemas de diluvio se determina sumando los caudales individuales requeridos para cada tanque afectado.

$$\begin{aligned} \text{Caudal} \\ \text{en nodo} \\ 2.0 \end{aligned} &= \begin{aligned} &\text{Caudal} \\ &V4A \end{aligned} + \begin{aligned} &\text{Caudal} \\ &V4B \end{aligned} + \begin{aligned} &\text{Caudal} \\ &V6B \end{aligned} + \begin{aligned} &\text{Caudal} \\ &V7A \end{aligned} + \\ &+ \begin{aligned} &\text{Caudal} \\ &V7B \end{aligned} + \begin{aligned} &\text{Caudal} \\ &V8 \end{aligned} \end{aligned}$$

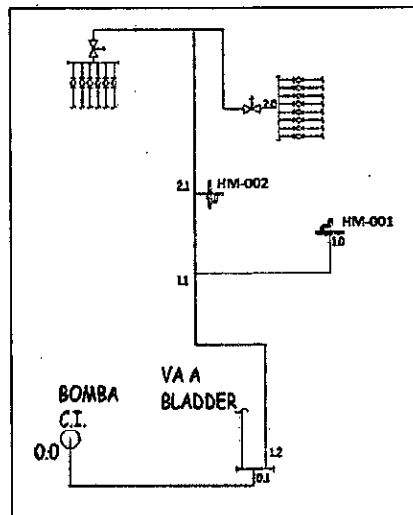
$$\begin{aligned} \text{Caudal} \\ \text{en nodo} \\ 2.0 \end{aligned} &= 257.92 + 253.51 + 252.23 + 251.78 + \\ &247.82 + 511.63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Caudal} \\ \text{en nodo} \\ 2.0 \end{aligned} = 1774.9 \text{ gpm}$$

La siguiente figura muestra un esquema de la red de agua contra incendio en la planta, iniciando desde la bomba contra incendio existente.

**FIGURA N° 4.11**

**ESQUEMA DE LA RED DE AGUA CONTRA INCENDIO**



Fuente: Elaboración Propia

Actualmente, se encuentra instalada una línea de tubería de diámetro nominal 8" desde el nodo 1.2 hasta el nodo 2.1 mostrado en la figura. También existe una línea de tuberías de 8" que se extiende desde el nodo 0.1 hasta el cuarto de bombas (nodo 0.0).

Por lo tanto, el cálculo que se muestra a continuación considera dichas tuberías existentes.

Se inicia el cálculo con la determinación de las pérdidas de presión en el tramo 2.1 – 1.1. En dicho tramo se considera el caudal necesario para los sistemas de enfriamiento y el caudal

requerido para suplir un chorro de manguera de 100 gpm para el enfriamiento de uno de los tres techos afectados.

A continuación, para el cálculo de las pérdidas hidráulicas del tramo 1.1 – 1.2 se adiciona el caudal correspondiente a dos chorros compensados de manguera.

El tramo 0.1 – 0.0 considera la totalidad de la demanda que debe ser suministrada por la bomba contra incendio (agua y espuma contra incendio).

**TABLA N° 4.36**

**PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TRAMO 2.1 - 0.0**

TRAMO	Ø (in)	D (in)	Q (gpm)	Le (pies)	Jf (psi)	Po (psi)	Pf (psi)	V (pies/s)
2.1 – 1.1	8	7.98	1874.9	114.17	3.37	100.0	103.37	12.02
1.1 – 1.2	8	7.98	2078.3	259.19	9.27	103.37	112.64	13.32
0.1 – 0.0	8	7.98	2152.3	243.77	9.30	112.64	121.94	13.80

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se muestran los parámetros requeridos por el sistema. Estas son las características mínimas que debe cumplir la bomba contra incendio.

**TABLA N° 4.37**

**PARÁMETROS HIDRÁULICOS REQUERIDOS POR EL SISTEMA CONTRA INCENDIO**

NODO	CAUDAL (gpm)	PRESIÓN (psi)
0.0	2152.3	121.94

Fuente: Elaboración Propia

- Determinación de la capacidad requerida de reserva de agua contra incendio.

Para determinar la cantidad de agua que debe ser almacenada para uso exclusivo del sistema contra incendio, se debe considerar lo siguiente:

- Aplicación de agua para enfriamiento de superficies de tanques afectados, durante cuatro horas continuas, según lo requerido por el reglamento aprobado mediante DS 043-2007-EM.
- Aplicación de espuma contra incendio mediante cámaras de espuma durante 30 minutos, según lo requerido por el reglamento aprobado mediante DS 043-2007-EM.

El cálculo de la dotación de agua se desarrolló tal como se muestra a continuación:

$$\begin{array}{l} \text{Dotación para} \\ \text{sistemas de diluvio} \end{array} = 2078.3\text{gpm} * 240 \text{ min}$$

$$\begin{array}{l} \text{Dotación para} \\ \text{sistemas de diluvio} \end{array} = 498\,792 \text{ galones}$$

$$\begin{array}{l} \text{Dotación para} \\ \text{sistema de espuma} \end{array} = 74\text{gpm} * 30 \text{ min}$$

$$\begin{array}{l} \text{Dotación para} \\ \text{sistema de espuma} \end{array} = 2220 \text{ galones}$$

Por lo tanto la dotación total de agua debe ser:

Dotación de agua = 498 792 + 2 220 galones  
total requerida galones

Dotación de agua 501 012 galones  
total requerida

Actualmente la planta cuenta con una cisterna soterrada de concreto con capacidad 750 000 galones. Por lo tanto, la capacidad existente resulta suficiente para el suministro del sistema contra incendio.

o Selección de bombas contra incendio.

Actualmente, la planta cuenta con un sistema de bombeo de agua contra incendio, con capacidad de 1000 gpm a 130 psi, dedicado para la protección de las áreas existentes de la planta. Dado el nuevo requerimiento, la bomba existente deberá ser reemplazada por una nueva.

Según lo establecido en la sección 4.8.1 de la NFPA 20, el caudal suministrado por la bomba contra incendio no debe superar el 150% de su capacidad nominal. Considerando lo anteriormente descrito, se seleccionó una bomba marca SPP PUMPS con capacidades nominales según se muestra en la siguiente tabla, y una curva característica que se muestra más adelante (véase la figura N° 4.12, en la página 120).



**TABLA N° 4.38**

**CARACTERÍSTICAS DE BOMBA PRINCIPAL  
SELECCIONADA**

EQUIPO	CAUDAL NOMINAL (gpm)	PRESIÓN NOMINAL (psi)
Bomba Contra Incendio	2000.00	135.00

Fuente: Elaboración Propia

Del mismo modo, y considerando las recomendaciones de NFPA 20, se seleccionó la bomba mantenedora de presión (jockey) con las características indicadas en la siguiente tabla.

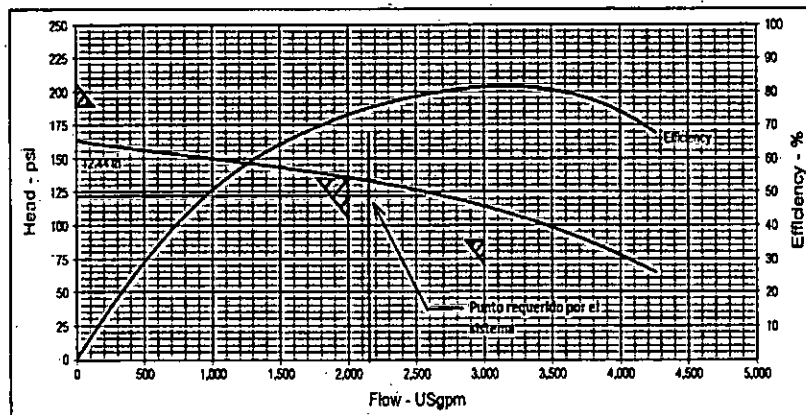
**TABLA N° 4.39**

**CARACTERÍSTICAS DE BOMBA JOCKEY  
SELECCIONADA**

EQUIPO	CAUDAL NOMINAL (gpm)	PRESIÓN NOMINAL (psi)
Electrobomba Jockey	20.00	145.00

Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA N° 4.12**  
**CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA CONTRA**  
**INCENDIO SELECCIONADA**



Fuente: Pump performance datasheet - TD20E, SPP Pumps

Posteriormente se determinó la Altura Neta Positiva de Aspiración (NPSH), para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$NPSH_{Disponible} = h_{Succión} + \left( \frac{P_{atm}}{\rho \times g} - \frac{P_{vapor}}{\rho \times g} \right) - h_{Pérdidas}$$

Donde:

$h_{Succión}$ : Altura estática de succión.

$\rho$ : Densidad del agua

$g$ : Aceleración de la gravedad.

$P_{atm}$ : Presión atmosférica estándar.

$P_{vapor}$ : Presión de vapor de agua a temperatura de sitio.

$h_{Pérdidas}$ : Pérdidas de carga en tuberías y accesorios.

Obteniendo lo siguiente:

$$NPSH_{Disponible} = 9.4 \text{ (m)}$$

De acuerdo a las características de la bomba contra incendio, se tiene:

$$NPSH_{Requerido} = 4.22 \text{ (m)}$$

Considerando los valores obtenidos se observa que el  $NPSH_{Disponible}$  es mayor que el  $NPSH_{Requerido}$ , con lo cual se garantiza que no existe cavitación.

### **4.3 Población y muestra**

#### **4.3.1. Población**

Según la opinión de Hurtado y Toro (2005): “la población es el total de los individuos o elementos a quienes se refiere la investigación, es decir, todos los elementos que vamos a estudiar, por ello también se le llama universo” (p. 124).

De acuerdo a lo indicado anteriormente, la población de la presente investigación está conformada por ocho (08) tanques de almacenamiento de OPDH, contenidos en el patio de tanques de almacenamiento del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

Los cuales se mencionan a continuación: TK-301, TK-302, TK-303, TK-304, TK-305, TK-306, TK-307 y TK-308.

#### **4.3.2. Muestra**

HURTADO (2000) en su obra Metodología de la Investigación Holística afirma que: “No toda investigación requiere de un procedimiento de muestreo. En muchos casos el investigador puede fácilmente tener acceso a toda la población y no necesita muestrear” (p. 154).

Por lo tanto, la muestra para la presente investigación coincide con el total de la población, debido a que el número de elementos que conforman la población es pequeño, se puede tener acceso a la información de cada uno de ellos y no es necesario extraer un grupo de menor cantidad de unidades para poder trabajar con los datos correspondientes a fin de lograr el objetivo indicado en la sección 1.3 de este documento.

#### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Según Espinoza (2010), existen dos técnicas para recolectar datos: Técnica documental y técnica empírica. La primera recopila evidencias para demostrar las hipótesis de investigación, sus instrumentos son: Fichas

bibliográficas y de trabajo, también revistas, memorias y cualquier documento de una empresa que registre datos de su funcionamiento. Con respecto a la segunda técnica, manifiesta que permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio y el acopio de testimonios para confrontar la teoría con la práctica en la búsqueda de la verdad, sus instrumentos son: Fichas de observación, listas de verificación, cámaras fotográficas, filmadoras, microscopios, micrómetros, entre otros (p. 110).

Considerando lo indicado anteriormente, en la siguiente tabla se muestra las técnicas y los instrumentos utilizados para la recolección de datos.

**TABLA N° 4.40**

**TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Técnica documental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reportes de Simulación de Incendios del Estudio de Riesgos de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C. (Ver anexo N° 02).</li> <li>- Plano de arreglo general de las instalaciones del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C. (Ver anexo N° 05).</li> <li>- Hojas de seguridad de los productos almacenados (Ver anexo N° 03).</li> </ul>
Técnica empírica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ficha de observación de visita a Planta (Ver anexo N° 04).</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se muestra una breve descripción de los instrumentos utilizados para la recolección de datos:

- Reportes de Simulación de Incendios del Estudio de Riesgos de la Planta.- Se llama así a las hojas de reporte que genera el software de simulación de incendios, luego de analizar alguno de los casos considerados en el Estudio de Riesgos de la Planta. Estos reportes muestran el radio de alcance de diferentes niveles de radiación térmica ocasionados para cada uno de los incendios analizados.
- Plano de arreglo general de las instalaciones del dique B de la Planta.- Plano en el que se muestra la distribución de equipos o unidades de proceso al interior del dique B de la Planta.
- Hojas de seguridad de los productos almacenados.- Ficha o documento que indica los peligros de las sustancias almacenadas, suministrando información respecto a su identificación, propiedades físicas y químicas, uso, transporte, almacenamiento, disposición final y manejo de emergencias por derrames, explosión e incendios.
- Ficha de observación de visita a Planta.- Ficha o documento que contiene la información respecto a las instalaciones existentes aledañas al dique B, características del sistema contra incendio existente en la Planta y otros datos que pudieron ser anotados durante la visita realizada a la Planta.

## **4.5 Procedimientos de recolección de datos**

### **4.5.1. Reportes de Simulación de Incendios del Estudio de Riesgos de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.**

Se utilizó los reportes de simulación de incendios del Estudio de Riesgos presentado por la Planta SANTO DOMINGO S.A.C. a OSINERGMIN, de los cuales se extrajo el radio de alcance de los diferentes niveles de radiación térmica ocasionados para cada caso de incendio analizado, cabe mencionar que los escenarios de riesgo de incendio analizados en el presente diseño del sistema contra incendio fueron los mismos que se consideraron en el Estudio de Riesgos, también se utilizó las recomendaciones establecidas en este estudio para el combate de incendios y los requerimientos que debe cumplir el sistema contra incendio para estas instalaciones.

### **4.5.2. Plano de arreglo general de las instalaciones del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.**

Se utilizó este plano para saber las dimensiones de cada tanque de almacenamiento, la disposición que tienen en el dique B y las instalaciones que los rodean. También se utilizó este plano como base para proyectar los radios de afectación por radiación térmica producidos por incendios en los tanques de almacenamiento.

### **4.5.3. Hojas de seguridad de los productos almacenados.**

Se utilizó las hojas de seguridad para conocer las propiedades de los productos, entre ellas el punto de inflamación, lo cual fue necesario

para poder establecer los regímenes y tiempo de aplicación de espuma contra incendio y de enfriamiento de las instalaciones.

#### **4.5.4. Ficha de observación de visita a Planta**

Se utilizó la ficha de observación generada durante la visita a la planta, la cual se realizó con el objetivo de verificar la existencia de algunas instalaciones aledañas y poder plantear la correcta ubicación y distribución de los componentes del sistema contra incendio que se diseñó, así como las características de los equipos del sistema contra incendio existente.

#### **4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos**

No se realizó cálculos estadísticos en el desarrollo de esta investigación, debido a que la naturaleza de este trabajo es la de realizar un diseño, por lo tanto no fue necesario elaborar un procesamiento estadístico para analizar los datos.



## CAPÍTULO V:

### RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos por cada una de las etapas planteadas en el diseño de la investigación:

#### 5.1 Resultados de la etapa 1 (Determinación del grado de afectación y establecimiento del nivel de protección sobre las instalaciones)

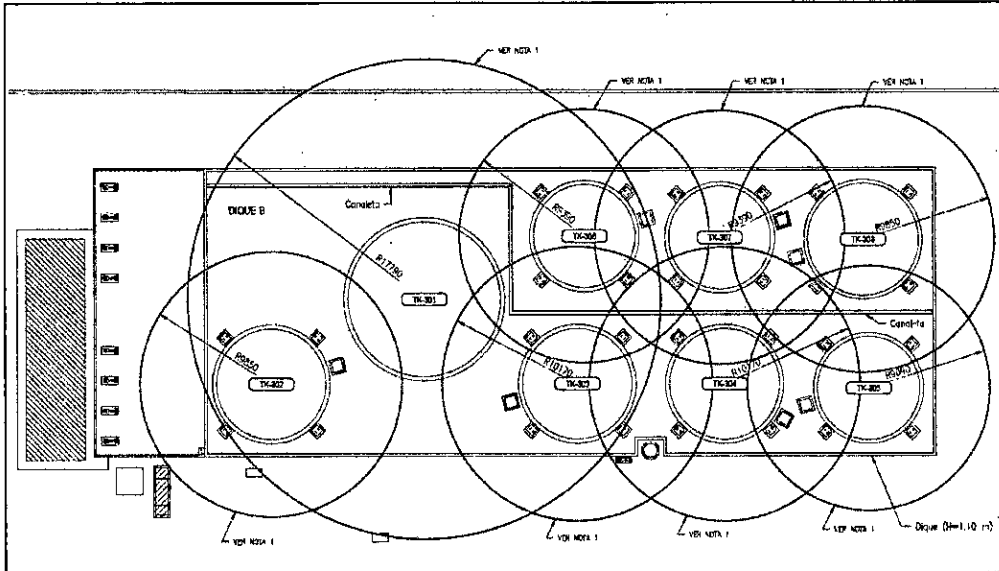
El grado de afectación y el nivel de protección resultante por cada escenario de incendio analizado se muestra a continuación:

**TABLA N° 5.1**  
**GRADO DE AFECTACIÓN SOBRE LOS TANQUES POR CADA**  
**ESCENARIO DE INCENDIO**

ESCENARIO	TANQUE INCENDIADO	GRADO DE AFECTACIÓN SOBRE LOS TANQUES
1	TK-301	(100%)TK-301, (50%)TK-302, (50%)TK-303, (50%)TK-306
2	TK-302	(50%)TK-301, (100%)TK-302
3	TK-303	(50%)TK-301, (100%)TK-303, (50%)TK-304, (50%)TK-306
4	TK-304	(50%)TK-303, (100%)TK-304, (50%)TK-305, (50%)TK-307
5	TK-305	(50%)TK-304, (100%)TK-305, (50%)TK-308
6	TK-306	(50%)TK-301, (50%)TK-303, (100%)TK-306, (50%)TK-307
7	TK-307	(50%)TK-304, (50%)TK-306, (100%)TK-307, (50%)TK-308
8	TK-308	(50%)TK-305, (50%)TK-307, (100%)TK-308

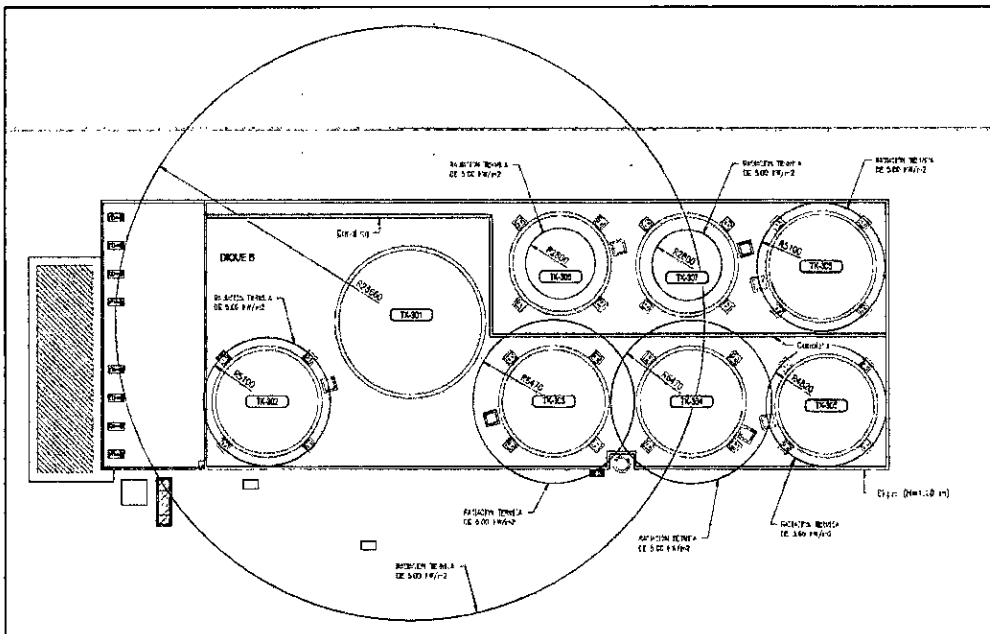
Fuente: Elaboración Propia.

**FIGURA N° 5.1**  
**RADIOS DE AFECTACIÓN A EQUIPOS**



Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA N° 5.2**  
**RADIOS DE AFECTACIÓN A PERSONAS**



Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5.2**

**NIVEL DE PROTECCIÓN SOBRE LAS INSTALACIONES**

NIVEL DE PROTECCIÓN	TANQUE	FUNCIÓN
Cámaras fijas de aplicación de espuma	TK-301 @ 308	Extinción del incendio
Anillos de enfriamiento (aspersores)	TK-301 @ 308	Enfriamiento de superficie lateral de tanque, afectada por radiación térmica de 12.5 kW/m <sup>2</sup>
Hidrantes	-	Enfriamiento de superficie de techo de tanque, afectada por radiación térmica de 12.5 kW/m <sup>2</sup>

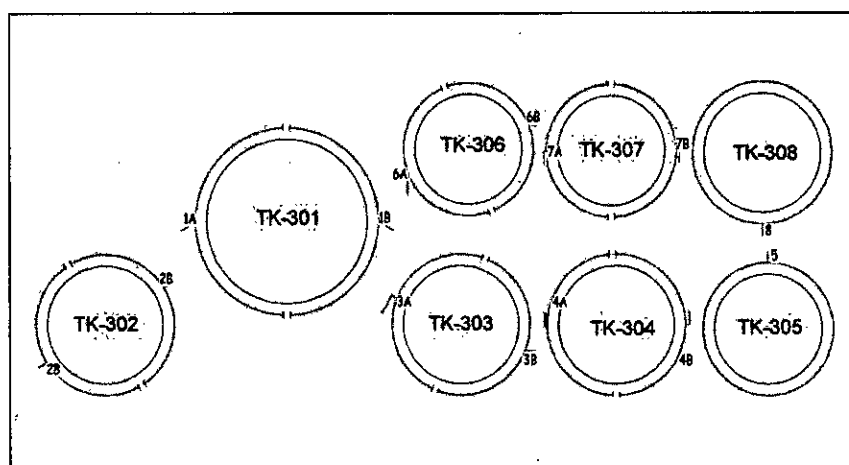
Fuente: Elaboración Propia.

**5.2 Resultados de la etapa 2 (Determinación del escenario de mayor demanda de agua y concentrado de espuma)**

Para la determinación de la demanda de agua y espuma por cada escenario de incendio analizado, se evaluaron diversas disposiciones de toroides de enfriamiento. Finalmente, se eligió la de menor consumo de agua que se muestra a continuación.

**FIGURA N° 5.3**

**DISPOSICIÓN DE ANILLOS DE ENFRIAMIENTO UTILIZADA  
EN CADA TANQUE**



Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos considerando la disposición de anillos de enfriamiento utilizada son los siguientes.

**TABLA N° 5.3**

**ESCENARIO DE MAYOR DEMANDA DE CONCENTRADO DE  
ESPUMA CONTRA INCENDIO**

ESCE- NARIO	INCEN- DIO EN TANQUE ...	CONCENTRADO DE ESPUMA COMBATE DE INCENDIO EN TANQUE		CONCENTRAD O DE ESPUMA INSTALADA EN PLANTA		TOTAL DE CONCEN-TRADO DE ESPUMA	
		galones	m <sup>3</sup>	galones	m <sup>3</sup>	galones	m <sup>3</sup>
1	TK-301	183.21	0.69	219.21	0.83	438.42	1.66

Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA N° 5.4**  
**ESCENARIO DE MAYOR DEMANDA DE AGUA**  
**CONTRA INCENDIO**

ESCENARIO	INCENDIO EN TANQUE...	DEMANDA DE AGUA CONTRA INCENDIO	
		galones	m <sup>3</sup>
7	TK-307	451934.10	1710.76

Fuente: Elaboración Propia.

**5.3 Resultados de la etapa 3 (Determinación de las dimensiones y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio)**

Las características, dimensiones y parámetros de operación del sistema, obtenidos en la etapa 3 de la presente investigación se muestran a continuación.

**TABLA N° 5.5**  
**CARACTERÍSTICAS DE TANQUE BLADDER**

CARACTERÍSTICA	VALOR
Marca	Ansul
Capacidad (galones)	600
Capacidad (m <sup>3</sup> )	2.27
Disposición	Vertical

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5.6**  
**CARACTERÍSTICAS DE PROPORCIONADOR DE ESPUMA**  
**CONTRA INCENDIO**

CARACTERÍSTICA	VALOR
Marca	Ansul
Modelo	FlowMax
Díámetro nominal	6"
Rango de operación (gpm)	55 - 3535
Rango de operación (m <sup>3</sup> /s)	0.0035 – 0.22

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5.7**  
**CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA TRONCAL DE TUBERÍAS**  
**PARA SOLUCIÓN DE AGUA-ESPUMA CONTRA INCENDIO**

CARACTERÍSTICA	VALOR
Díámetro nominal	4"
Material	Acero al carbono
Cédula	Sch 40
Tratamiento	Galvanizado

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5.8**

**CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE CÁMARAS  
DE ESPUMA CONTRA INCENDIO**

TANQUE DE ALMAC.	DIAM. DE TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN	MODELO DE CÁMARA	CANT. DE CÁMARAS	CAUDAL DE OPERAC. (gpm)		FACTOR K
				gpm	m <sup>3</sup> /s	
TK-301	3"	AFC-90	1	111.04	0.0070	16.64
TK-302	3"	AFC-90	1	86.33	0.0054	12.79
TK-303	3"	AFC-90	1	86.33	0.0054	12.93
TK-304	3"	AFC-90	1	86.33	0.0054	12.97
TK-305	3"	AFC-90	1	74.04	0.0047	11.07
TK-306	3"	AFC-90	1	74.04	0.0047	11.01
TK-307	3"	AFC-90	1	74.04	0.0047	11.04
TK-308	3"	AFC-90	1	86.33	0.0054	13.03

*\*Todas las tuberías serán de Acero al carbono, sch 40, galvanizado*

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 5.9**

**CARACTERÍSTICAS DE TOROIDES Y ASPERSORES  
SELECCIONADOS PARA LOS SISTEMAS DE DILUVIO**

TOROIDE	DIAM. DE TOROIDE	MATERIALES /CÉDULA	CANT DE ASPERSORES	MODELO ASPERSOR	FACTOR K ASPERSOR
TK-301A	2.5"	AC 40G	8	TYCO D3	7.2
TK-301B	2.5"	AC 40G	8	TYCO D3	7.2
TK-302A	2"	AC 40G	6	TYCO D3	7.2
TK-302B	2"	AC 40G	6	TYCO D3	7.2
TK-303A	2"	AC 40G	6	TYCO D3	7.2
TK-303B	2"	AC 40G	6	TYCO D3	7.2
TK-304A	2"	AC 40G	6	TYCO D3	7.2
TK-304B	2"	AC 40G	6	TYCO D3	7.2
TK-305	3"	AC 40G	12	TYCO D3	7.2
TK-306A	2"	AC 40G	6	TYCO D3	7.2
TK-306B	2"	AC 40G	6	TYCO D3	7.2
TK-307A	2"	AC 40G	6	TYCO D3	7.2
TK-307B	2"	AC 40G	6	TYCO D3	7.2
TK-308	3"	AC 40G	12	TYCO D3	7.2

*\*AC 40G: Acero al carbono, sch 40, galvanizado*

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 5.10**

**DIAMETRO NOMINAL DE TUBERÍAS DE ALIMENTACIÓN A  
SISTEMAS DE DILUVIO (MONTANTES)**

TOROIDE QUE CORRESPONDE	DIÁM. DE MONTANTE	MATERIAL	CÉDULA	MANIFOLD
TK-301A	3"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M301
TK-301B	4"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M301
TK-302A	3"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M301
TK-302B	3"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M301
TK-303A	3"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M301
TK-303B	3"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M302
TK-304A	3"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M302
TK-304B	3"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M302
TK-305	4"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M302
TK-306A	3"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M301
TK-306B	3"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M302
TK-307A	3"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M302
TK-307B	3"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M302
TK-308	4"	Ac. al carbono galv.	Sch 40	M302

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA N° 5.11**

**CONFIGURACIÓN DE REGULADORAS DE PRESIÓN DE AGUA  
CONTRA INCENDIO**

MANIFOLD	REGULADORA DE PRESIÓN	PRESIÓN DE CONFIGURACIÓN	
		psi	kPa
M301	RP301	77.00	530.90
M302	RP302	78.00	537.79

Fuente: Elaboración propia



**TABLA N° 5.12**

**CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA TRONCAL DE TUBERÍAS  
PARA AGUA CONTRA INCENDIO**

CARACTERÍSTICA	VALOR
Diámetro nominal	8"
Material	Acero al carbono
Cédula	Sch 40
Tratamiento	Ninguno

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5.13**

**PARÁMETROS REQUERIDOS DEL SISTEMA CONTRA  
INCENDIO**

CAUDAL REQUERIDO		PRESIÓN REQUERIDA		RESERVA REQUERIDA DE AGUA (galones)	
gpm	m <sup>3</sup> /s	psi	kPa	galones	m <sup>3</sup>
2152.30	0.1358	121.94	840.75	501 012.00	1896.54

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5.14**

**CARACTERÍSTICAS DE BOMBA PRINCIPAL SELECCIONADA**

EQUIPO	CAUDAL NOMINAL		PRESIÓN NOMINAL (psi)	
	gpm	m <sup>3</sup> /s	psi	kPa
Bomba Contra Incendio	2000.00	0.1262	135.00	930.79

Fuente: Elaboración Propia

**TABLA N° 5.15**

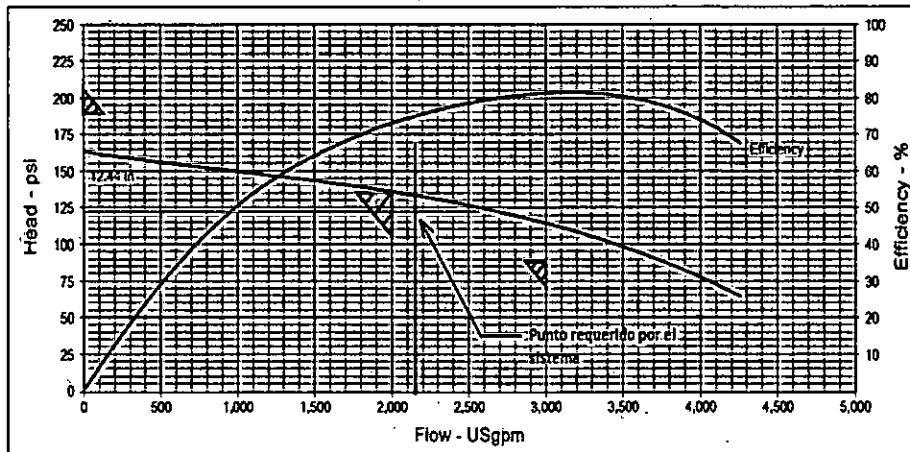
**CARACTERÍSTICAS DE BOMBA JOCKEY SELECCIONADA**

EQUIPO	CAUDAL NOMINAL (gpm)		PRESIÓN NOMINAL (psi)	
	gpm	m <sup>3</sup> /s	psi	kPa
Electrobomba Jockey	20.00	0.0013	145.00	999.74

Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA N° 5.4**

**CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA PRINCIPAL  
CONTRA INCENDIO SELECCIONADA**



Fuente: Pump performance datasheet - TD20E, SPP Pumps

**TABLA N° 5.16**

**RESULTADOS DEL CÁLCULO DE NPSH**

NPSH Disponible (m)	NPSH Requerido (m)
9.4	4.22

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO VI:**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **6.1 Contratación de hipótesis con los resultados**

- **Hipótesis general (planteada en el capítulo III)**

El diseño hidráulico de un sistema contra incendio permitirá proporcionar seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

#### **Contratación con el resultado**

En el Capítulo V se ha indicado las características y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio diseñado y que a su vez está compuesto por:

- Sistema de extinción de incendio mediante cámaras de espuma.
- Sistema de diluvio para enfriamiento de la superficie lateral de los tanques de combustible afectados.
- Red de hidrantes para el enfriamiento de la superficie del techo de los tanques de combustible afectados.

Lo cual permite proporcionar seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

#### **Interpretación y comentarios de los resultados**

El sistema contra incendio diseñado, que está basado en los principios establecidos en los estándares y normativas nacionales e internacionales,

está conformado por un sistema de extinción por espuma que permitirá apagar el fuego en pocos minutos y los sistemas de diluvio e hidrantes que permitirán mantener la integridad de la infraestructura circundante mediante enfriamiento por agua.

Teniendo en cuenta que los componentes de un sistema contra incendio son establecidos de acuerdo a los análisis realizados a las instalaciones evaluadas, no se puede generalizar y decir que todos estos sistemas diseñados para instalaciones de este tipo estarán conformados por los mismos componentes, pero en caso se determine que sí se requiere diseñar un sistema que tenga los mismos componentes del presente caso, se puede tomar como modelo el método de cálculo que se muestra en la sección 4.2.3 de la presente tesis.

El alcance de los resultados obtenidos corresponde exclusivamente al sistema contra incendio para el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C. Esta investigación estuvo enfocada en el diseño hidráulico del sistema mencionado, por lo cual no se abordó temas relacionados a los mecanismos de detección y/o alarma que activen dicho sistema.

- **Hipótesis específica 1 (planteada en el capítulo III)**

Si se determina el grado de afectación de los diferentes escenarios de riesgo de incendio, se podrá establecer el nivel de protección del patio de

tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

### **Contrastación con el resultado**

En el capítulo IV de la presente investigación se ha indicado el grado de afectación sobre los tanques por cada escenario de incendio analizado (véase la tabla N° 4.7, en la página 71), esto también se puede apreciar en el Plano denominado Radios de Afectación a Equipos, que se muestra en el Anexo N° 07.

Con estos resultados se identificó el nivel de protección que requiere cada tanque afectado en cada caso de incendio del dique B, obteniendo como resultado la implementación de cámaras fijas de aplicación de espuma para la extinción del incendio, sistemas de diluvio e Hidrantes para enfriamiento de superficie lateral y de techo de los tanques afectados por radiación térmica, respectivamente (véase la tabla N° 4.8, en la página 72).

### **Interpretación y comentarios de los resultados**

El diseño del sistema contra incendio ha considerado cámaras fijas de aplicación de espuma para la extinción del incendio en cada tanque de almacenamiento, debido a que existe el riesgo de generarse este tipo de eventos en cada uno de ellos, además se eligió estos dispositivos porque permiten una liberación uniforme y menos distorsionada del agente espumógeno, a diferencia de los sistemas móviles.

Para el enfriamiento de la superficie lateral de los tanques aledaños al incendio, se ha considerado un sistema de diluvio, cuya disposición de anillos de enfriamiento tuvo en cuenta la afectación por radiación térmica a los tanques aledaños en cada escenario de incendio analizado (véase las figuras N° 4.5 y 4.6, en la página 77). Se utilizó este tipo de protección debido a que garantiza que toda la superficie afectada por radiación térmica sea enfriada (durante el diseño se consideró un traslape entre la superficie protegida por cada aspersion). De forma análoga, para el enfriamiento de los techos de los tanques afectados por radiación térmica, se consideró aplicar agua mediante mangueras conectadas a la red de hidrantes, debido a que es uno de los métodos más seguros para estos fines. Teniendo en cuenta que durante el incendio, la tapa del tanque debe separarse del casco (unidos mediante junta frágil con la finalidad de evitar sobrepresiones en el tanque) y si se utiliza un sistema fijo, la separación de la tapa del tanque podría romper las tuberías de dicho sistema, lo cual es perjudicial para su buen funcionamiento, por esto se descartó utilizar un sistema fijo de enfriamiento en cada techo de tanque afectado.

De lo dicho anteriormente, se puede generalizar que para la aplicación de espuma en cada tanque incendiado y la aplicación de agua de enfriamiento en la superficie lateral de los tanques afectados por radiación térmica, es más conveniente utilizar dispositivos fijos; pero para el enfriamiento de los techos de los tanques afectados por radiación térmica, no es recomendable utilizar sistemas fijos en cada techo de tanque afectado.

- **Hipótesis específica 2 (planteada en el capítulo III)**

Si se determina el consumo de agua y concentrado de espuma de cada escenario de incendio, se podrá identificar el de mayor demanda en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.

**Contrastación con el resultado**

En el capítulo IV de la presente investigación se ha indicado el consumo de concentrado de espuma y agua para cada escenario de incendio analizado (véase las tablas N° 4.12 y 4.13, en las páginas 88 y 89).

En base a estos valores se pudo identificar que los escenarios de mayor demanda son los incendios en el tanque TK-301, que requiere un total de 438.42 galones de concentrado de espuma y en el tanque TK-307, que requiere un total de 451934.10 galones de agua (véase las tablas N° 5.3 y 5.4, en las páginas 130 y 131).

**Interpretación y comentarios de los resultados**

El tanque de almacenamiento que requiere la mayor cantidad de concentrado de espuma contra incendio, coincide con ser el tanque de mayor diámetro, debido a que el cálculo realizado utilizó el régimen y tiempo de aplicación de espuma contra incendio, además de la sección transversal interna del tanque, siendo este último el valor que difiere en cada caso analizado, debido a que los productos almacenados en cada tanque tenían características similares y por lo tanto el mismo valor para el régimen y tiempo de aplicación de espuma en cada tanque de acuerdo

a lo indicado en el artículo 92 del D.S.043-2007-EM. Según lo expuesto anteriormente se puede generalizar que cuando los tanques almacenan productos de características similares, tales que les corresponde un mismo régimen y tiempo de aplicación de espuma, el tanque de máxima demanda de concentrado de espuma coincide con ser el de mayor diámetro.

El tanque que requiere la mayor cantidad de agua contra incendio, no coincide con el tanque de mayor diámetro, ni con el de mayor altura y para determinarlo tampoco se puede generalizar algún resultado a pesar de que los productos almacenados tengan características similares, debido a que en este cálculo intervienen más factores, tales como la cantidad de agua involucrada en la generación de espuma, cantidad de agua para enfriar tanques aledaños afectados por radiación térmica y la disposición de los anillos de enfriamiento.

- **Hipótesis específica 3 (planteada en el capítulo III)**

Si se determina las dimensiones y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio, se podrá garantizar la descarga de agua y espuma en las condiciones requeridas por el DS-043-2007-EM, en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.



### **Contrastación con el resultado**

El cálculo hidráulico del sistema contra incendio ha sido realizado en base a lo indicado por las normas NFPA aplicables (NFPA 11, NFPA 15, etc), según lo requerido por el reglamento aprobado mediante Decreto Supremo DS-043-2007-EM.

De acuerdo a lo indicado en la normativa mencionada anteriormente, se realizó el diseño hidráulico, el cual incluyó un cálculo de pérdidas de presión por fricción, basado en la ecuación de Hazen-Williams, pero respetando la velocidad máxima de 6 m/s para el flujo de agua y solución agua-espuma (recomendación de la compañía de seguros internacional Factory Mutual). Este procedimiento de cálculo se inició en los dispositivos de descarga (boquillas y cámaras de espuma) y continuó por la red de tuberías hacia la bomba contra incendio, lo cual permitió conocer los parámetros de operación del sistema (véase la tabla N° 5.13, en la página 135), además de las características y dimensiones de sus componentes (cisterna de agua, bombas, tuberías, etc).

Considerando que los resultados obtenidos para las dimensiones y parámetros de operación del sistema contra incendio fueron calculados respetando los lineamientos dados en el Decreto Supremo DS-043-2007-EM, se garantiza que la descarga de agua y espuma en las instalaciones analizadas se realice en las condiciones requeridas por la misma normativa nacional.

### **Interpretación y comentarios de los resultados**

Durante el desarrollo del cálculo de pérdidas de presión por fricción, basado en la ecuación de Hazen-Williams, se tuvo en cuenta la recomendación de la compañía de seguros internacional Factory Mutual, la cual indica que la velocidad máxima del flujo de agua y solución agua-espuma no debe exceder el valor de 6 m/s, debido a que esta consideración permite poner un límite a las pérdidas hidráulicas y evita las sobrepresiones por golpe de ariete al cerrar alguna de las válvulas del sistema. Teniendo en cuenta los beneficios de esta consideración se puede generalizar su uso para realizar un buen diseño de un sistema contra incendio.

### **6.2 Contrastación de resultados con otros estudios similares**

- Como parte de los resultados de la presente investigación se determinó el escenario de mayor demanda de concentrado de espuma y para ello se calculó previamente la cantidad requerida para su aplicación en cada uno de los tanques de almacenamiento, así por ejemplo en el tanque TK-307, para el que se consideró el régimen de 0.15 gpm/pie<sup>2</sup> y tiempo de aplicación de 55 minutos, parámetros indicados en el D.S.-043-2007-EM para un solvente polar con punto de inflamación menor a 37.8 °C, como es el caso del N-Propanol, que es el producto almacenado en dicho tanque y que se ve involucrado en el incendio analizado.

Esto difiere con lo considerado por Mendoza (2014), que utilizó un régimen de 0.10 gpm/pie<sup>2</sup> y tiempo de aplicación de 30 minutos, parámetros indicados en el D.S.-043-2007-EM para hidrocarburos con punto de inflamación entre 37.8 °C y 93.3 °C, como es el caso del Diesel B5, que es el combustible que se consideró en esa investigación.

Como se puede observar se tuvo consideraciones diferentes en cada una de las investigaciones debido al tipo de productos analizados en cada caso, pero ambos procedimientos de cálculo fueron realizados de manera correcta.

- Otro de los resultados en esta investigación fue la determinación el escenario de mayor demanda de agua contra incendio, para lo cual previamente se calculó la cantidad de agua de enfriamiento de la superficie lateral de los tanques afectados, en el caso más crítico y para ello se consideró el régimen de 0.15 gpm/pie<sup>2</sup> y tiempo de aplicación de 4 horas, parámetros que son indicados en el D.S.-043-2007-EM, cuando el dispositivo utilizado es un toroide en el anillo superior de cada uno de ellos.

Estos parámetros coinciden con lo considerado por Mendoza (2014), para calcular el caudal de agua de enfriamiento, debido a que el equipamiento utilizado para dichos fines fue similar.

## **CAPÍTULO VII:**

### **CONCLUSIONES**

- A. Se realizó el diseño hidráulico de un sistema contra incendio, que incluyó un sistema de extinción mediante cámaras de espuma, un sistema de diluvio e hidrantes para el enfriamiento de las superficies afectadas de los tanques de combustible. Así mismo, se elaboró los planos “Radios de Afectación a Personas” y “Radios de Afectación a Equipos” y en base a estos se realizó la distribución de los equipos de protección contra incendio de modo que el personal de la planta no se vea afectado al momento de operarlos, lo cual permite proporcionar seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.
- B. Se logró determinar el grado de afectación sobre las instalaciones por cada escenario de incendio, obteniéndose que todos los tanques eran afectados por radiación térmica en diferentes casos analizados, mas no en simultáneo (véase tabla N° 5.1) y posteriormente se estableció el nivel de protección del patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C. El cual quedó conformado de la siguiente manera:
- Cámaras fijas de aplicación de espuma en todos los tanques, para la extinción del incendio.
  - Anillos de enfriamiento en todos los tanques, en algunos de ellos fueron seccionados en dos partes (50% cada uno), teniendo en cuenta que para

algunos casos de incendio, el grado de afectación sobre los tanques aledaños ameritaba enfriar solo el 50% de su superficie lateral.

- Hidrantes, para el enfriamiento de los techos de los tanques afectados por radiación térmica de 12.5 kW/m<sup>2</sup>. Se utilizó este tipo de dispositivos debido a que es uno de los métodos más seguros para estos fines; no se consideró un sistema fijo de enfriamiento en cada techo de tanque afectado, debido a que la separación de la tapa del tanque durante el incendio podría romper las tuberías de dicho sistema, lo cual es perjudicial para su buen funcionamiento.
- C. Se logró determinar el consumo de concentrado de espuma y agua contra incendio en cada caso analizado, lo cual permitió identificar que existe un escenario que genera el mayor requerimiento de concentrado de espuma contra incendio (incendio en el tanque TK-301) y otro diferente que ocasiona la mayor demanda de agua (incendio en el tanque TK-307), los cuales fueron tomados en cuenta en diferentes etapas del diseño realizado. Además se concluye que cuando los tanques almacenan productos de características similares, tales que les corresponde un mismo régimen y tiempo de aplicación de espuma, el tanque de máxima demanda de concentrado de espuma coincide con ser el de mayor diámetro. No se puede concluir algo similar para determinar el tanque con mayor requerimiento de agua contra incendio debido a que en este cálculo intervienen varios factores, pero sí se puede decir que para cada configuración de los anillos de enfriamiento evaluada, se obtiene un requerimiento de agua contra incendio diferente.

**D.** Se logró determinar las dimensiones y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio a partir del régimen y tiempo de aplicación establecido por el DS-043-2007-EM, con lo cual se garantiza la descarga de agua y espuma en las condiciones requeridas para la protección del patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C. También se concluye que además de lo indicado en el DS-043-2007-EM, es beneficioso tener en cuenta la recomendación de la compañía de seguros internacional Factory Mutual, la cual indica que la velocidad máxima del flujo de agua y solución agua-espuma no debe exceder el valor de 6 m/s, para poner un límite a las pérdidas hidráulicas y evitar las sobrepresiones por golpe de ariete al cerrar alguna de las válvulas del sistema, con lo cual se contribuye para realizar un buen diseño de un sistema contra incendio.

## **CAPÍTULO VIII:**

### **RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones que son mostradas a continuación deben considerarse al momento de la instalación y puesta en marcha del sistema calculado en la presente investigación:

- Todos los componentes del sistema contra incendio diseñado deben ser listados por UL, es decir que deben estar incluidos en una lista publicada por la compañía “Underwriters Laboratories”, mediante la cual esta compañía certifica que estos dispositivos han sido examinados y se encuentran en un nivel apropiado de funcionamiento para ser utilizados en sistemas contra incendio; esto con la finalidad de garantizar la correcta operación del sistema y la aceptación y aprobación de la autoridad competente (OSINERGMIN).
- En cuanto al sistema de espuma contra incendio, se recomienda utilizar los equipos en las marcas indicadas, debido a que el listado (según UL) del concentrado de espuma existente en la planta es restrictivo. Es decir que se garantiza el correcto funcionamiento del concentrado de espuma siempre que se use con ciertos equipos de la misma marca y con unos pocos equipos de otras marcas. Equipos que no figuran en el listado del concentrado de espuma no son aceptados por la autoridad competente (OSINERGMIN).
- Debe realizarse pruebas periódicas, considerando las revisiones y frecuencias indicadas en las normas NFPA aplicables a cada uno de los subsistemas.

Para los bachilleres que tomen la presente investigación como referencia para realizar el diseño de otro sistema contra incendio, se han planteado las siguientes recomendaciones:

- Incluir en el diseño de sistemas contra incendio, dispositivos como hidrantes, monitores u otros medios móviles y manuales, para el enfriamiento de los techos de los tanques de techo fijo con junta frágil, afectados por radiación térmica de  $12.5 \text{ kW/m}^2$ , debido a que estos dispositivos operan de forma más segura para estos fines; no se recomienda utilizar un sistema fijo de enfriamiento en cada techo de tanque afectado, pues obstruye el adecuado desprendimiento del techo en caso de un incendio, incluso la separación de la tapa del tanque podría romper las tuberías de dicho sistema.
- Se debe evaluar varias configuraciones de la disposición de anillos de enfriamiento en los tanques de almacenamiento, para poder elegir la que genere una menor cantidad de agua de enfriamiento de la superficie lateral de los tanques afectados por radiación térmica de  $12.5 \text{ kW/m}^2$  y consecuentemente un menor valor para la demanda de agua contra incendio que debe considerarse en el sistema que se está diseñando.
- Al realizar el cálculo de pérdidas de presión por fricción en las tuberías del sistema contra incendio a diseñar, además de considerar los regímenes y tiempo de aplicación de agua y espuma contra incendio establecidos por el DS-043-2007-EM, también se debe considerar que la velocidad máxima del flujo de agua y solución agua-espuma no debe exceder el valor de  $6 \text{ m/s}$ , de acuerdo



a lo recomendado por la compañía de seguros internacional Factory Mutual, a fin de obtener un diseño de sistema contra incendio con bajas pérdidas hidráulicas y evitar las sobrepresiones por golpe de ariete al cerrar alguna de las válvulas del sistema.

**CAPÍTULO IX:**  
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. **Guidelines for Hazard Evaluation Procedures**. EE.UU. Editorial Center for Chemical Process Safety. Tercera Edición. 2008.
- CENGEL, Yunus A. y CIMBALA, John M. **Mecánica de Fluidos: Fundamentos y Aplicaciones**. México. Editorial Mc Graw Hill Interamericana de México S.A. Cuarta Edición. 2012.
- DRYSDALE, Dougal y otros. **Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo**. España. Editorial de la Subdirección general de publicaciones del ministerio de trabajo y asuntos sociales de España. Primera Edición. 2001.
- ESPINOZA MONTES, Ciro. **Metodología de investigación tecnológica**. Perú. Primera Edición. 2010.
- HEALTH & SAFETY EXECUTIVE. **Fire and Explosion Strategy**. Reino Unido. Primera Edición. 2013.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, C. Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar. **Metodología de la Investigación**. México. Editorial Mc Graw Hill Interamericana de México S.A. Quinta Edición. 2010.
- HURTADO DE BARRERA, Jacqueline. **Metodología de la Investigación Holística**. Venezuela. Editorial Fundación Sypal. Tercera Edición. 2000.

- HURTADO LEÓN, Iván y TORO GARRIDO, Josefina. **Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio**. Venezuela. Editorial Episteme Consultores Asociados C.A. Quinta Edición. 2005.
- LIRA SILVA, Jesús. **Adecuación del Sistema Contra Incendios de la Planta MPE-1 en PDVSA-Morichal al sur del estado Monagas**. Tesis de grado. Venezuela. Universidad de Oriente. 2009.
- MARTÍNEZ GUTIÉRREZ, Ramón. **Diseño de sistema contra incendio en plantas industriales según normas internacionales y locales**. Informe de Pasantía. Venezuela. Universidad Simón Bolívar. 2012.
- MENDOZA BRUNO, Lesly. **Diseño hidráulico de un sistema de protección contra incendio para el patio de tanques de almacenamiento de Diésel B5 – Unidad Minera Toquepala**. Tesis de grado. Lima. Universidad Nacional del Callao. 2014.
- NAVA, Nilda. **La planificación estratégica basado en la seguridad industrial**. Investigación de diplomado. Venezuela. Universidad Panamericana del Puerto. 2017.
- PRICE, Tim e INSTONE, Peter. **Burgan Oil Cape Terminal Major Hazard Installation Risk Assessment for EIA**. Kuwait. Versión 3.0. 2014.
- TONG CHIOK, Manuel. **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 profesional. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2015.
- ANSI B16.5. **Pipe flanges and flanged fittings**. EEUU. Edición 2012.

- **API 2218. Fireproofing practices in petroleum and petrochemical processing plants.** EEUU. Edición 1999.
- **ASME B31.3. Process piping.** EEUU. Edición 2012.
- **D.S.032-2002-EM. Glosario, siglas y abreviaturas del sector Hidrocarburos.** Perú. 2002.
- **D.S.043-2007-EM. Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos.** Perú. 2007.
- **D.S.052-93-EM. Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.** Perú. 1993.
- **FM-DS-03-10. Installation and maintenance of private fire service mains and their appurtenances.** EEUU. Edición 2000.
- **NFPA 10. Standard for Portable Fire Extinguishers.** EEUU. Edición 2013.
- **NFPA 11. Standard for low, medium, and high expansion foam.** EEUU. Edición 2016.
- **NFPA 13. Standard for the installation of sprinkler systems.** EEUU. Edición 2016.
- **NFPA 15. Standard for water spray fixed systems for fire protection.** EEUU. Edición 2017.
- **NFPA 20. Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.** EEUU. Edición 2016
- **NFPA 24. Standard for the installation of private fire service mains and their appurtenances.** EEUU. Edición 2016.
- **NFPA 30. Flammable and combustible liquids code.** EEUU. Edición 2015.

- <http://blogseguridadindustrial.com/wp-content/uploads/2014/12/TIPOS-DE-FUEGO.png>. Artículo web. Consultado el 11 de abril del 2016.
- [http://www.astro.ugto.mx/~papaqui/ondasyfluidos/Tema\\_2.10-Gasto\\_o\\_Caudal.pdf](http://www.astro.ugto.mx/~papaqui/ondasyfluidos/Tema_2.10-Gasto_o_Caudal.pdf). Artículo web. Consultado el 01 de mayo del 2016.
- <http://www.directindustry.com/prod/ashcroft/product-7297-1310655.html>. Artículo web. Consultado el 01 de mayo del 2016.
- <http://syhenwork.blogspot.pe/>. Artículo web. Consultado el 11 de abril del 2016.
- <http://10tiposde.com/fuego/>. Artículo web. Consultado el 11 de abril del 2016.
- [http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/showpage.html?htmlname=GFGV.EX3933&ccnshorttitle=Foam+Liquid+Concentrates&objid=1074300461&cfgid=1073741824&version=versionless&parent\\_id=1073987143&sequence=1](http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/showpage.html?htmlname=GFGV.EX3933&ccnshorttitle=Foam+Liquid+Concentrates&objid=1074300461&cfgid=1073741824&version=versionless&parent_id=1073987143&sequence=1). Artículo web. Consultado el 10 de octubre del 2017.
- <https://www.ansul.com/en/us/DocMedia/F-85154.pdf>. Artículo web Consultado el 10 de octubre del 2017.

## **ANEXOS**

• ANEXO N° 01

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p><b>P. General:</b></p> <p>-¿Cómo realizar el diseño hidráulico de un sistema contra incendio, para proporcionar seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.?</p>	<p><b>O. General:</b></p> <p>-Realizar el diseño hidráulico de un sistema contra incendio, para proporcionar seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.</p>	<p><b>H. General:</b></p> <p>-El diseño hidráulico de un sistema contra incendio permitirá proporcionar seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Diseño hidráulico de un sistema contra incendio.</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <p>-Capacidad de almacenamiento de la cisterna de agua contra incendio.</p> <p>-Presión de operación de la bomba contra incendio.</p> <p>-Caudal de descarga de la bomba contra incendio.</p> <p>- Capacidad de almacenamiento del tanque Bladder de concentrado de espuma.</p> <p>- Caudal de operación del proporcionador de</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>-Investigación Tecnológica.</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>-Investigación Aplicada.</p> <p><b>Diseño de la Investigación:</b></p> <p>-Diseño de Investigación No Experimental.</p>	<p>La población estará conformada por ocho (08) tanques de almacenamiento de OPDH, contenidos en el nuevo patio de tanques de almacenamiento del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.</p> <p>TK-301 TK-302 TK-303 TK-304 TK-305 TK-306 TK-307 TK-308</p> <p>La muestra para la presente</p>
<p><b>P. Específicos:</b></p> <p>1-¿Cómo determinar el grado de afectación de los diferentes escenarios de riesgo de incendio, para establecer el nivel de protección del patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.?</p>	<p><b>O. Específicos:</b></p> <p>1-Determinar el grado de afectación de los diferentes escenarios de riesgo de incendio, para establecer el nivel de protección del patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.</p>	<p><b>H. Específicas:</b></p> <p>1- Si se determina el grado de afectación de los diferentes escenarios de riesgo de incendio, se podrá establecer el nivel de protección del patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.</p>			

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>2-¿Cómo determinar el consumo de agua y concentrado de espuma de cada escenario de incendio, para identificar el de mayor demanda en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.?</p> <p>3-¿Cómo determinar las dimensiones y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio, para garantizar la descarga de agua y espuma en las condiciones requeridas por el DS-043-2007-EM, en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.?</p>	<p>2-Determinar el consumo de agua y concentrado de espuma de cada escenario de incendio, para identificar el de mayor demanda en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.</p> <p>3.-Determinar las dimensiones y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio, para garantizar la descarga de agua y espuma en las condiciones requeridas por el DS-043-2007-EM, en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.</p>	<p>2-Si se determina el consumo de agua y concentrado de espuma de cada escenario de incendio, se podrá identificar el de mayor demanda en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.</p> <p>3- Si se determina las dimensiones y parámetros de operación de los componentes del sistema contra incendio, se podrá garantizar la descarga de agua y espuma en las condiciones requeridas por el DS-043-2007-EM, en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH del dique B de la Planta SANTO DOMINGO S.A.C.</p>	<p>espuma.</p> <p>-Material de las tuberías, válvulas y accesorios.</p> <p>-Pérdidas de presión por tramo analizado.</p> <p>-Velocidad de flujo.</p> <p>-Régimen de aplicación requerido en el dispositivo.</p> <p>-Presión requerida en el dispositivo.</p> <p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>Seguridad en el patio de tanques de almacenamiento de OPDH</p> <p><u>Indicadores:</u></p> <p>-Delimitación de áreas afectadas por radiación térmica.</p> <p>- Áreas protegidas</p>		<p>investigación coincide con el total de la población, debido a que el número de elementos que conforman la población es pequeño y se puede tener acceso a la información de cada uno de ellos y no es necesario extraer un grupo de menor cantidad de unidades para poder trabajar con los datos correspondientes a fin de lograr el objetivo indicado en la sección 1.3 de este documento.</p>

Fuente: Elaboración Propia.



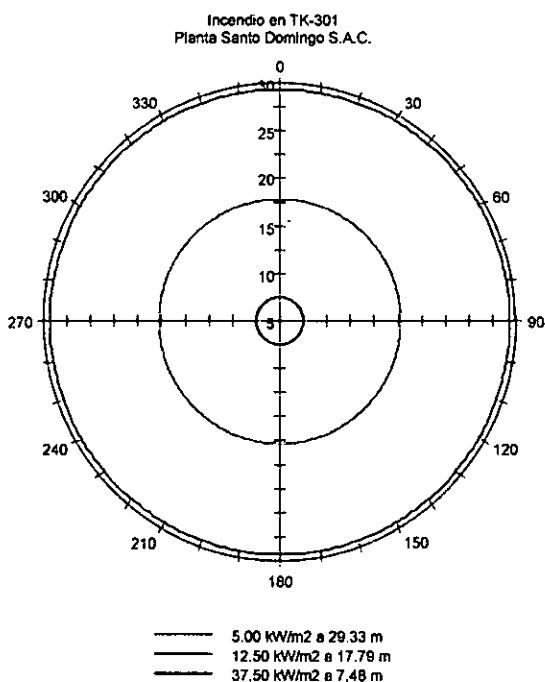
• **ANEXO N° 02**

**REPORTES DE SIMULACIÓN DE INCENDIOS - ESTUDIO DE  
RIESGOS DE LA PLANTA**



**Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)  
Gráfica de distancias de afectación**

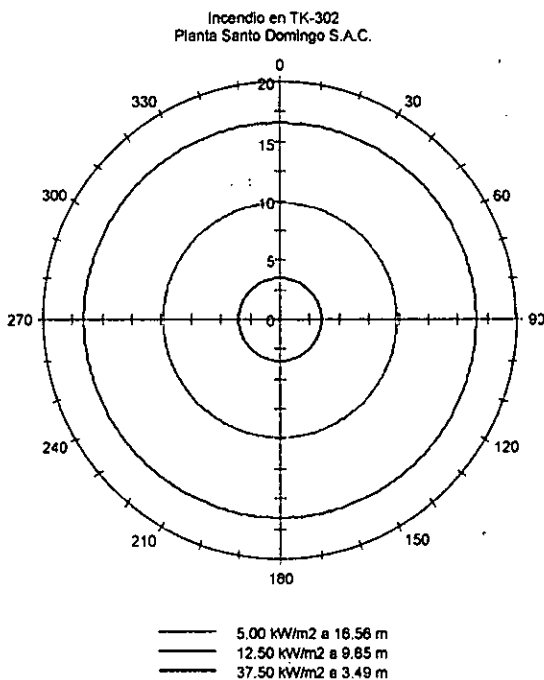
<b>TÍTULO DEL MODELO</b>		
Incendio en TK-301 - Planta Santo Domingo S.A.C.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.		
Sistema = Dique B		
Diámetro = 11.46 m		
Altura = 11.44 m		
Producto = Condensado de Gas Natural		
Objetivo = Evaluar los efectos de la radiación térmica sobre tanques aledaños..		
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>		
Nombre	Condensado de Gas Natural	No. CAS
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>		
Calor de combustión	43510.00 kJ/kg	
Calor de vaporización	470000.00 J/kg	
Temp. de ebullición	306.0 K (32.9 °C)	
Masa de combustión	0.060 kg/m <sup>2</sup> s	
Facción de energía radiada	0.3	
Temperatura ambiente	294.2 K (21.0 °C)	
Humedad relativa	80.0 %	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>		
Diámetro del área	11.46 m	
Área del derrame	103.15 m <sup>2</sup>	
Altura de la base del fuego	0.00 m	
Masa de combustión total	6.19 kg/s	
Altura de flama	18.34 m	





**Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)  
Gráfica de distancias de afectación**

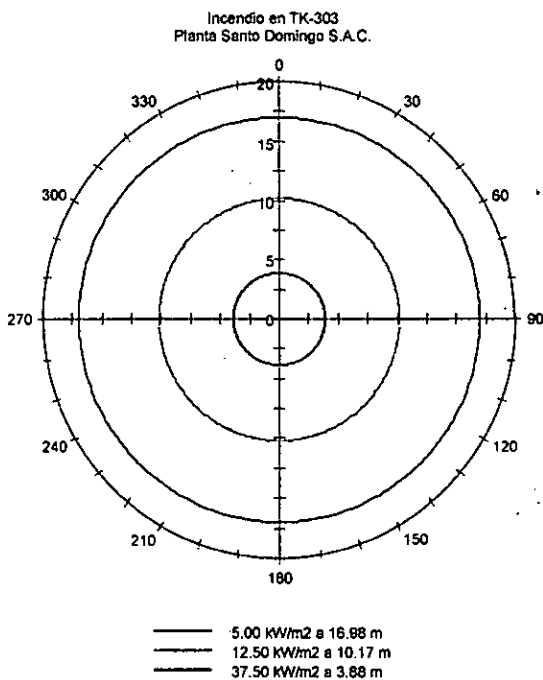
<b>TÍTULO DEL MODELO</b>			
Incendio en TK-302 - Planta Santo Domingo S.A.C.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.			
Sistema = Dique B Diámetro = 8.25 m Altura = 12.00 m Producto = Acetona Objetivo = Evaluar los efectos de la radiación térmica sobre tanques aledaños.			
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>			
Nombre	ACETONA	No. CAS	67-64-1
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>			
Calor de combustión		28548.00 kJ/kg	
Calor de vaporización		511000.00 J/kg	
Temperatura de ebullición		329.0 K (55.9 °C)	
Masa de combustión		0.041 kg/m <sup>2</sup> s	
Fracción de energía radiada		0.4	
Temperatura ambiente		294.2 K (21.0 °C)	
Humedad relativa		80.0 %	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>			
Diámetro del área		8.25 m	
Área del derrame		53.46 m <sup>2</sup>	
Altura de la base del fuego		0.00 m	
Masa de combustión total		2.19 kg/s	
Altura de flama		11.57 m	





**Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)  
Gráfica de distancias de afectación**

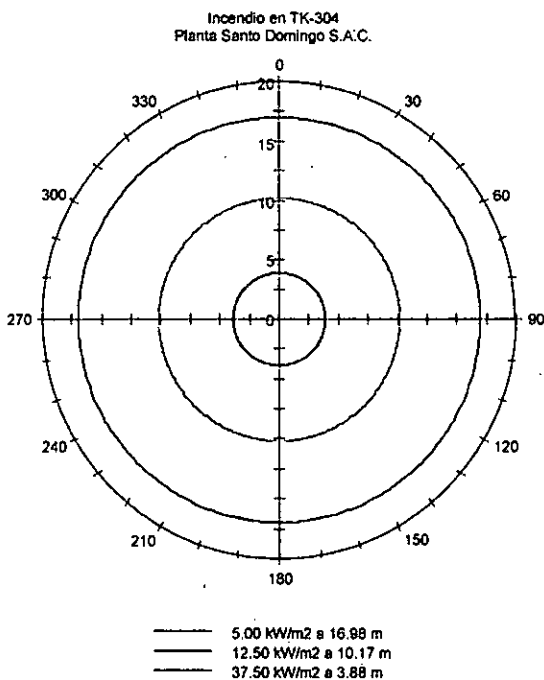
<b>TÍTULO DEL MODELO</b>		
Incendio en TK-303 - Planta Santo Domingo S.A.C.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.		
Sistema = Dique B Diámetro = 8.25 m Altura = 12.00 m Producto = n-Propanol Objetivo = Evaluar los efectos de la radiación térmica sobre tanques aledaños.		
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>		
Nombre	n-Propanol	No. CAS
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>		
Calor de combustión		30550.00 kJ/kg
Calor de vaporización		681000.00 J/kg
Temperatura de ebullición		370.0 K (96.9 °C)
Flujo de masa de combustión		0.040 kg/m <sup>2</sup> s
Facción de energía radiada		0.4
Temperatura ambiente		294.2 K (21.0 °C)
Humedad relativa		80.0 %
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>		
Diámetro del área		8.25 m
Área del derrame		53.46 m <sup>2</sup>
Altura de la base del fuego		0.00 m
Masa de combustión total		2.14 kg/s
Altura de flama		11.39 m





**Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)  
Gráfica de distancias de afectación**

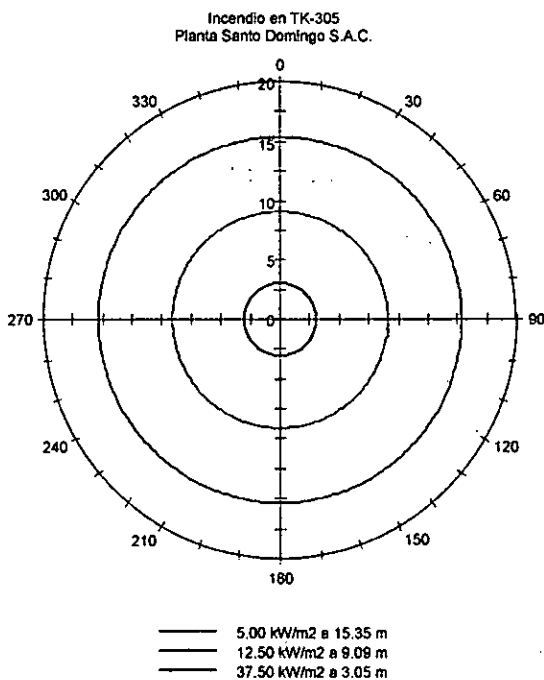
<b>TULO DEL MODELO</b>	
Incendio en TK-304 - Planta Santo Domingo S.A.C.	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.	
Sistema = Dique B	
Diámetro = 8.25 m	
Altura = 12.00 m	
Producto = n-Propanol	
Objetivo = Evaluar los efectos de la radiación térmica sobre tanques aledaños.	
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>	
Nombre	n-Propanol
No. CAS	
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>	
Calor de combustión	30550.00 kJ/kg
Calor de vaporización	681000.00 J/kg
Temp. de ebullición	370.0 K (96.9 °C)
Masa de combustión	0.040 kg/m <sup>2</sup> s
Facción de energía radiada	0.4
Temperatura ambiente	294.2 K (21.0 °C)
Humedad relativa	80.0 %
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>	
Diámetro del área	8.25 m
Área del derrame	53.46 m <sup>2</sup>
Altura de la base del fuego	0.00 m
Masa de combustión total	2.14 kg/s
Altura de flama	11.39 m





**Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)  
Gráfica de distancias de afectación**

<b>TÍTULO DEL MODELO</b>			
Incendio en TK-305 - Planta Santo Domingo S.A.C.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.			
Sistema = Dique B			
Diámetro = 7.64 m			
Altura = 12.00 m			
Producto = Acetona			
Objetivo = Evaluar los efectos de la radiación térmica sobre tanques aledaños.			
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>			
Nombre	ACETONA	No. CAS	67-64-1
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>			
Calor de combustión		28548.00 kJ/kg	
Calor de vaporización		511000.00 J/kg	
Temperatura de ebullición		329.0 K (55.9 °C)	
Masa de combustión		0.041 kg/m <sup>2</sup> s	
Fracción de energía radiada		0.4	
Temperatura ambiente		294.2 K (21.0 °C)	
Humedad relativa		80.0 %	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>			
Diámetro del área		7.64 m	
Área del derrame		45.84 m <sup>2</sup>	
Altura de la base del fuego		0.00 m	
Masa de combustión total		1.88 kg/s	
Altura de flama		10.97 m	



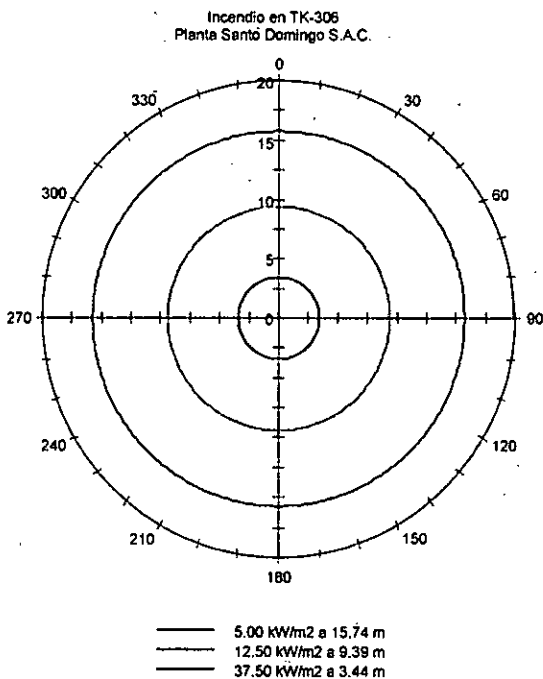


# SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

## Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE) Gráfica de distancias de afectación

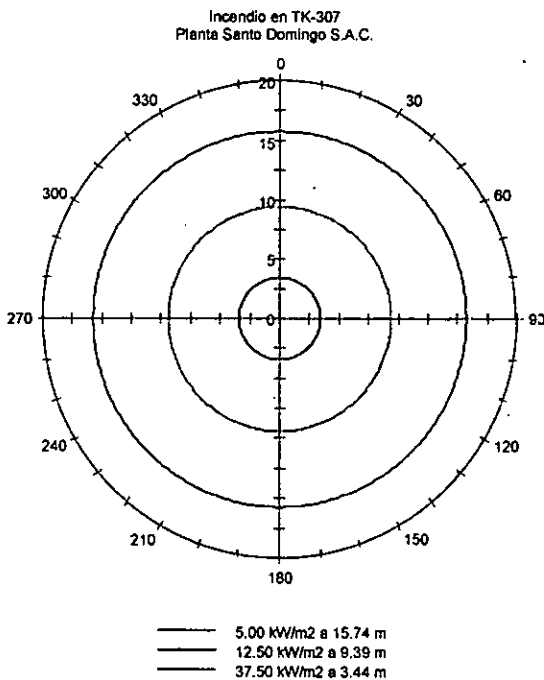
<b>TÍTULO DEL MODELO</b>		
Incendio en TK-306 - Planta Santo Domingo S.A.C.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.		
Sistema = Dique B		
Diámetro = 7.64 m		
Altura = 12.00 m		
Producto = n-Propanol		
Objetivo = Evaluar los efectos de la radiación térmica sobre tanques aledaños.		
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>		
Nombre	n-Propanol	No. CAS
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>		
Valor de combustión	30550.00 kJ/kg	
Valor de vaporización	681000.00 J/kg	
Temp. de ebullición	370.0 K (96.9 °C)	
Masa de combustión	0.040 kg/m <sup>2</sup> s	
Facción de energía radiada	0.4	
Temperatura ambiente	294.2 K (21.0 °C)	
Humedad relativa	80.0 %	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>		
Diámetro del área	7.64 m	
Área del derrame	45.84 m <sup>2</sup>	
Altura de la base del fuego	0.00 m	
Masa de combustión total	1.83 kg/s	
Altura de flama	10.80 m	





**Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)  
Gráfica de distancias de afectación**

<b>TÍTULO DEL MODELO</b>		
Incendio en TK-307 - Planta Santo Domingo S.A.C.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.		
Sistema = Dique B		
Diámetro = 7.64 m		
Altura = 12.00 m		
Producto = n-Propanol		
Objetivo = Evaluar los efectos de la radiación térmica sobre tanques aledaños.		
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>		
Nombre	n-Propanol	No. CAS
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>		
Calor de combustión	30550.00 kJ/kg	
Calor de vaporización	681000.00 J/kg	
Temp. de ebullición	370.0 K (96.9 °C)	
Masa de combustión	0.040 kg/m <sup>2</sup> s	
Facción de energía radiada	0.4	
Temperatura ambiente	294.2 K (21.0 °C)	
Humedad relativa	80.0 %	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>		
Diámetro del área	7.64 m	
Área del derrame	45.84 m <sup>2</sup>	
Altura de la base del fuego	0.00 m	
Masa de combustión total	1.83 kg/s	
Altura de flama	10.80 m	

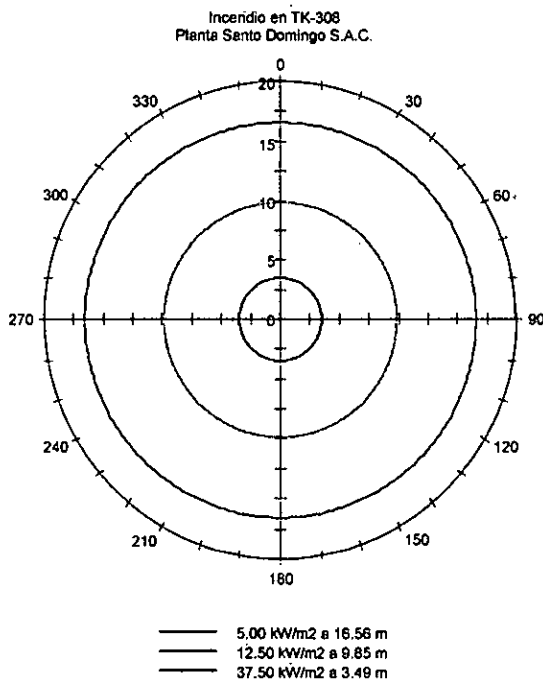






**Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)  
Gráfica de distancias de afectación**

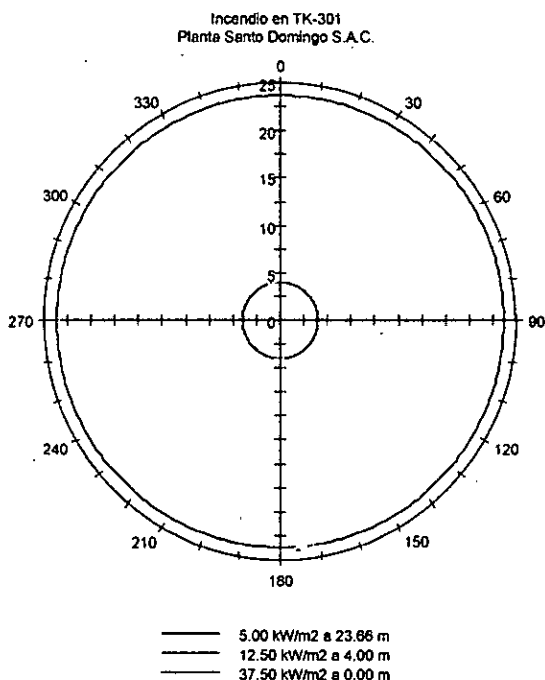
<b>TÍTULO DEL MODELO</b>			
Incendio en TK-308 - Planta Santo Domingo S.A.C.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.			
Sistema = Dique B			
Diámetro = 8.25 m			
Altura = 12.00 m			
Producto = Acetona			
Objetivo = Evaluar los efectos de la radiación térmica sobre tanques aledaños.			
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>			
Nombre	ACETONA	No. CAS	67-64-1
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>			
Calor de combustión		28548.00 kJ/kg	
Calor de vaporización		511000.00 J/kg	
Temperatura de ebullición		329.0 K (55.9 °C)	
Masa de combustión		0.041 kg/m <sup>2</sup> s	
Fracción de energía radiada		0.4	
Temperatura ambiente		294.2 K (21.0 °C)	
Humedad relativa		80.0 %	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>			
Diámetro del área		8.25 m	
Área del derrame		53.46 m <sup>2</sup>	
Altura de la base del fuego		0.00 m	
Masa de combustión total		2.19 kg/s	
Altura de flama		11.57 m	





**Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)  
Gráfica de distancias de afectación**

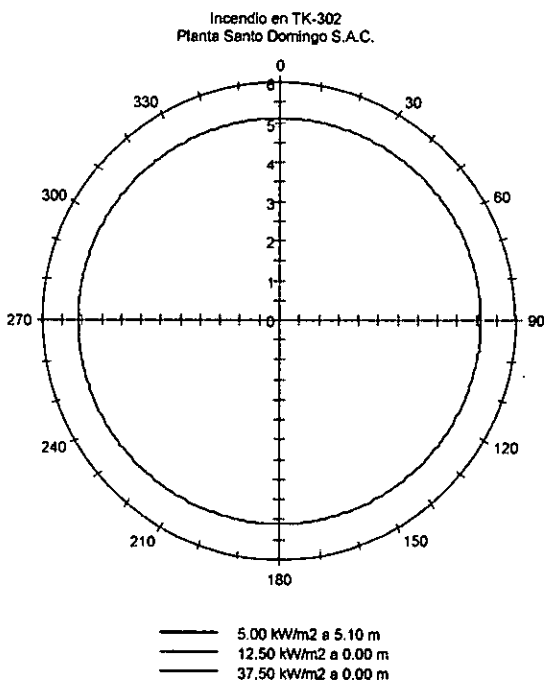
<b>TÍTULO DEL MODELO</b>		
Incendio en TK-301 - Planta Santo Domingo S.A.C.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.		
Sistema = Dique B		
Diámetro = 11.46 m		
Altura = 11.44 m		
Producto = Condensado de Gas Natural		
Objetivo = Evaluar la afectación a personas y equipos.		
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>		
Nombre	Condensado de Gas Natural	No. CAS
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>		
Calor de combustión	43510.00 kJ/kg	
Calor de vaporización	470000.00 J/kg	
Temp. de ebullición	306.0 K (32.9 °C)	
Masa de combustión	0.060 kg/m <sup>2</sup> s	
Facción de energía radiada	0.3	
Temperatura ambiente	294.2 K (21.0 °C)	
Humedad relativa	80.0 %	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>		
Diámetro del área	11.46 m	
Área del derrame	103.15 m <sup>2</sup>	
Altura de la base del fuego	10.44 m	
Masa de combustión total	6.19 kg/s	
Altura de flama	18.34 m	





**Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)  
Gráfica de distancias de afectación**

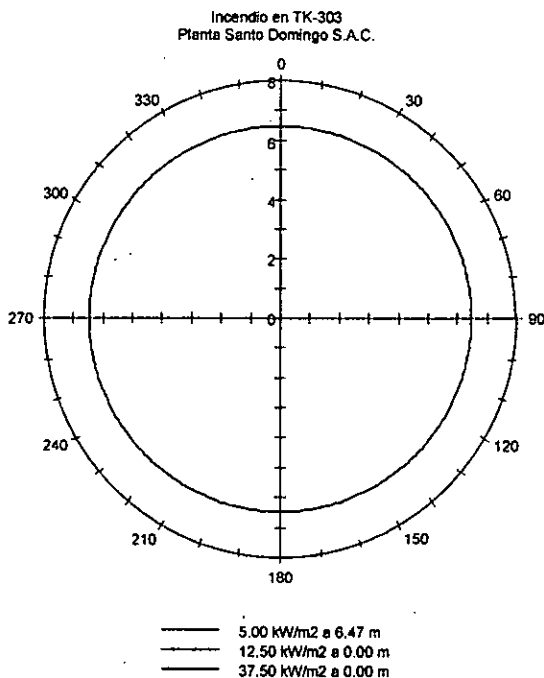
<b>TÍTULO DEL MODELO</b>			
Incendio en TK-302 - Planta Santo Domingo S.A.C.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.			
Sistema = Dique B			
Diámetro = 8.25 m			
Altura = 12.00 m			
Producto = Acetona			
Objetivo = Evaluar la afectación a personas y equipos.			
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>			
Nombre	ACETONA	No. CAS	67-64-1
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>			
Calor de combustión	28548.00 kJ/kg		
Calor de vaporización	511000.00 J/kg		
Temp. de ebullición	329.0 K (55.9 °C)		
Masa de combustión	0.041 kg/m <sup>2</sup> s		
Fracción de energía radiada	0.4		
Temperatura ambiente	294.2 K (21.0 °C)		
Humedad relativa	80.0 %		
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>			
Diámetro del área	8.25 m		
Área del derrame	53.46 m <sup>2</sup>		
Altura de la base del fuego	11.00 m		
Masa de combustión total	2.19 kg/s		
Altura de flama	11.57 m		





## Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE) Gráfica de distancias de afectación

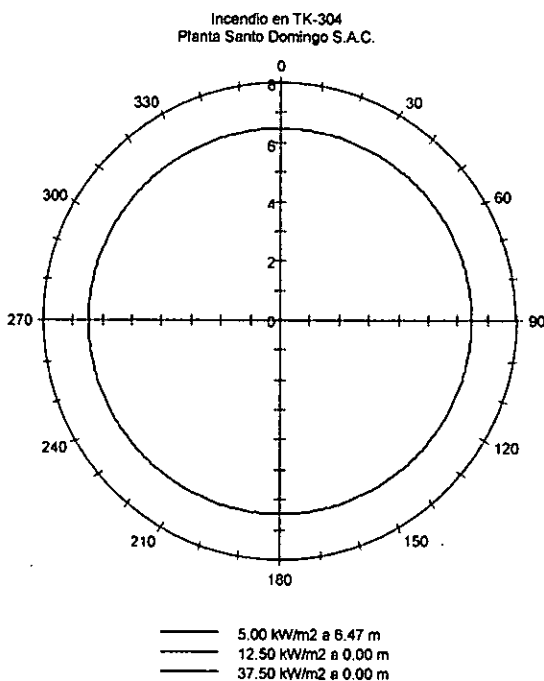
<b>TÍTULO DEL MODELO</b>		
Incendio en TK-303 - Planta Santo Domingo S.A.C.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.		
Sistema = Dique B		
Diámetro = 8.25 m		
Altura = 12.00 m		
Producto = n-Propanol		
Objetivo = Evaluar la afectación a personas y equipos.		
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>		
Nombre	n-Propanol	No. CAS
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>		
Calor de combustión		30550.00 kJ/kg
Calor de vaporización		681000.00 J/kg
Temp. de ebullición		370.0 K (96.9 °C)
Masa de combustión		0.040 kg/m <sup>2</sup> s
Facción de energía radiada		0.4
Temperatura ambiente		294.2 K (21.0 °C)
Humedad relativa		80.0 %
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>		
Diámetro del área		8.25 m
Área del derrame		53.46 m <sup>2</sup>
Altura de la base del fuego		11.00 m
Masa de combustión total		2.14 kg/s
Altura de flama		11.39 m





## Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE) Gráfica de distancias de afectación

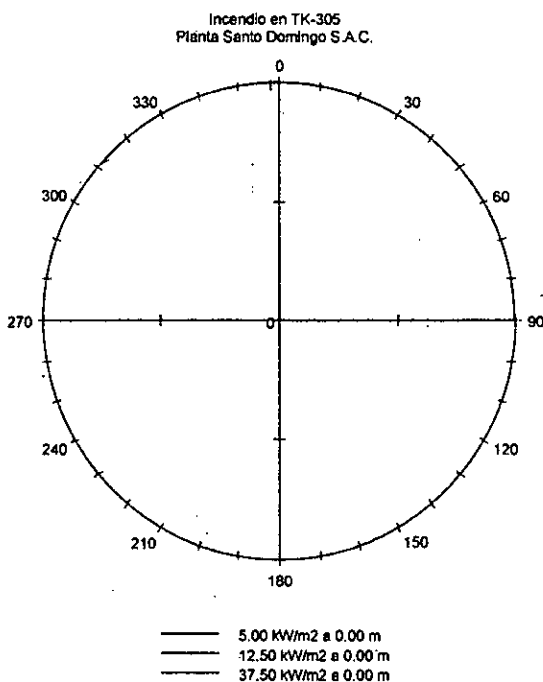
<b>TÍTULO DEL MODELO</b>	
Incendio en TK-304 - Planta Santo Domingo S.A.C.	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.	
Sistema = Dique B	
Diámetro = 8.25 m	
Altura = 12.00 m	
Producto = n-Propanol	
Objetivo = Evaluar la afectación a personas y equipos.	
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>	
Nombre	n-Propanol
No. CAS	
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>	
Calor de combustión	30550.00 kJ/kg
Calor de vaporización	681000.00 J/kg
Temp. de ebullición	370.0 K (96.9 °C)
Masa de combustión	0.040 kg/m <sup>2</sup> s
Facción de energía radiada	0.4
Temperatura ambiente	294.2 K (21.0 °C)
Humedad relativa	80.0 %
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>	
Diámetro del área	8.25 m
Área del derrame	53.46 m <sup>2</sup>
Altura de la base del fuego	11.00 m
Masa de combustión total	2.14 kg/s
Altura de flama	11.39 m





## Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE) Gráfica de distancias de afectación

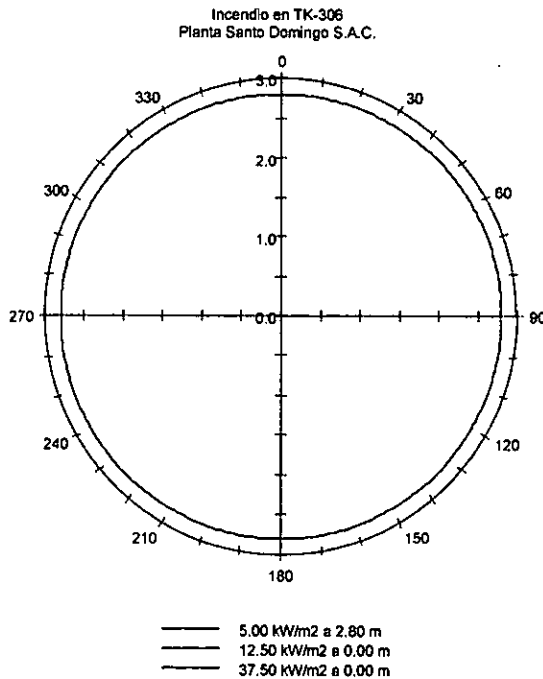
<b>TÍTULO DEL MODELO</b>			
Incendio en TK-305 - Planta Santo Domingo S.A.C.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.			
Sistema = Dique B			
Diámetro = 7.64 m			
Altura = 12.00 m			
Producto = Acetona			
Objetivo = Evaluar la afectación a personas y equipos.			
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>			
Nombre	ACETONA	No. CAS	67-64-1
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>			
Calor de combustión	28548.00 kJ/kg		
Calor de vaporización	511000.00 J/kg		
Temperatura de ebullición	329.0 K (55.9 °C)		
Masa de combustión	0.041 kg/m <sup>2</sup> s		
Facción de energía radiada	0.4		
Temperatura ambiente	294.2 K (21.0 °C)		
Humedad relativa	80.0 %		
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>			
Diámetro del área	7.64 m		
Área del derrame	45.84 m <sup>2</sup>		
Altura de la base del fuego	11.00 m		
Masa de combustión total	1.88 kg/s		
Altura de flama	10.97 m		





Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)
Gráfica de distancias de afectación

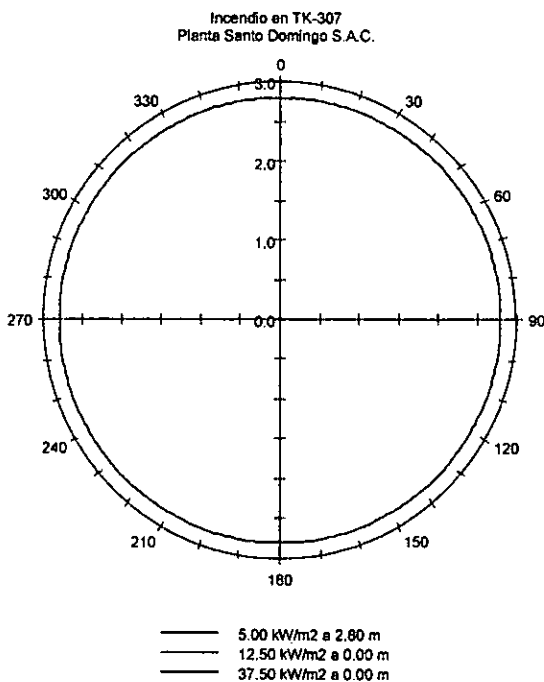
Table with 4 main sections: TÍTULO DEL MODELO, DESCRIPCIÓN, DATOS DE LA SUSTANCIA, and CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO. It contains simulation parameters for a fire in a tank, including fuel type (n-Propanol), combustion values, and fire characteristics like diameter and height.





**Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)  
Gráfica de distancias de afectación**

<b>TÍTULO DEL MODELO</b>		
Incendio en TK-307 - Planta Santo Domingo S.A.C.		
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.		
Sistema = Dique B		
Diámetro = 7.64 m		
Altura = 12.00 m		
Producto = n-Propanol		
Objetivo = Evaluar la afectación a personas y equipos.		
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>		
Nombre	n-Propanol	No. CAS
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>		
Calor de combustión	30550.00 kJ/kg	
Calor de vaporización	681000.00 J/kg	
Temp. de ebullición	370.0 K (96.9 °C)	
Masa de combustión	0.040 kg/m <sup>2</sup> s	
Facción de energía radiada	0.4	
Temperatura ambiente	294.2 K (21.0 °C)	
Humedad relativa	80.0 %	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>		
Diámetro del área	7.64 m	
Área del derrame	45.84 m <sup>2</sup>	
Altura de la base del fuego	11.00 m	
Masa de combustión total	1.83 kg/s	
Altura de flama	10.80 m	





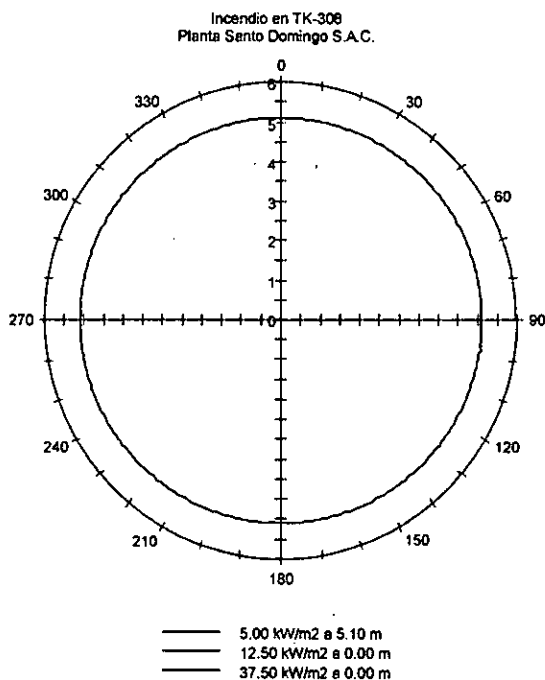


# SCRI-FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

## Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE) Gráfica de distancias de afectación

<b>TÍTULO DEL MODELO</b>			
Incendio en TK-308 - Planta Santo Domingo S.A.C.			
<b>DESCRIPCIÓN</b>			
Incendio de tipo POOL FIRE Confinado en Tanque de Techo Cónico Fijo.			
Sistema = Dique B			
Diámetro = 8.25 m			
Altura = 12.00 m			
Producto = Acetona			
Objetivo = Evaluar la afectación a personas y equipos.			
<b>DATOS DE LA SUSTANCIA</b>			
Nombre	ACETONA	No. CAS	67-64-1
<b>PARÁMETROS DE ENTRADA</b>			
Valor de combustión	28548.00 kJ/kg		
Valor de vaporización	511000.00 J/kg		
Temp. de ebullición	329.0 K (55.9 °C)		
Masa de combustión	0.041 kg/m <sup>2</sup> s		
Facción de energía radiada	0.4		
Temperatura ambiente	294.2 K (21.0 °C)		
Humedad relativa	80.0 %		
<b>CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO</b>			
Diámetro del área	8.25 m		
Área del derrame	53.46 m <sup>2</sup>		
Altura de la base del fuego	11.00 m		
Masa de combustión total	2.19 kg/s		
Altura de flama	11.57 m		



- ANEXO N° 03

**HOJAS DE SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS ALMACENADOS**



**SAVIA**  
PERÚ

## Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Savia Perú S.A.  
Carretera Panamericana Norte Km 1102  
Pariñas – Talara – Piura  
Teléfono 51 – 73 - 284000 Anexo 2521  
Fax 51 - 73 - 284199

Clasificación NFPA 704-49/325 M  
Riesgo a la Salud: 1  
Inflamabilidad: 4  
Reactividad: 0  
Numero UN: UN - 1257

### I Producto Químico e identificación de la Empresa

NOMBRE COMERCIAL DEL PRODUCTO	Hidrocarburo Alifático Liviano (HAL)
SINONIMOS	C5+, Gasolina Natural
FORMULA	N/A
TIPO DE APLICACIÓN	Materia prima para uso industrial
CAS N°	68425-31-0
TELEFONO DE EMERGENCIA	51-73-284000 ANEXOS 2521-2531

### II Composición e Información de los Componentes:

Componentes Principales	Porcentaje (vol)	LEP Limites de Exposición Permissible
Hidrocarburo	100	300ppm como TWA
Notificación del proveedor: Este producto contiene los siguientes productos químicos tóxicos sujetos a los requerimientos de reporte: Test (ASTM-D-4053-04).		
CAS N°	Nombre Químico	Porcentaje en Volumen
71-43.2	Benceno	0.21 %

### Información de Componentes

Nombre	CAS Number	%peso	LEP Limites de Exposición Permissible
l - butano	75-28-5	0.030	800 ppm TWA
n -butano	106-97-8	0.722	800 ppm TWA
l – Pentano	78-78-4	38.729	600 ppm TWA

**La información proporcionada en esta hoja de seguridad es precisa dentro de lo conocido y de acuerdo a la fecha de su elaboración. Los daños y perjuicios que se deriven del uso de la información contenida en esta hoja de seguridad no serán bajo ninguna circunstancia, de responsabilidad de Savia Perú S.A.**

n - Pentano	109-66-0	24.496	600 ppm TWA
C6+	mixture	36.022	
TOTAL		100	

### III Medidas en caso de Incendio y Explosión:

Punto de inflamación : - 4° C  
 Límites de explosión : Inferior 1.1% - superior 7.8%  
 Temp. Ebullición: 33° C  
 Temp. Autoignición: 204 ° C

Extremadamente inflamable se enciende con facilidad. Los contenedores pueden explotar al someterlos al calor. Sus vapores se concentran en las partes bajas y pueden viajar a una fuente de ignición regresando después en llamas. Pueden formar mezclas explosivas con aire.

**Medio de extinción:** Polvo químico, espuma proteica, chorro de agua, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

**Productos de la combustión:** Cuando se oxida con deficiencia de oxígeno puede producir monóxido de carbono.

**Precauciones para evitar incendio y explosión:** Evitar fuentes de calor o ignición y el contacto con agentes oxidantes fuertes. Proveer de ventilación adecuada al área de trabajo, especialmente en zonas bajas. Conectar a tierra los recipientes para evitar descargas electrostáticas. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosión.

**Instrucciones para combatir el fuego:** evacuar o aislar el área de peligro. Eliminar toda fuente de ignición. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Controlar los vapores de la fuga con espuma fluoroproteínica. Mantener refrigerados los contenedores aplicando agua en forma de rocío desde máxima distancia.

### IV Identificación de Peligros

Efectos adversos Potenciales para la salud

**Inhalación:** A bajas concentraciones puede causar sed y opresión en el pecho. A concentraciones más altas puede causar inflamación del tracto respiratorio y asfixia. Los síntomas pueden incluir respiración rápida, fatiga, descoordinación somnolencia, confusión mental, shock, inconsciencia y convulsiones.

**Ingestión:** El líquido puede causar náuseas, vómitos y congelamiento de boca y garganta.

**Piel:** El líquido puede provocar quemaduras por congelamiento.

**Ojos:** El gas produce irritación. Al contacto con el líquido puede presentarse irritación, enrojecimiento y quemaduras.

**La información proporcionada en esta hoja de seguridad es precisa dentro de lo conocido y de acuerdo a la fecha de su elaboración. Los daños y perjuicios que se deriven del uso de la información contenida en esta hoja de seguridad no serán bajo ninguna circunstancia, de responsabilidad de Savia Perú S.A.**

# Safety Data Sheet

Product name : ACETONE

Date of issue: 21/03/2011.

Version: 2

## 8.2 Exposure controls

**Appropriate engineering controls** : Use only with adequate ventilation. Use process enclosures, local exhaust ventilation or other engineering controls to keep worker exposure to airborne contaminants below any recommended or statutory limits. The engineering controls also need to keep gas, vapor or dust concentrations below any lower explosive limits. Use explosion-proof ventilation equipment.

### Individual protection measures

**Hygiene measures :** Wash hands, forearms and face thoroughly after handling chemical products, before eating, smoking and using the lavatory and at the end of the working period. Appropriate techniques should be used to remove potentially contaminated clothing. Wash contaminated clothing before reusing. Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location.

**Eye/face protection** : Safety eyewear complying with an approved standard should be used when a risk assessment indicates this is necessary to avoid exposure to liquid splashes, mists, gases or dusts. Recommended: Chemical splash goggles or face shield.

### Skin protection

**Hand protection** : Chemical-resistant, impervious gloves complying with an approved standard should be worn at all times when handling chemical products if a risk assessment indicates this is necessary. >8 hours (breakthrough time): Butyl gloves, polyethylene (PE)

**Body protection :** Chemical-resistant protective suit.

**Other skin protection** : Rubber boots.

**Respiratory protection :** In atmospheres where the product is present, compressed-air respiratory protective device must be used, with a visor covering the whole face.

**Environmental exposure controls** : Emissions from ventilation or work process equipment should be checked to ensure they comply with the requirements of environmental protection legislation. In some cases, fume scrubbers, filters or engineering modifications to the process equipment will be necessary to reduce emissions to acceptable levels.

## SECTION 9: Physical and chemical properties

### 9.1 Information on basic physical and chemical properties

**Appearance** :

**Physical state** : Liquid.

**Color** : Colorless.

**Odor** : Characteristic. Bland. Penetrant.

**Odor threshold** : 47,5 ppm

**pH** : 5 to 6 [Conc. (% w/w): 50%]

**Melting point/freezing point** : -94,2°C

**Initial boiling point and boiling range** : 56,1°C

**Flash point** : Closed cup: -18,15°C  
Open cup: -17,8°C

**Evaporation rate** : 5,6 (butyl acetate = 1)

**Flammability (solid, gas) :** Highly flammable in the presence of the following materials or conditions: open flames, sparks and static discharge and heat.

**Burning time** : Not applicable.

**Burning rate** : Not applicable.

**Upper/lower flammability or explosive limits** : Lower: 2,5%  
Upper: 14,3%

**Vapor pressure** : 24 kPa [20°C]  
80 kPa [50°C]

**Vapor density** : 2 [Air = 1]

**Relative density** : 0,791

**Density** : 0,791 g/cm<sup>3</sup> [20°C]

Date of issue/Date of revision

; 21/03/2011

Page: 7/13

0570  
-Propanol

Fecha de Revisión 11-Jul-2011  
Número de Revisión 1.00

## Protección de los ojos

Usar lentes de seguridad ajustados al contorno del rostro. Además de lentes protectores debe llevar una mascarilla si existe peligro de salpicaduras en la cara. El equipo debe satisfacer la norma EN 166.

## Protección de la piel y del cuerpo

Indumentaria impermeable. Use pantalla facial y traje de protección por si surgen anomalías en el proceso.

## Control de exposición ambiental

Si es posible úsese en sistemas cerrados. Si la fuga no se puede prevenir, la sustancia debe ser absorbida en el punto de fuga, sin peligro. Cumplir los límites de exposición. Limpieza exhaustiva del aire de ser necesario. Si no se puede reciclar, elimínese conforme a la normativa local. Informar a las autoridades responsables en caso de fuga a la atmósfera o en caso de entrada a vías fluviales, suelo o alcantarillado.

## Consejos adicionales

Más detalles acerca de esta sustancia pueden encontrarse en el dossier de registros bajo en siguiente enlace:  
<http://apps.echa.europa.eu/registered/registered-sub.aspx>. Información relativa a limitaciones especiales de clasificación la encontrará en el anexo de esta hoja de datos de seguridad.

## PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado de la materia	líquido			
Color	incolore			
Olor	alcohólico			
Umbral de olor	< 0,07 - 100 mg/m <sup>3</sup>			
Peso molecular	60,10			
Formula molecular	C3 H8 O			
Punto de inflamación	22 - 24 °C			
Método	DIN 51755			
Temperatura de autoignición	395 °C			
Método	DIN 51794			
Límite inferior de explosión	2,1 Vol %			
Límite superior de explosión	13,5 Vol %			
Temperatura de fusión/rango	< -90 °C (Punto de fluidez)			
Temperatura de ebullición/rango	97 °C @ 1013 hPa			
Presión de vapor				
Valores [hPa]	Valores [kPa]	Valores [atm]	@ °C	@ °F
26	2,6	0,026	20	68
133	13,3	0,133	50	122
Densidad				
Valores [g/cm <sup>3</sup> ]	@ °C	@ °F	Método	
0,8036	20	68	DIN 51757	
Índice de refracción	1,386 @ 20 °C			
Viscosidad	2,21 mPa*s @ 20 °C			
Método	ASTM D445, dinámica			
Insolubilidad	miscible, OECD 105			
Pow	0,2 medido, OECD 117			
Calor de combustión	2021 kJ/mol @ 25 °C (77 °F)			

• ANEXO N° 04

**FICHA DE OBSERVACIÓN DE VISITA A PLANTA**

## **FICHA DE OBSERVACIÓN – VISITA A PLANTA**

Con la finalidad de recopilar toda la información necesaria para el desarrollo del informe de tesis, nos dirigimos, previa cita, a la planta SANTO DOMINGO S.A.C.

Durante la visita fuimos guiados hacia distintas áreas, y en cada una de ellas se levantó la información que se detalla líneas abajo.

### **Cisterna y Cuarto de Bombas contra incendio:**

La planta cuenta con una motobomba marca SPP Pumps, de capacidad de 1000GPM a 130 PSI. El sistema cuenta con un tablero controlador, el cual permite el control automático del sistema. Adicionalmente cuenta con una electrobomba jockey y su tablero controlador. El sistema de bombeo cuenta con una línea de alivio de presión y una línea de pruebas, según lo requerido por NFPA 20.

Justo al lado del cuarto de bombas se encuentra una cisterna de agua con una capacidad de 750 000 galones. El piso de cuarto de bombas y la cisterna de agua se encuentran en el mismo nivel, de modo que no se producirá succión negativa.

### **Zona de tanque bladder:**

En dicha zona se encontró un tanque bladder vertical con capacidad para almacenar 600 galones de concentrado de espuma. El tanque bladder está equipado con un proporcionador de espuma tipo wafer de 6" y las válvulas que forman parte del trim del ensamblado.

El concentrado de espuma es del tipo AR-AFFF, para mezclarse al 3% en solución con agua.

La línea de solución agua-espuma cuenta con una válvula reductora de presión, configurada a 65 psi, según lo indicado por el jefe de operaciones de la planta.

### **Otras zonas de la planta**

Se hizo un recorrido siguiendo las tuberías existentes del sistema contra incendio.

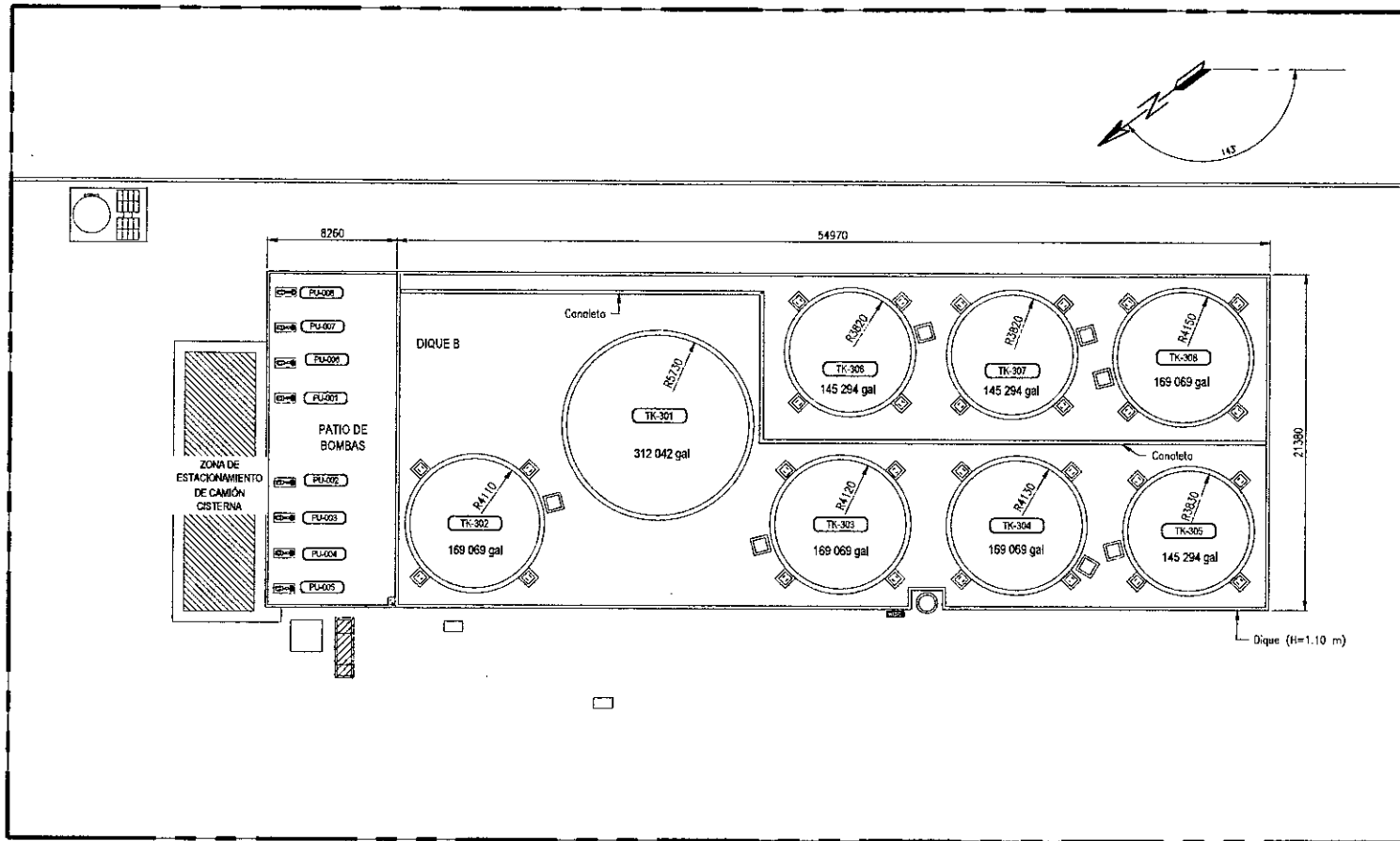
Se verificó la existencia de una línea de tuberías de 4", para el servicio de solución agua-espuma contra incendio, desde la zona de tanques bladder hacia un punto cercano a la zona del dique B.

Además, se verificó la existencia de una línea de tuberías de 8", para el servicio de agua contra incendio, pasando en canaletas frente al patio de tanques del dique B.



• **ANEXO N° 05**

**PLANO DE ARREGLO GENERAL - DIQUE B DE LA PLANTA SANTO  
DOMINGO S.A.C.**

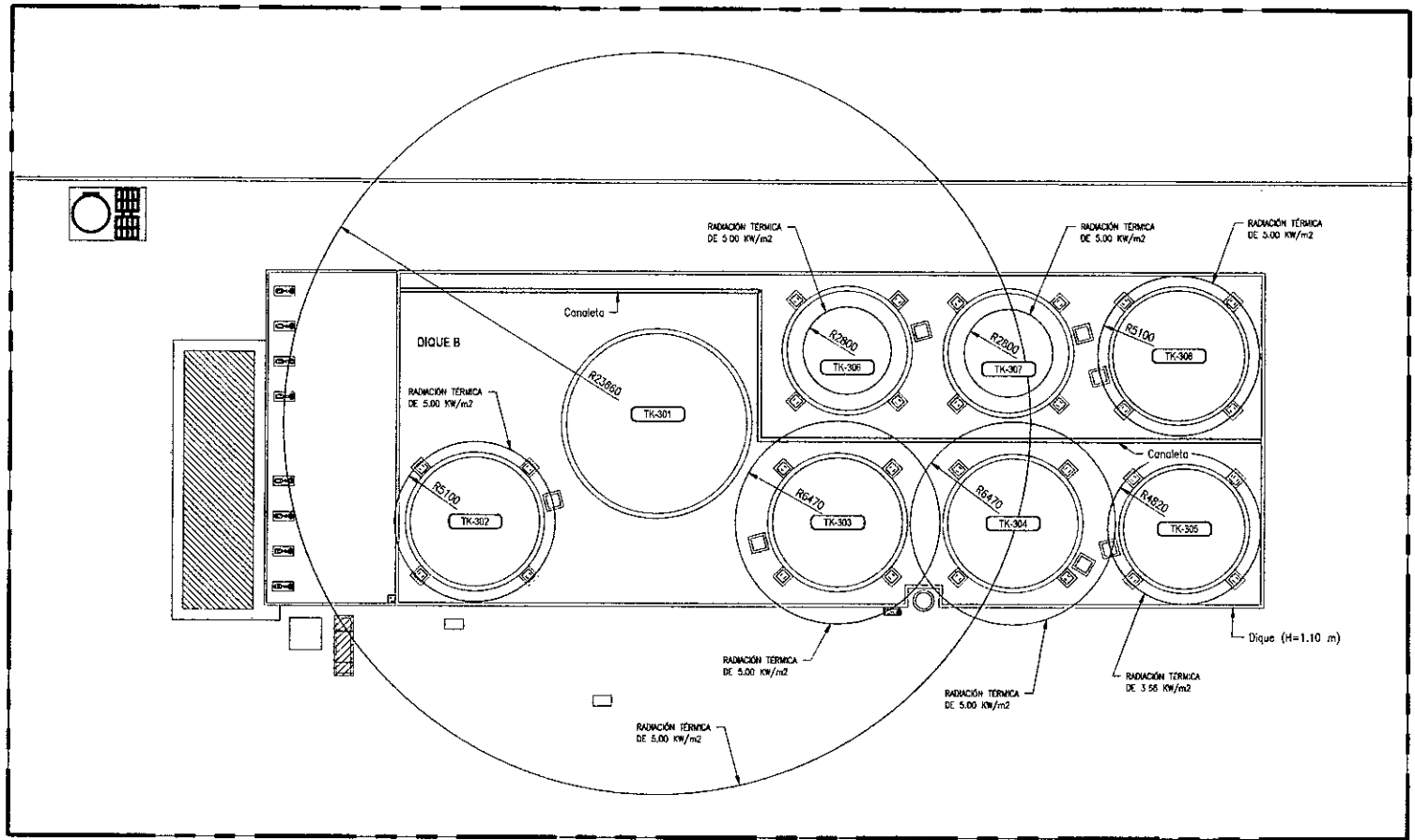


PLANO DE ARREGLO GENERAL - DIQUE B  
ESC.: 1/200

INFORMACIÓN DEL CONTRATANTE		NOTAS:		REVISIONES				PLANOS DE REFERENCIA		DEMANDO POR:		INSTALACION		
SANTO DOMINGO S.A.C.				REV.	PROYECTISTA	AFROBADO	FECHA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DE PLANO	DESCRIPCIÓN	PLANTA SANTO DOMINGO S.A.C.			
DIRECCION LEGAL: CARRETERA PANAMERICANA SUR, Km. 24, LURIN - LIMA											PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DEL DIQUE B DE LA PLANTA SANTO DOMINGO S.A.C.			
COORDINADOR: N° DE CONTRATO: 054-2017											PLANO: PLANO DE ARREGLO GENERAL - DIQUE B			
											ESCALA: 1/200	CÓD. PLANO: PL-0542017-01-001	FECHA: 09/10/17	REV. B

- **ANEXO N° 06**

**PLANO: RADIOS DE AFECTACIÓN A PERSONAS**



RADIOS DE AFECTACIÓN POR RADIACIÓN TÉRMICA A PERSONAS

ESC.: 1/200

<b>INFORMACIÓN DEL CONTRATANTE</b> <b>SANTO DOMINGO S.A.C.</b>		NOTAS:	<b>REVISIONES</b>				<b>PLANOS DE REFERENCIA</b>		DISEÑADO POR: DISEÑADO POR: REVISADO POR: APROBADO POR:		<b>INSTALACIÓN</b> <b>PLANTA SANTO DOMINGO S.A.C.</b>	
DIRECCIÓN LEGAL: CARRETERA PANAMERICANA SUR, KM. 24 LURÍN - LIMA			REV. PROYECTISTA APROBADO FECHA DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DE PLANO DESCRIPCIÓN	PROYECTO: <b>DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DEL          DIQUE B DE LA PLANTA SANTO DOMINGO S.A.C.</b>		PLANO: <b>RADIOS DE AFECTACIÓN A PERSONAS</b>		ESCALA: 1/200 CÓD. PLANO: FL-0542017-09-003 FECHA: 08/10/17 REV: <b>B</b>			
COORDINADOR: N° DE CONTRATO: 054-2017		FORMAT. "A2"										

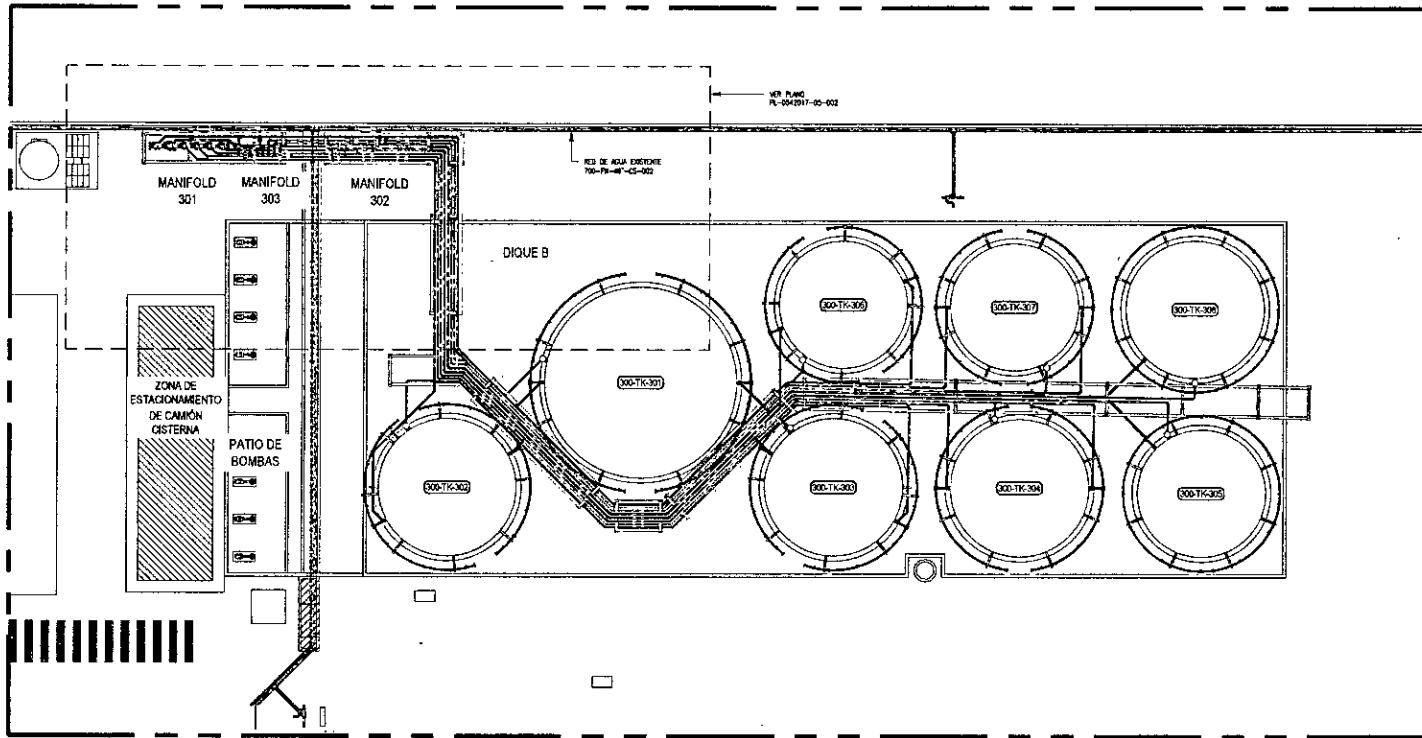
• **ANEXO N° 07**

**PLANO: RADIOS DE AFECTACIÓN A EQUIPOS**



- **ANEXO N° 08**

**PLANOS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO**

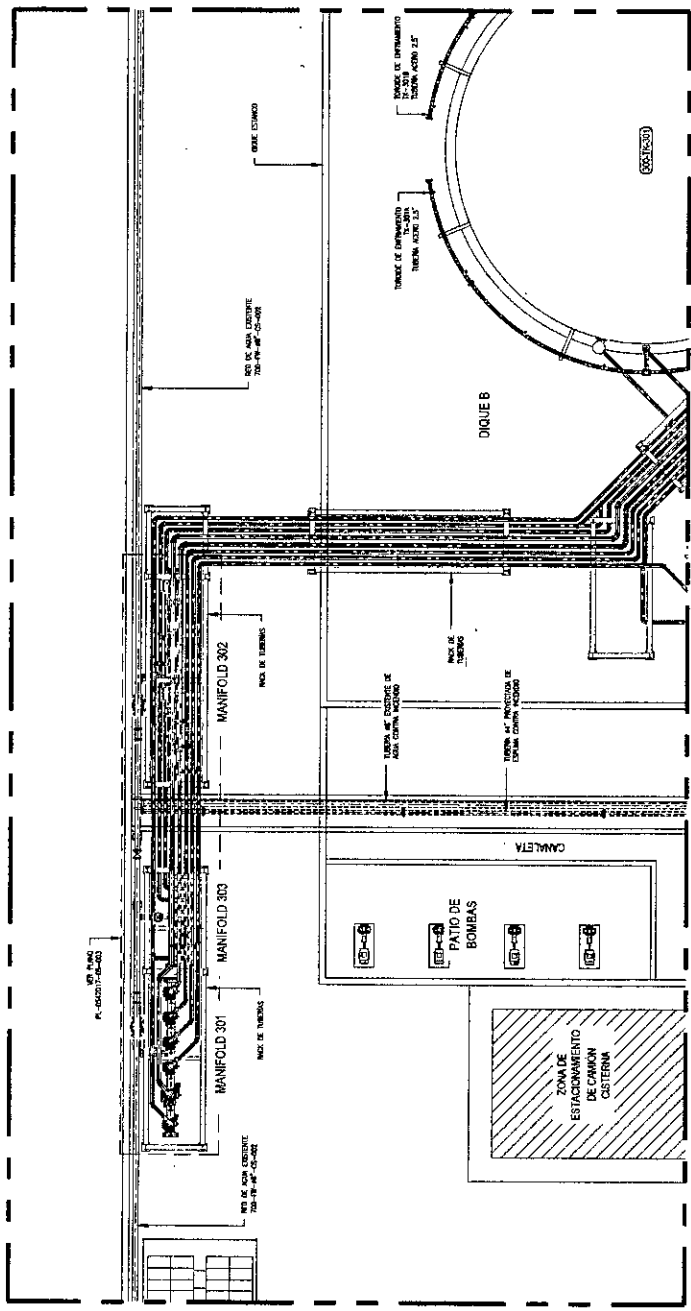


ARREGLO GENERAL - TUBERIAS CONTRA INCENDIO

1:200

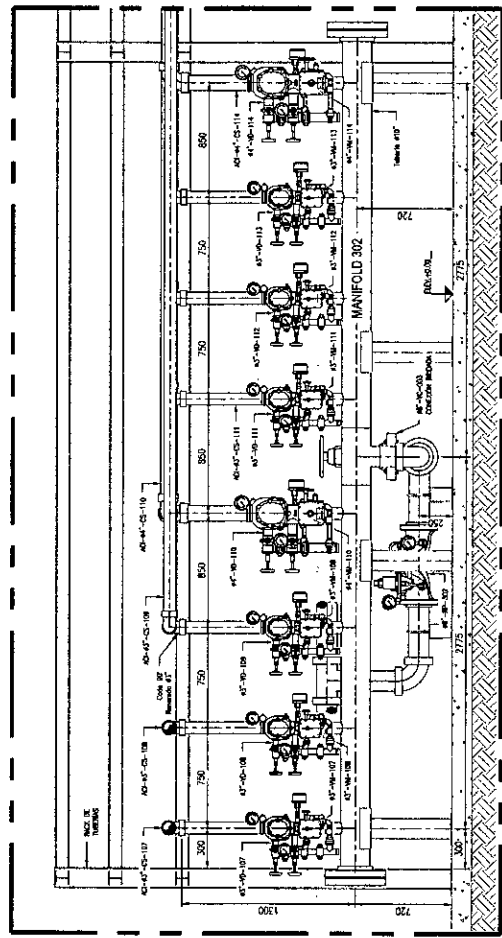
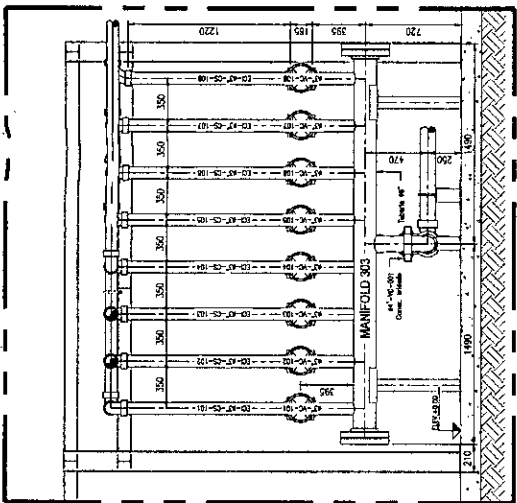
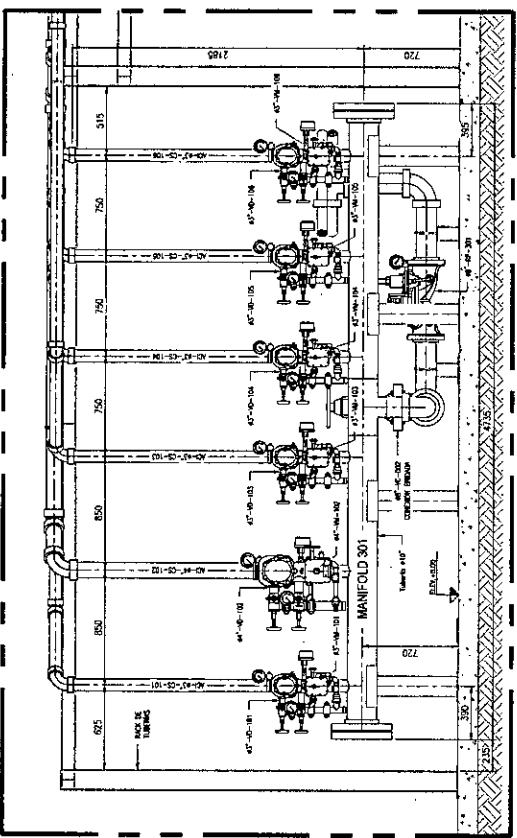
<b>INFORMACIÓN DEL CONTRATANTE</b> <b>SANTO DOMINGO S.A.C.</b>		<b>NOTAS:</b>    	<b>REVISIONES</b>				<b>PLANOS DE REFERENCIA</b>		DIBUJADO POR: DISEÑADO POR: REVISADO POR: APROBADO POR:	INSTALACIÓN: <b>PLANTA SANTO DOMINGO S.A.C.</b> PROYECTO: <b>DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DEL DIQUE B DE LA PLANTA SANTO DOMINGO S.A.C.</b> PLANO: <b>ARREGLO GENERAL - TUBERIAS CONTRA INCENDIO</b> ESCALA: 1/200
DIRECCIÓN LEGAL: CARRETERA PANAMERICANA SUR, Km. 24 LURÍN - LIMA			REV.    	PROYECTISTA    	APROBADO    	FECHA    	DESCRIPCIÓN    	CÓDIGO DE PLANO    	DESCRIPCIÓN    	COD. PLANO: PL-0542017-05-001 FECHA: 12/11/17 REV: B
COORDINADOR:	N° DE CONTRATO: 054-2017									
FORMAT. "A2"										





VISTA DE PLANTA - ZONA DE MANIFOLDS  
1:100

INFORMACION DEL CONTRATANTE		REVISIONES		PLANOS DE REFERENCIA		ESTADOS POR		INSTALACION		
<b>SANTO DOMINGO S.A.C.</b> DIRECCION LEGAL: CARRETERA PANAMERICANA SUR, Km. 24, LIMA - LIMA COORDINADOR: N° DE CONTRATO: 054-2017		REV.	PROYECTISTA	APROBADO	FECHA	DESCRIPCION	CONTRATO DE PLANO	DESCRIPCION	DEMANDO POR	PLANTA SANTO DOMINGO S.A.C.
								DEMANDO POR	DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DEL DIQUE B DE LA PLANTA SANTO DOMINGO S.A.C.	
								REVISADO POR	PLANO: VISTA DE PLANTA - ZONA DE MANIFOLDS	
								APROBADO POR	ESCALA: 1/100 PLANO: PL-0542017-05-002	
									FECHA: 12/11/17	
									REV: B	



NOTAS:  
 1. TOME LAS MEDIDAS CON CONCORDIAS EN MANIFOLD A MENOS DE SEIS PULGADAS PARA UNIRLOS.  
 2. EN TODAS LAS MEDIDAS DEBERÁ USARSE UNIDADES EN PULGADAS.  
 3. EN TODAS LAS MEDIDAS DEBERÁ USARSE UNIDADES EN PULGADAS.  
 4. EN TODAS LAS MEDIDAS DEBERÁ USARSE UNIDADES EN PULGADAS.

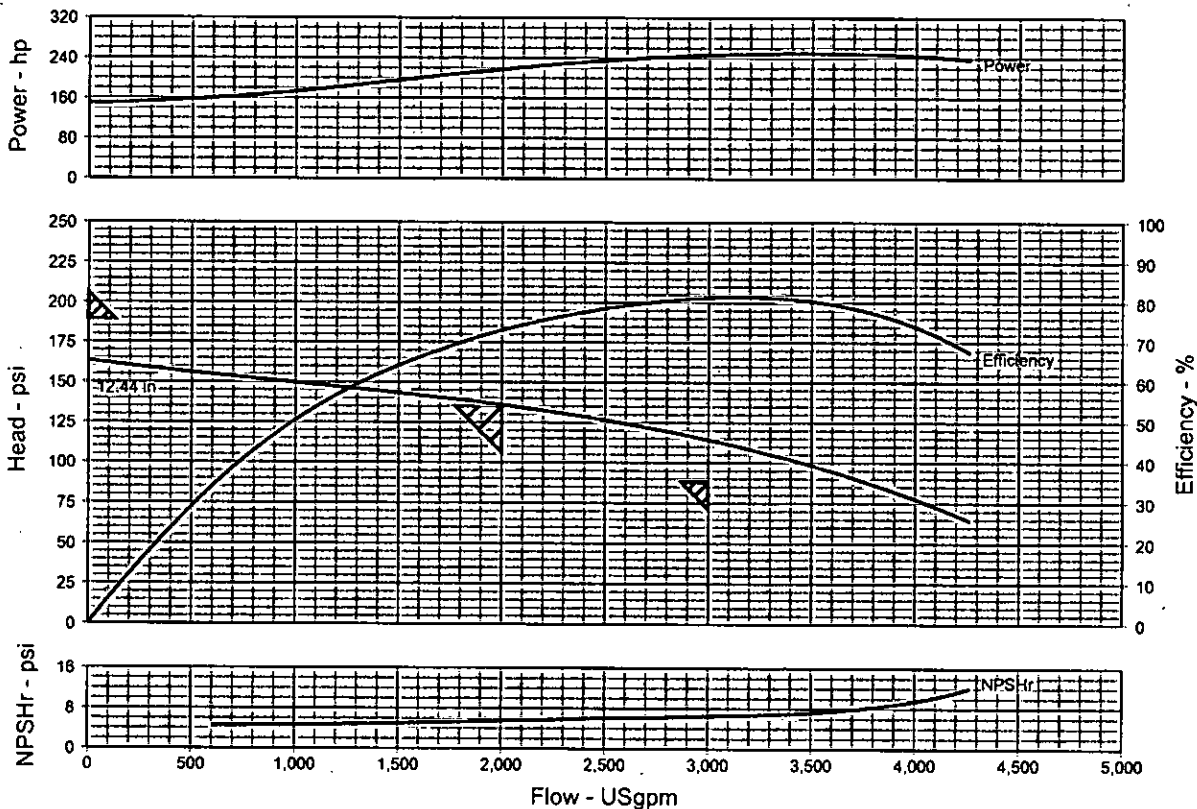
<b>INFORMACIÓN DEL CONTRATANTE</b> <b>SANTO DOMINGO S.A.C.</b> DIRECCIÓN LEGAL: CARRETERA PANAMERICANA SUR, N.º 34, LUSÉN - LIMA COORDINADOR: 064-2017		<b>NOTAS:</b>		<b>REVISIONES</b>		<b>PLANOS DE REFERENCIA</b>		<b>INSTALACIONES</b>	
REV.	PROYECTISTA	APROBADO	FECHA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO DE PLANO	DESCRIPCIÓN	RESOLUCIÓN PER	PROYECTISTA	PLANTA SANTO DOMINGO S.A.C.
							ENTRADO PER		DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DEL DIQUE B DE LA PLANTA SANTO DOMINGO S.A.C.
							PROCESADO PER		
							APROBADO PER		VISTAS DE ELEVACIÓN - MANIFOLDS
							ESCALA:	1:25	COD. PLANO:
									PL-042301-05-003
									FECHA:
									02/11/17
									REV:
									B

- **ANEXO N° 09**

**FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS PRINCIPALES**

## Pump Performance Datasheet

<b>Customer</b> Customer enquiry : SPP Pumps Inc Form number : 2000GPM@135PSI Package - Tertiary Quantity : 1	<b>Quote number</b> Pump Size : <b>TD20E</b> Stages : 1 Based on curve number : TD20E-FMT-C2800 Rev 2G-C1 Date last saved
<b>Operating Conditions</b> Flow, rated : 2,000.0 USgpm Differential Head (requested) : 135.0 psi Suction pressure, rated / max : 1.00 / 1.00 psi.g NPSH available, rated : Ample Frequency : 60 Hz	<b>Liquid</b> Liquid Type/ Application : Does not exist in KB (Liq-1Wat) Additional liquid description Temperature, max : 30.00 deg C Fluid density rated : 1.000 / 1.000 SG Viscosity, rated : 1.00 cP
<b>NFPA Limits</b> Flow, rated : 2,000.0 USgpm Head, rated : 135.1 psi Power, rated : 219 hp NPSHr, rated : 5.53 psi Efficiency, rated : 74 % Flow at 150% : 3,040.0 USgpm Head at 150%, actual/limit : 113.1 psi Efficiency at 150% : 81 % NPSHr at 150% flow : 6.57 psi Power required at 150% flow : 247 hp Break power : 250 hp Closed valve pressure : 164.4 psi.g 0% Head at shutoff : 189.2 psi % Head at 150% flow : 87.85 psi Minimum flow (2%) : 40.00 USgpm	<b>Performance</b> Speed, rated : 2800 rpm Impeller diameter, rated (approx.) : 12.44 in Impeller diameter, maximum : 13.39 in Impeller diameter, minimum : 9.45 in Efficiency : 74 % NPSH required / margin required : 5.53 / 0.71 psi Head, maximum, rated diameter (approx.) : 163.4 psi Diameter ratio (rated / max) : 92.94 %
<b>Pressure Data</b> Maximum working pressure : 164.4 psi.g Maximum allowable working pressure : 224.8 psi.g Maximum allowable suction pressure : 72.52 psi.g Hydrostatic test pressure : 246.6 psi.g	<b>Driver &amp; Power Data</b> Power, hydraulic : 161 hp Power, rated : 219 hp Power, maximum, rated diameter : 250 hp
	<b>Material</b> Material selected : CI / Br / CS (Standard)
	<b>Selection status</b> FM/UL/cUL approved : FM/UL/cUL Near miss reasons





## Pump Performance Datasheet

Customer : Customer enquiry : SPP Pumps Inc Item number : 2000GPM@135PSI Usage - Tertiary : Quantity : 1	Quote number : Pump Size : TD20E Stages : 1 Based on curve number : TD20E-FMT-C2800 Rev 2G-C1 Date last saved :
--	---

Operating Conditions	Liquid
Flow, rated : 2,000.0 USgpm	Liquid Type/ Application : Does not exist in KB (Liq-1Wat)
Differential Head (requested) : 135.0 psi	Additional liquid description :
Injection pressure, rated / max : 1.00 / 1.00 psi.g	Temperature, max : 30.00 deg C
NPSH available, rated : Ample	Fluid density rated : 1.000 / 1.000 SG
Frequency : 60 Hz	Viscosity, rated : 1.00 cP

Flow (USgpm)	Head (psi)	Pump Efficiency (%)	Power Required (hp)	NPSH required (psi)
0.00	163.4	0	150	4.32
533.4	155.6	31	158	4.42
1,066.8	148.8	53	176	4.65
1,600.3	141.9	66	200	5.09
2,133.7	133.6	75	222	5.64
2,667.1	122.8	80	240	6.25
3,200.5	108.4	81	248	6.74
3,733.9	89.19	78	248	7.98
4,267.3	64.12	67	237	12.06



## ANSULITE A334-LV 3% x 3% AR-AFFF Low Viscosity Concentrate

### Description

ANSULITE A334-LV 3x3 AR-AFFF (Alcohol Resistant Aqueous Film-Forming Foam) Low Viscosity Concentrate combines fluoro- and hydrocarbon-surfactant technologies to provide superior fire and vapor suppression for Class B, polar solvent and hydrocarbon fuel fires. The low viscosity of this concentrate enables ease of proportioning in a wide range of equipment such as in-line eductors, balanced pressure systems, built-in systems aboard ARFF (Aircraft Rescue and Fire Fighting) and other emergency response vehicles. This synthetic foam concentrate is intended for forceful or gentle firefighting applications at 3% solution on hydrocarbon fuels and at 3% solution on polar solvent fuels in fresh, salt, or hard water.

ANSULITE A334-LV foam solution utilizes three suppression mechanisms intended for rapid fire knockdown and superior burnback resistance:

- The foam blanket blocks oxygen supply to the fuel.
- Liquid drains from the foam blanket and forms either:
  - An aqueous film on a hydrocarbon fire, or
  - A polymeric membrane on a polar solvent fire which suppresses the vapor and seals the fuel surface.
- The water content of the foam solution produces a cooling effect for additional fire suppression.

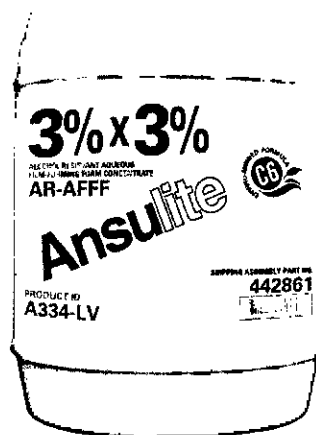
### TYPICAL PHYSIOCHEMICAL PROPERTIES

Appearance	Viscous yellow liquid
Density	1.03 ± 0.02 g/ml
pH	7.0 - 8.5
Refractive Index	1.3600 minimum
Viscosity*	1800 ± 500 cPs at 77 °F (25 °C), 30 rpm
Viscosity*	1900 ± 500 cPs at 35 °F (2 °C), 30 rpm
Viscosity*	1000 ± 300 cPs at 77 °F (25 °C), 60 rpm
Spreading Coefficient	3 dynes/cm minimum at 3% dilution
Pour Point	10 °F (-12 °C)
Freeze Point	7 °F (-14 °C)

\*Brookfield Viscometer Spindle #4

ANSULITE A334-LV Concentrate is a non-Newtonian fluid that is both pseudoplastic and thixotropic. Due to these properties, dynamic viscosity will decrease as shear increases.

The environmentally-minded ANSULITE A334-LV 3x3 AR-AFFF Concentrate formulation contains short-chain, C-6 fluorochemicals manufactured using a telomer-based process. The telomer process produces no PFOS, and these C-6 materials do not breakdown to yield PFOA. The fluorochemicals used in the concentrate meet the goals of the U.S. Environmental Protection Agency 2010/15 PFOA Stewardship Program.



009883

### Approvals, Listings, and Standards

ANSULITE A334-LV 3x3 AR-AFFF Concentrate is designed in accordance with National Fire Protection Association (NFPA) Standard 11 for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam. The concentrate is approved, listed, qualified under, or meets the requirements of the following specifications and standards:

- UL Standard 162, Foam Liquid Concentrates
  - UL Listed for use with an extensive array of proportioning and discharge equipment, including sprinklers as required by NFPA 16
- ULC S564, Category 2 Foam Liquid Concentrate
- EN 1568: 2008
  - Parts 3, 4
- FM Approvals - FM 5130
  - This concentrate is only FM Approved in conjunction with the specific proportioning equipment and discharge devices as shown in the Approval Guide ([www.ApprovalGuide.com](http://www.ApprovalGuide.com))



### Application

ANSULITE A334-LV 3x3 AR-AFFF Concentrate is intended for use on both types of Class B fires: hydrocarbon fuels with low water solubility, such as crude oils, gasolines, diesel fuels, and aviation fuels; and polar solvent fuels with appreciable water solubility, such as methyl and ethyl alcohol, acetone, and methyl ethyl ketone.

The concentrate also has excellent wetting properties that can effectively combat Class A fires. It may also be used in conjunction with dry chemical agents to provide even greater fire suppression performance.

## Application (Continued)

ANSULITE A334-LV Concentrate can be ideal for fixed, semi-fixed, and emergency response firefighting applications such as:

- Industrial chemical and petroleum processing facilities
- Marine or chemical storage tanks
- Truck/rail loading and unloading facilities
- Flammable liquid containment areas
- Mobile equipment

## Mixing Properties

ANSULITE A334-LV 3x3 AR-AFFF Concentrate may be effectively mixed using most conventional foam discharge equipment at correct dilution with fresh, salt, or hard water. For optimum performance, water hardness should not exceed 500 ppm measured as calcium and magnesium.

ANSULITE A334-LV Concentrate requires low energy to foam. The foam solution may be applied with aspirating and non-aspirating discharge devices. Aspirating discharge devices typically produce expansion ratios from 3.5:1 to 10:1, depending on the type of device and the flow rate. Non-aspirating devices, such as handline water fog/stream nozzles or standard sprinkler nozzles, typically produce expansion ratios from 2:1 to 4:1. High-expansion discharge devices typically produce expansion ratios from 20:1 to 60:1.

### FOAM CHARACTERISTICS\*\* (Fresh and Salt Water)

Proportioning Rate	3%
Expansion Ratio	≥ 7
Breakdown Time (min:sec)	≥ 8:00
Drain Time (min:sec)	≥ 15:00

\*\*EN 1568-3, 2008 protocol

## Proportioning

Recommended operational temperature range for ANSULITE A334-LV 3X3 AR-AFFF Concentrate is 35 °F to 120 °F (0 to 49 °C). This foam concentrate can be correctly proportioned using most conventional, properly calibrated, in-line proportioning equipment such as:

- Off-line and in-line balanced pressure pump proportioners
- Off-line pressure bladder tanks and ratio flow controllers
- Under-the-pump type proportioners
- Off-line or portable in-line venturi type proportioners
- Handline nozzles with fixed eductor/pick-up tubes

For immediate use: The concentrate may also be premixed with fresh or salt water to 3% solution for hydrocarbon fuel fires or a 1% solution for polar solvent fuel fires.

For delayed use: Consult Technical Services for guidance regarding suitability of a stored pre-mix solution (fresh water).

## Materials of Construction Compatibility

To avoid corrosion, galvanized pipe and fittings should not be used in contact with undiluted ANSULITE A334-LV 3x3 AR-AFFF Concentrate. Refer to Tyco Fire Protection Products Technical Bulletin "Acceptable Materials of Construction" for recommendations and guidance regarding compatibility of foam concentrates with common materials of construction in the firefighting foam industry.

## Storage and Handling

ANSULITE A334-LV 3x3 AR-AFFF Concentrate should be stored in the original supplied package (HDPE totes, drums, or pails) or in the recommended foam system equipment as outlined in Tyco Fire Protection Products Technical Bulletin "Storage of Foam Concentrates". A thin layer up to 1/4 in. (6 mm) thick of appropriate-grade mineral oil may be applied to the surface of the foam concentrate stored in a fixed, atmospheric storage container to help minimize evaporation. Consult Tyco Fire Protection Products for further guidance regarding the use of mineral oil to help seal the surface of AR-AFFF concentrates.

The concentrate should be maintained within the recommended operational temperature range. Freezing of the product should be avoided. If, however, the product freezes during transport or storage, it must be thawed and inspected for signs of separation. If separation has occurred or is suspected, ANSULITE A334-LV Concentrate should be mechanically mixed until homogeneous, and additional testing may be required after mixing to verify product quality.

Factors affecting the foam concentrate's long-term effectiveness include temperature exposure and cycling, storage container characteristics, air exposure, evaporation, dilution, and contamination. The effective life of ANSULITE A334-LV Concentrate can be maximized through optimal storage conditions and proper handling. ANSULITE foam concentrates have demonstrated effective firefighting performance with contents stored in the original package under proper conditions for more than 10 years.

Mixing ANSULITE A334-LV Concentrate with other foam concentrates for long-term storage is not recommended. Use in conjunction with comparable 3x3 AR-AFFF products for immediate incident response is appropriate.

## Inspection

ANSULITE A334-LV 3X3 AR-AFFF Concentrate should be inspected periodically in accordance with NFPA 11, EN 13565-2, or other relevant standard. A representative concentrate sample should be sent to Tyco Fire Protection Products Foam Analytical Services or other qualified laboratory for quality analysis per the applicable standard. An annual inspection and sample analysis is typically sufficient, unless the product has been exposed to unusual conditions.

## Ordering Information

ANSULITE A334-LV 3x3 AR-AFFF Concentrate is available in pails, drums, totes, or bulk shipment.

Part No.	Description	Shipping Weight
<b>Pails</b>		
442861	5 gal (19 L)	45 lb (20.4 kg)
<b>Drums</b>		
442863	55 gal (208 L)	495 lb (224.5 kg)
<b>Totes</b>		
442865	265 gal (1003 L)	2463 lb (1117 kg)
443119	330 gal (1249 L)	3055 lb (1386 kg)

For bulk orders, consult an account representative.

Safety Data Sheets (SDS) are available at [www.ansul.com](http://www.ansul.com)

**Note:** The converted values in this document are provided for dimensional reference only and do not reflect an actual measurement.

ANSUL, ANSULITE, and the product names listed in this material are marks and/or registered marks. Unauthorized use is strictly prohibited.



## Between Flange Proportioners (3, 4, 6, and 8 in.)

### Application

ANSUL® proportioners are specifically designed to accurately proportion and control the mixing of pressurized ANSUL foam concentrates into a water stream with minimum pressure loss. ANSUL proportioners are UL Listed and FM Approved with various ANSUL foam concentrates, and are used in conjunction with bladder tanks and pump proportioning skids. Typical applications include flammable liquid storage tanks, loading racks, aircraft hangars, heliports, and anywhere flammable liquids are used, stored, processed, or transported.

### Description

Each ANSUL proportioner consists of a body, inlet nozzle, and metering orifice, all of which are corrosion-resistant brass.

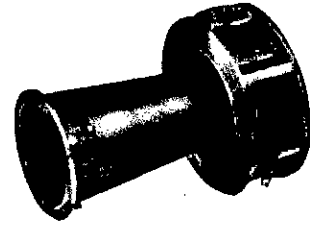
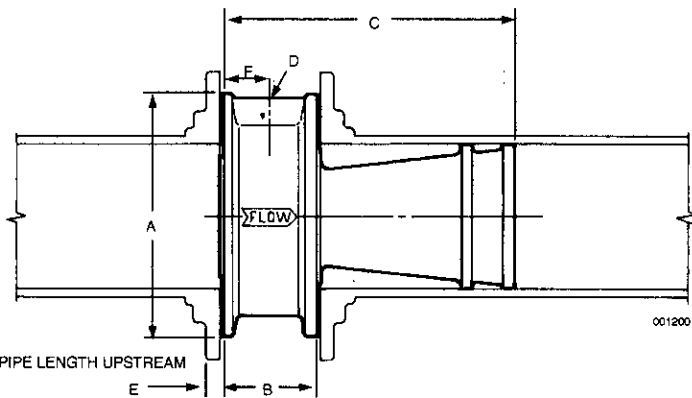
The proportioner body design includes four sizes to fit between a 3 in., 4 in., 6 in., or 8 in. pipe flange. Clearly marked on the proportioner body is the flow direction arrow, as well as the type and percentage of the designated concentrate.

The inlet nozzle is secured by a stainless steel retaining ring that is internally concealed to prevent removal after installation.

The metering orifice is sized according to the type and percentage of concentrate used and is also secured with a stainless steel retaining ring.

### Proportioner Dimension Table

Proportioner Size	Dimensions										
	A	B	C	D	E	F					
	in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)	
3 in.	5.3	(135)	2.50	(64)	6	(152)	1 1/4 NPT	15	(380)	1.19	(30)
4 in.	6.8	(173)	2.54	(65)	8	(203)	1 1/2 NPT	20	(510)	1.27	(32)
6 in.	8.6	(218)	3.25	(83)	12	(305)	2 NPT	30	(760)	1.63	(41)
8 in.	11.0	(279)	3.56	(90)	12	(305)	2 1/2 NPT	40	(1200)	1.78	(45)



001182

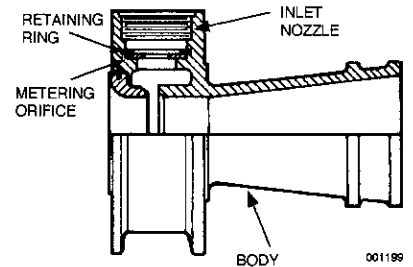
### Specifications

The proportioner body and inlet nozzle shall be of low zinc (less than 15%) brass. The nozzle and foam orifice retaining rings shall be of stainless steel.

The proportioner body shall be designed so that it fits between two ANSI 150 lb pipe flanges. Only the recovery section of the proportioner shall protrude into the system water piping. To capture and seal against the flange gaskets, the mating face shall be machined with 32 grooves per inch (25 mm) for the 4, 6, and 8 in. models, and 64 grooves per inch (25 mm) for the 3 in. model. The body shall be clearly marked with a flow direction arrow, and the type and percent of foam concentrate that it was designed to proportion.

The convergent inlet nozzle shall have a rounded inlet and a smooth machined finish to ensure minimum stream constriction and maximum velocity. It shall be retained by an internally concealed retaining ring that prevents removal after installation.

The foam concentrate metering orifice shall be machined to the proper diameter for the agent. It shall rest on a machined surface to prevent leakage and shall be secured by a removable stainless steel retaining ring.



001189



## Ordering Information

Concentrate Used	Proportioner Part No.			
	3 in.	4 in.	6 in.	8 in.
AR-AFFF (AFC1B)	70800*	69350*	69370*	69390
AR-AFFF (AFC-3B)	70801**	69351**	69371**	69391**
AR-AFFF (3MS)	445328*	445329*	445330*	445331*
AR-AFFF (3X3 LV)	70802	69352	69372	69392
AR-AFFF (3X3 LV)	445486**	445487**	445488**	445489**
AR-AFFF (A364)	70803*	69353*	69373*	69393*
AR-AFFF (A364)	70804*	69354*	69374*	69394*
AR-AFFF (A364)	70806*	69356*	69376*	69396*
AR-AFFF (A364)	70807	69357	69377	69397
AR-AFFF (A364)	70811	69361	69381	69401
AR-AFFF (A364)	70817**	69369**	69387**	69407*
AR-AFFF (A364)	70816*	69366*	69386*	69406*
AR-AFFF (A364)	70818	—	—	—
AR-AFFF (A364)	10 lb (4.5 kg)	20 lb (9.1 kg)	40 lb (18.1 kg)	70 lb (31.8 kg)

Listed with Bladder Tanks  
Listed and FM Approved with Bladder Tanks

Proportioners are only FM Approved when used in conjunction with the correct foam concentrates and equipment shown in the Approval Guide (ApprovalGuide.com).

Data Sheet (SDS) available at [www.ansul.com](http://www.ansul.com)

The converted values in this document are provided for dimensional reference only and do not reflect an actual measurement.

AR, JET-X, and the product names listed in this material are marks and registered marks. Unauthorized use is strictly prohibited.

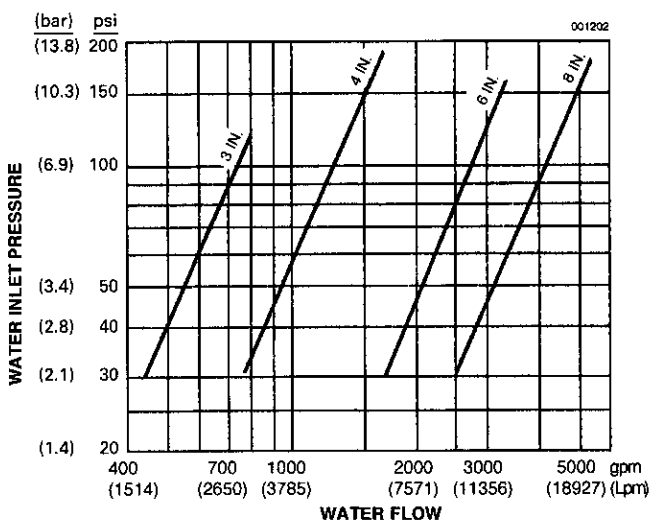
## Nominal Flow Ranges

The following table lists the nominal flow range for each proportioner size. For flow ranges using specific concentrates, consult Tyco Fire Protection Products Technical Services.

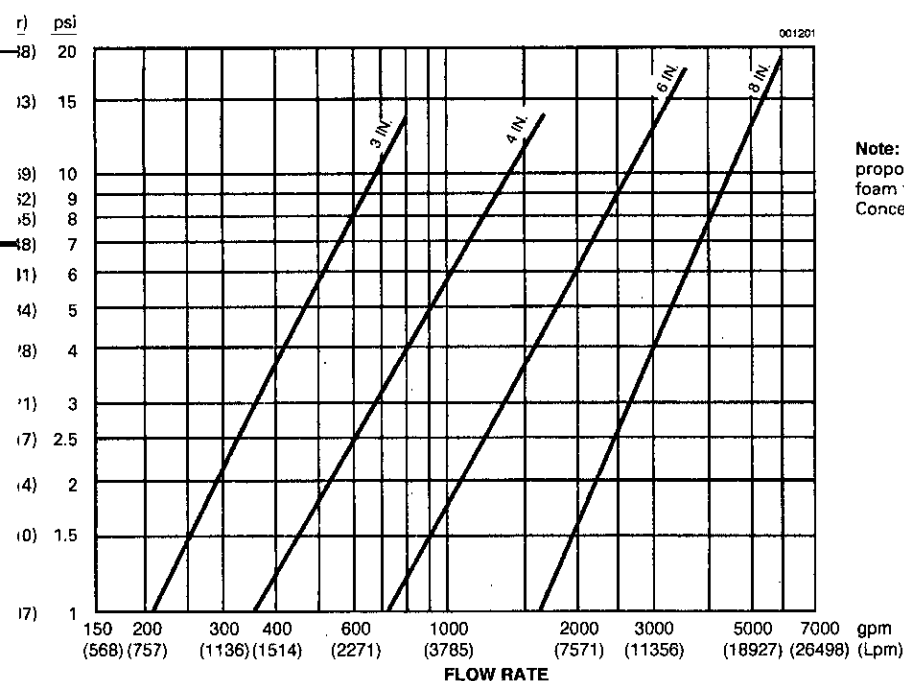
Proportioner Size	Nominal Flow Range	
	gpm	(Lpm)
3 in.	70 – 800	(265 – 3028)
4 in.	200 – 1600	(757 – 6057)
6 in.	300 – 3400	(1136 – 12870)
8 in.	500 – 5500	(1892 – 20819)

Note: Refer to UL Online Certification Directory or FM Approval Guide for concentrate-specific flow ranges.

## Minimum Inlet Pressure Versus Water Flow



## Pressure Loss Curves



Note: Consult Technical Services to determine proportioner size and maximum pipe run between foam tank and proportioner when using AR-AFFF Concentrate.



## Foam Chambers

### Features

- Choice of four foam chamber sizes for various foam solution flow rate requirements
- Hinged inspection hatch with captive bolt securement for ease of inspection and maintenance
- Choice of carbon steel or 304 stainless steel with corrosion resistant (CR) epoxy paint finish
- TEFLON\* vapor seal allows unrestricted flow of expanded foam
- Convenient vapor seal replacement without removal of retaining bolts
- UL Listed

### Application

ANSUL® foam chambers are air-aspirating foam discharge devices that are used to protect various types of flammable liquid storage tanks including open top floating roof tanks and cone roof tanks with or without internal floaters. Additional applications include most types of open tanks where flammable liquid products are involved.

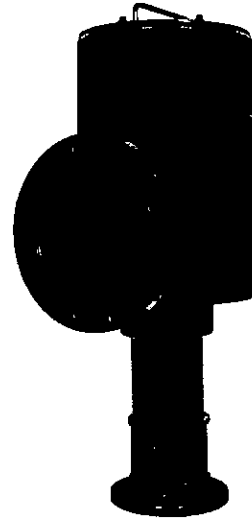
Foam chambers are defined by NFPA 11 as Type II discharge outlets for delivering foam to the surface of a flammable liquid. They are commonly used with bladder tanks, balanced pressure pump proportioning systems, line proportioners, or foam trucks. These foam chambers can be used with ANSUL low-expansion foam agents that are determined to be suitable for the flammable liquid being protected.

### Description

The ANSUL foam chambers consist of a foam expansion chamber and an integral foam maker with a stainless steel screened air inlet. Each chamber includes an orifice plate, two inlet gaskets, vapor seal assembly, cover gasket, and an outlet gasket. The required deflector (split or shallow) and optional mounting pad assembly are sold separately.

A removable orifice plate located at the flanged inlet to the foam maker is sized to deliver the required flow rate of foam solution at a specified inlet pressure. A frangible TEFLON vapor seal is burst upon entry of foam solution allowing an unrestricted flow of expanded foam into the chamber body. From the chamber body, the foam flows through the foam deflector which disperses the foam into the storage tank.

The chamber vapor seal is accessible for inspection and service through a hinged inspection hatch that is secured with captive bolts. The hatch also contains a lifting handle that is designed to support the weight of the foam chamber.



009144

The foam deflector directs the foam stream down the tank side-wall to lessen the submergence of the foam and agitation of the fuel surface (Type II application). The foam deflector is a split (two-piece) style. The split deflector allows for either bolting or welding to storage tanks when installation may be performed from both sides of the tank wall as with newly constructed tanks. The split deflector also allows for insertion of the deflector through the flange opening from the outside wall as is often required with tanks already in service.

The foam chamber and deflector can be bolted to the storage tank using a mounting pad. The pad contains mounting studs to fit standard flange holes.

### Flow Range

The flow rate of the foam chamber is determined by the orifice size and the inlet pressure. The flow ranges listed in the following table are based on 40 psi (2.76 bar) using the smallest orifice for the minimum flow and 100 psi (6.9 bar) using the largest orifice for the maximum flow.

Model	Typical Flow Range	K-Factor Range
AFC-90	49 gpm to 151 gpm (185 Lpm to 572 Lpm)	7.8 to 15.1
AFC-170	94 gpm to 279 gpm (356 Lpm to 1,056 Lpm)	14.9 to 27.9
AFC-330	183 gpm to 610 gpm (693 Lpm to 2,309 Lpm)	28.9 to 61.0
AFC-550	350 gpm to 980 gpm (1,325 Lpm to 3,709 Lpm)	55.3 to 98.0

UL Listed flow ranges vary by foam concentrate – consult the UL Online Certifications Directory for agent-specific flow ranges. To determine flow rates for specific applications and proper orifice sizing, consult Tyco Fire Protection Products Technical Services.

## Specifications

Foam chamber assembly shall consist of a chamber body and an integral foam maker and orifice plate. Each chamber shall include an orifice plate, two inlet gaskets, vapor seal assembly, cover gasket, and an outlet gasket. A foam deflector foam chamber mounting pad shall be available for use with assembly as required.

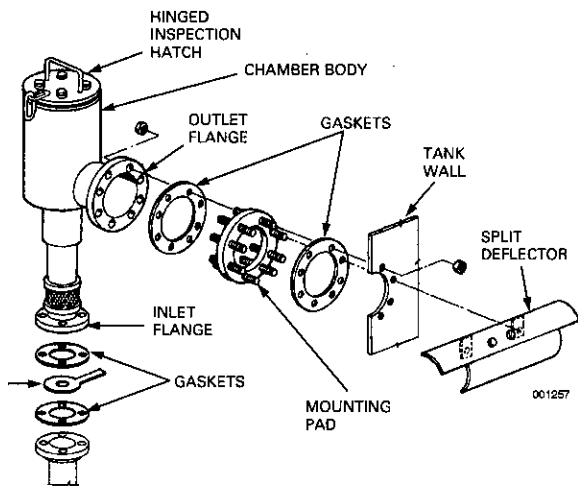
Foam chamber body shall be of steel construction with a smooth finish. The discharge outlet shall be of the flat faced design that may be welded or bolted to the storage tank.

For ease of access to the vapor seal, the chamber body shall contain a hinged inspection hatch secured with stainless steel captive bolts. The hatch shall also contain a lifting handle designed to support the weight of the chamber for hoisting.

Foam maker shall contain a stainless steel screen that is cylindrically shaped to conform to the air inlet surface to prevent damage. The vapor seal shall be of TEFLON construction to allow an unrestricted flow. The TEFLON vapor seal shall be designed of a thickness to meet the UL required minimum foam solution burst pressure range of 10 psi to 15 psi (0.69 bar to 1.72 bar). The vapor seal retainer shall be designed with slotted keyholes to eliminate bolt removal during maintenance. The inlet to the foam maker shall be a raised face design with an orifice sized to allow the required flow rate of foam solution at the available pressure.

Foam deflector shall be provided for either bolting or welding to the mounting surface, or for installation from the inside wall of the storage tank. For bolting applications, a mounting pad shall be available with a stud pattern compatible with the flat-face flange of the foam chamber body and the deflector.

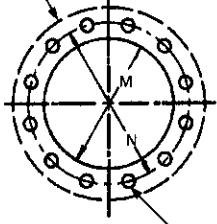
A stainless steel nameplate shall be attached to the foam chamber hatch. The nameplate shall specify manufacturer, model number, and part number.



## Dimension Table

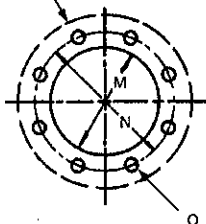
Dimension	AFC-90	AFC-170	AFC-330	AFC-550
A	26 1/16 in. (662 mm)	31 7/8 in. (810 mm)	35 3/8 in. (899 mm)	42 in. (1,067 mm)
B	15 5/16 in. (389 mm)	19 5/8 in. (498 mm)	20 5/8 in. (524 mm)	24 3/4 in. (629 mm)
C	8 1/2 in. (216 mm)	10 in. (254 mm)	11 1/8 in. (283 mm)	12 3/8 in. (314 mm)
D	8 5/8 in. (219 mm)	10 3/4 in. (273 mm)	12 3/4 in. (324 mm)	16 in. (406 mm)
E	7 in. (178 mm)	9 in. (229 mm)	10 in. (254 mm)	12 in. (305 mm)
F <sub>i</sub>	2 1/2 in. (64 mm)	3 in. (76 mm)	4 in. (102 mm)	6 in. (152 mm)
F <sub>o</sub>	4 in. (102 mm)	6 in. (152 mm)	8 in. (203 mm)	10 in. (254 mm)
G	3 1/4 in. (83 mm)	4 1/16 in. (103 mm)	5 in. (127 mm)	6 7/8 in. (175 mm)
H	5 5/16 in. (135 mm)	7 3/8 in. (187 mm)	9 1/8 in. (231 mm)	9 3/4 in. (248 mm)
I	8 in. (203 mm)	9 1/2 in. (241 mm)	11 in. (279 mm)	12 in. (305 mm)
J	4 5/8 in. (117 mm)	6 1/8 in. (156 mm)	7 3/4 in. (197 mm)	8 1/4 in. (209 mm)
K	8 in. (203 mm)	12 in. (305 mm)	16 in. (406 mm)	20 in. (508 mm)
L	12 in. (305 mm)	18 in. (457 mm)	24 in. (610 mm)	30 in. (762 mm)
M	4 1/2 in. (114 mm)	6 5/8 in. (168 mm)	8 5/8 in. (219 mm)	10 3/4 in. (273 mm)
N	7 1/2 in. (191 mm)	9 1/2 in. (241 mm)	11 3/4 in. (298 mm)	14 1/4 in. (362 mm)
O	3/4 in. (19 mm)	7/8 in. (22 mm)	7/8 in. (22 mm)	1 in. (25 mm)
P	2 7/8 in. (73 mm)	3 1/2 in. (89 mm)	4 1/2 in. (114 mm)	6 5/8 in. (168 mm)
Q	5 1/2 in. (139 mm)	6 in. (152 mm)	7 1/2 in. (191 mm)	9 1/2 in. (241 mm)
R	3/4 in. (19 mm)	3/4 in. (19 mm)	3/4 in. (19 mm)	7/8 in. (22 mm)
S	8 1/2 in. (216 mm)	12 in. (305 mm)	16 in. (406 mm)	20 in. (508 mm)
T	14 1/2 in. (368 mm)	16 in. (406 mm)	24 1/2 in. (622 mm)	23 1/4 in. (590 mm)
U	1 1/2 in. (38 mm)	1 1/2 in. (38 mm)	1 1/2 in. (38 mm)	3 5/16 in. (84 mm)
V	6 15/16 in. (176 mm)	8 25/32 in. (223 mm)	10 27/32 in. (275 mm)	13 3/4 in. (349 mm)
W	4 5/16 in. (110 mm)	4 11/16 in. (119 mm)	5 3/4 in. (146 mm)	7 5/32 in. (182 mm)

OUTLET FLANGE - FLAT FACE (FO DETAIL)

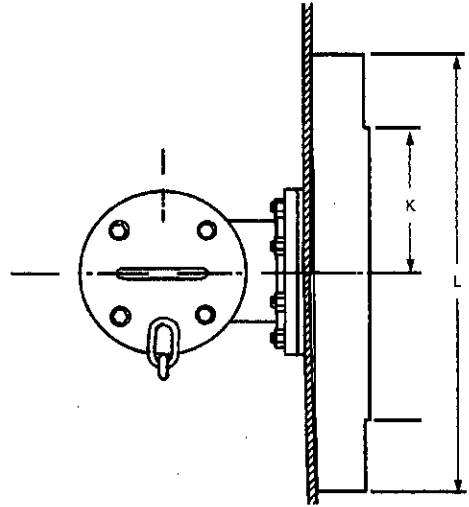


AFC-550

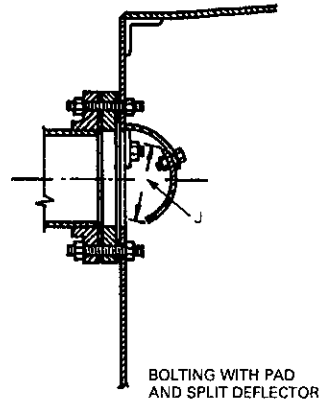
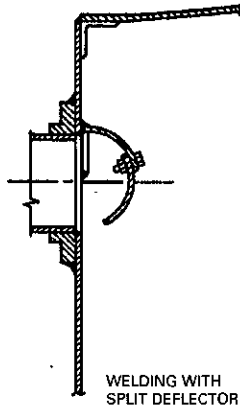
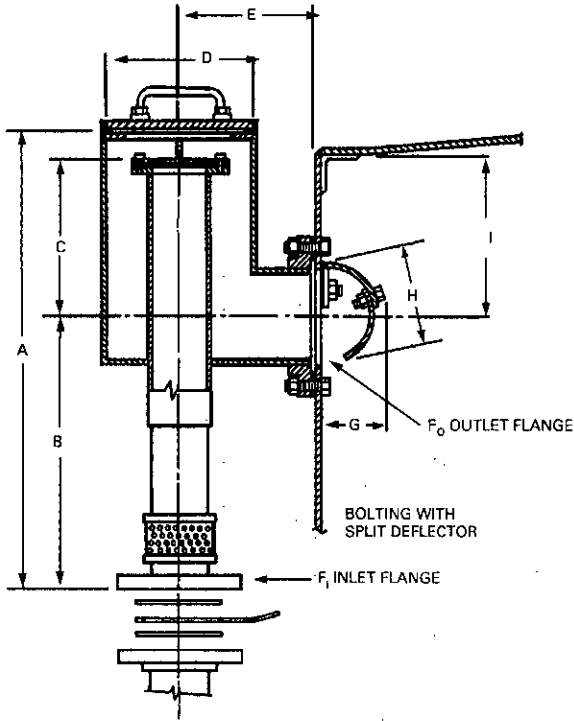
OUTLET FLANGE - FLAT FACE (FO DETAIL)



AFC-90, AFC-170, AFC-330

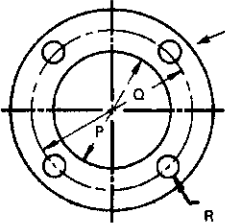


002158



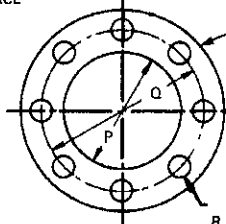
009146

INLET FLANGE (F<sub>1</sub> DETAIL) - RAISED FACE



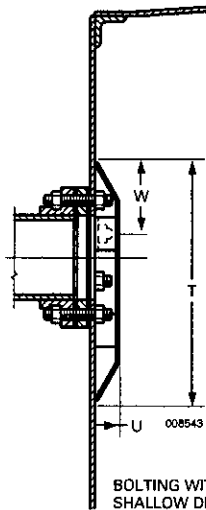
AFC-90, AFC-170

INLET FLANGE (F<sub>1</sub> DETAIL) - RAISED FACE

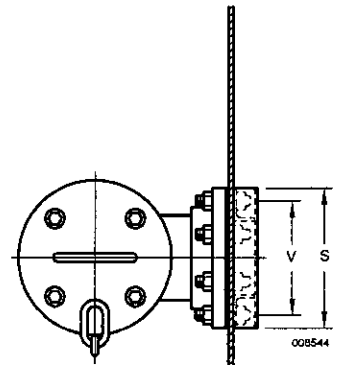


AFC-330, AFC-550

001280



008543



008544

**Note:** The inlet and outlet flanges are designed to mate with ANSI 150 lb class flanges.



## Vertical Bladder Tanks

### Features

- UL Listed and FM Approved for use with various ANSUL® proportioners and foam concentrates
- 175 psi (12.1 bar) maximum allowable working pressure (design pressure)
- Nominal capacities up to 2,000 gallons with larger tanks available on special request
- Tanks up to 800 gallons meet the requirements for Seismic Zone 4 earthquake resistant design
- Available with brass or 316 stainless steel trim piping and valves
- Options for grooved, NPT, and flanged connections
- Choice of Standard or Corrosion-Resistant Epoxy exterior paint, available in a variety of colors
- Optional sight gauge and thermal pressure relief valves available

### Application

The ANSUL Bladder Tank is one component of a balanced pressure proportioning system. ANSUL Bladder Tanks require only a pressurized water supply for operation. No other external power is required. They can be used with one or more ANSUL proportioners and any suitable discharge device to create a complete foam system. ANSUL Bladder Tanks can be used with most ANSUL foam concentrates.

ANSUL bladder tanks have numerous applications including aircraft hangars, foam-water sprinkler systems, truck loading racks, and helipads.

### Description

The ANSUL bladder tank is a steel pressure vessel, which stores a foam concentrate within an elastomeric bladder. The concentrate is discharged from the tank by incoming water applying pressure to the bladder. This applied energy is transferred to the concentrate, supplying pressurized concentrate to the proportioner (Proportioners are separate items described on a separate data sheet).

#### Trim Piping and Connections

ANSUL bladder tanks are available in vertical models up to 2,000 gallons. All models feature top discharge foam concentrate connections, right and left hand water inlet connections, and the option to pipe using either grooved or NPT threaded connections. Adapters for flanged connections are available separately. Trim piping is available in brass or stainless steel. All valves are clearly identified by permanently attached nameplates and can be secured in position with included ring pins and tamper seals.



009095a

### Protective Coatings

All ANSUL bladder tanks feature a high-build epoxy internal coating. Exterior paint is available in two grades: Standard and Corrosion-Resistant Epoxy (Epoxy CR). Paint systems used on ANSUL bladder tanks have been subjected to and passed salt spray corrosion testing per ASTM B117-90. Standard paint has been tested to a minimum of 240 hours in accordance with UL 162, UL Subject 139, and FM 5130. Epoxy CR paint has been tested to a minimum of 3,000 hours and is suitable for marine and offshore use.

### Support and Mounting

Vertical tanks are supported on four legs with foot plates and slotted holes for mounting. Refer to dimensional drawings for mounting hole spacing.

Each tank is fitted with two lifting lugs designed to lift the empty weight of the tank with a minimum safety factor of 2 when utilizing appropriate slings rigged at a lifting angle of not less than 30 degrees from horizontal. All lifting lugs have a minimum clear hole size of 2 in. (50 mm).

### Internal Components

ANSUL bladder tanks contain an elastomeric bladder that has been approved for use by Underwriter's Laboratory and FM Approvals for use with ANSUL foam concentrates. All ANSUL bladder tanks utilize center tubes to facilitate agent discharge. Center tubes are constructed of materials compatible with ANSUL foam concentrates. Vertical tanks utilize a single center tube.

## Description (Continued)

### Gauge

A sight gauge is available as an optional accessory for ANSUL bladder tanks for estimation of the fill level in the tank. The sight gauge is equipped with a clear 1 in. PVC tube. The sight gauge is shipped as a loose item and must be assembled on the tank during installation.

### Thermal Relief Valve

A thermal relief valve is available as an option for ANSUL bladder tanks. A thermal relief valve should be used when a bladder tank will be stored in an isolated/hydraulically isolated condition in order to relieve pressure due to thermal expansion. This valve is factory set to 175 psi (12.1 bar) and it is recommended that the design pressure of the system be maintained at least 5 psi (0.34 bar) or 10% below the set pressure of the valve to avoid seat leakage and early valve failure. This valve is NOT a substitute for a properly sized pressure relief valve to protect the entire system from overpressure.

### Information

The ANSUL Vertical Bladder Tank is designed and constructed in accordance with the latest revisions to ASME Code Section VIII, Division 1 for unfired pressure vessels with a maximum allowable working pressure (MAWP) of 175 psi (12.1 bar) and to the pressure specified by the applicable codes and standards. Tanks designed to ASME code are tested to at least 130 psi (15.9 bar). CE marked tanks are tested to at least 17.6 bar. All ANSUL bladder tanks are constructed of steel complying with ASME specifications. Tank heads are 2:1 elliptical unless otherwise specified.

ANSUL bladder tanks include a permanently affixed stainless steel ASME data plate. At a minimum, the data plate includes the following information: year of manufacture, maximum allowable working pressure (MAWP), nominal volume, part number, National Board number, minimum material thickness, minimum design metal temperature (MDMT), and type of head.

## Approvals and Certifications

ANSUL bladder tanks are UL Listed and FM Approved for use with various ANSUL foam concentrates and proportioners. The UL and FM Approval diamonds are applied at the factory with a label identifying the ANSUL foam concentrate for the tank.

Each tank bears a permanently affixed ASME data plate showing the National Board number which identifies the tank as compliant with ASME code Section VIII, Division 1 for unfired pressure vessels.

ANSUL bladder tanks 200 gal (757 L) and larger are CE marked in accordance with the European Pressure Equipment Directive, 2014/68/EU. Under European Pressure Equipment Directive 2014/68/EU, tanks smaller than 200 gallons are not CE marked based on sound engineering practices of ASME code.

ANSUL bladder tanks up to 800 gal (3,028 L) meet the minimum requirements for Seismic Zone 4 Earthquake Resistant Design as stated according to the 1997 Uniform Building Code.

## Operation and Maintenance

Refer to the ANSUL Horizontal and Vertical Bladder Tank Operation and Maintenance Manual for detailed procedures on installation, operation, inspection, and maintenance. A printed copy of this manual is included with every tank.

## Valve Position Information

Valve Description		Normal Valve Position	
Valve* No.	Description	Manual System	Automatic System
1	Manual Foam Concentrate Shutoff (Not Shown)	N.C.**	N.O.***
2	Water Supply Shut-Off (Not Shown)	N.C.	N.O.
3	Sight Gauge Shut-Off (Not Shown)	N.C.	N.C.
4	Tank Shell Vent Valve	N.C.	N.C.
5	Bladder Vent Valve	N.C.	N.C.
6	Tank Shell Drain Valve	N.C.	N.C.
7	Bladder Drain/Fill Valve	N.C.	N.C.
8	Automatic Foam Concentrate Isolation (Not Shown)	-	N.C.
9	Isolation Valve	N.C.	N.C.

\* Reference Figure 1 for valve location

\*\* N.C. – Normally Closed

\*\*\* N.O. – Normally Open

In this arrangement, valves listed as (Not Shown) are either supplied as loose items or supplied by others.

## Dimensional Information (Reference Figure 1)

Part No.	Nominal Capacity		Diameter		Tank Weight (Empty)		Water Inlet -	Concentrate Outlet -	Tank Shell	Bladder Vent/	Bladder Drain/	Tank Shell	A	B	C			
	gal	(L)	in.	(mm)	lb	(kg)	NPT or Grooved	NPT or Grooved	Vent - NPT	Fill - NPT	Fill - NPT	Drain - NPT				in.	(mm)	in.
444067	50	(189)	24	(610)	459	(208)	2	2	1	1	1	1	65 1/4	(1,657)	58 1/4	(1,480)	38 3/4	(984)
444068	100	(379)	24	(610)	576	(261)	2	2	1	1	1	1	95 1/4	(2,419)	88 1/2	(2,248)	55 3/4	(1,416)
444069	150	(568)	30	(762)	766	(347)	2	2	1	1	1	1 1/2	94 1/4	(2,394)	87 1/2	(2,223)	63 1/2	(1,613)
444070	200	(757)	30	(762)	872	(396)	2	2	1	1	1	1 1/2	113 3/4	(2,889)	107 1/4	(2,724)	63 1/2	(1,613)
444071	300	(1,136)	42	(1,067)	1,409	(639)	2	2	1	1	1	1 1/2	97	(2,464)	90 1/4	(2,292)	63 1/2	(1,613)
444072	400	(1,514)	42	(1,067)	1,648	(748)	2	2	1	1	1	1 1/2	117	(2,972)	110 1/4	(2,800)	63 1/2	(1,613)
444073	500	(1,893)	48	(1,219)	1,939	(880)	3	3	1	1	1	1 1/2	116	(2,946)	108 1/4	(2,750)	63 1/2	(1,613)
444074	600	(2,271)	48	(1,219)	2,146	(973)	3	3	1	1	1	1 1/2	130	(3,302)	123 1/4	(3,131)	63 1/2	(1,613)
444075	700	(2,650)	48	(1,219)	2,351	(1,066)	3	3	1	1	1	1 1/2	145 3/4	(3,702)	138	(3,505)	63 1/2	(1,613)
444076	800	(3,028)	48	(1,219)	2,586	(1,173)	3	3	1	1	1	1 1/2	161 3/4	(4,108)	154 1/4	(3,918)	63 1/2	(1,613)
444077	900	(3,407)	60	(1,524)	2,897	(1,314)	3	3	1	1	1	1 1/2	130 1/4	(3,308)	122 1/2	(3,112)	70	(1,778)
444078	1,000	(3,785)	60	(1,524)	3,097	(1,405)	3	3	1	1	1	1 1/2	140	(3,556)	132 1/4	(3,359)	70	(1,778)
444079	1,200	(4,542)	60	(1,524)	3,392	(1,539)	3	3	1	1	1	1 1/2	154 1/4	(3,918)	146 1/2	(3,721)	70	(1,778)
444080	1,400	(5,300)	60	(1,524)	3,809	(1,728)	3	3	1	1	1	1 1/2	173 1/4	(4,401)	165 1/2	(4,204)	70	(1,778)
444081	1,600	(6,057)	73	(1,854)	4,802	(2,178)	3	3	1	1	1	1 1/2	144 3/4	(3,677)	137	(3,480)	70	(1,778)
444082	1,800	(6,814)	73	(1,854)	5,206	(2,361)	3	3	1	1	1	1 1/2	156 3/4	(3,981)	149 1/4	(3,791)	70	(1,778)
444083	2,000	(7,571)	73	(1,854)	5,828	(2,644)	3	3	1	1	1	1 1/2	175	(4,445)	167 1/2	(4,255)	70	(1,778)

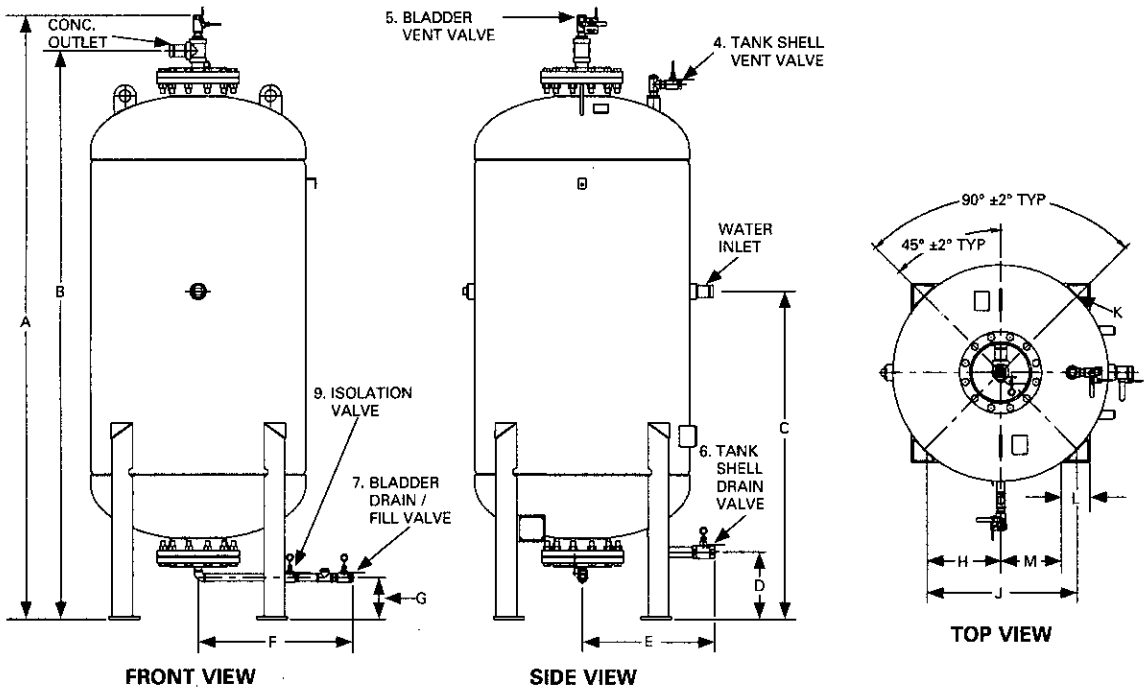


FIGURE 1  
010071

## Dimensional Information (Continued)

Nominal Capacity gal	(L)	D		E		F		G		H		J		K		L		M	
		in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)
50	(189)	12 3/4	(234)	15	(381)	21 1/4	(540)	8 1/2	(216)	8 3/8	(213)	16 5/8	(422)	3/4 x 1 1/4	(19 x 32)	3	(76)	6 7/8	(175)
100	(379)	12 3/4	(234)	15	(381)	21 1/4	(540)	8 1/2	(216)	8 3/8	(213)	16 5/8	(422)	3/4 x 1 1/4	(19 x 32)	3	(76)	6 7/8	(175)
150	(568)	11 3/4	(298)	20 1/4	(514)	24 1/4	(616)	8 1/4	(210)	10 5/8	(270)	21 3/16	(538)	3/4 x 1 1/4	(19 x 32)	4	(102)	8 5/8	(219)
200	(757)	11 3/4	(298)	21	(533)	24 1/4	(616)	8 1/4	(210)	10 5/8	(270)	21 3/16	(538)	3/4 x 1 1/4	(19 x 32)	4	(102)	8 5/8	(219)
300	(1,136)	13	(330)	25 3/4	(654)	30 1/4	(768)	8	(203)	14 3/8	(365)	28 3/4	(730)	3/4 x 1 1/4	(19 x 32)	6	(152)	11 3/8	(289)
400	(1,514)	13	(330)	25 3/4	(654)	30 1/4	(768)	8	(203)	14 3/8	(365)	28 3/4	(730)	3/4 x 1 1/4	(19 x 32)	6	(152)	11 3/8	(289)
500	(1,893)	12 1/2	(318)	28 3/4	(730)	33 1/4	(845)	8	(203)	16 9/16	(421)	33 1/16	(840)	1 x 1 1/4	(25 x 32)	6	(152)	13 4/7	(344)
600	(2,271)	12 1/2	(318)	28 3/4	(730)	33 1/4	(845)	8	(203)	16 9/16	(421)	33 1/16	(840)	1 x 1 1/4	(25 x 32)	6	(152)	13 4/7	(344)
700	(2,650)	12 1/2	(318)	28 3/4	(730)	33 1/4	(845)	8	(203)	16 9/16	(421)	33 1/16	(840)	1 x 1 1/4	(25 x 32)	6	(152)	13 4/7	(344)
800	(3,028)	12 1/2	(318)	28 3/4	(730)	33 1/4	(845)	8	(203)	16 9/16	(421)	33 1/16	(840)	1 x 1 1/4	(25 x 32)	6	(152)	13 4/7	(344)
900	(3,407)	12 1/4	(311)	34 3/4	(883)	39 1/4	(997)	8	(203)	21 3/16	(538)	42 7/16	(1,078)	1 x 1 1/4	(25 x 32)	6	(152)	18 1/5	(462)
1,000	(3,785)	12 1/4	(311)	34 3/4	(883)	39 1/4	(997)	8	(203)	21 3/16	(538)	42 7/16	(1,078)	1 x 1 1/4	(25 x 32)	6	(152)	18 1/5	(462)
1,200	(4,542)	12 1/4	(311)	34 3/4	(883)	39 1/4	(997)	8	(203)	21 3/16	(538)	42 7/16	(1,078)	1 x 1 1/4	(25 x 32)	6	(152)	18 1/5	(462)
1,400	(5,300)	12 1/4	(311)	34 3/4	(883)	39 1/4	(997)	8	(203)	21 3/16	(538)	42 7/16	(1,078)	1 x 1 1/4	(25 x 32)	6	(152)	18 1/5	(462)
1,600	(6,057)	11 1/2	(292)	41 1/4	(1,048)	45 3/4	(1,162)	8	(203)	21 3/16	(538)	51 3/8	(1,305)	1 x 1 1/4	(25 x 32)	6	(152)	22 2/3	(576)
1,800	(6,814)	11 1/2	(292)	41 1/4	(1,048)	45 3/4	(1,162)	8	(203)	25 11/16	(652)	51 3/8	(1,305)	1 x 1 1/4	(25 x 32)	6	(152)	22 2/3	(576)
2,000	(7,571)	11 1/2	(292)	41 1/4	(1,048)	45 3/4	(1,162)	8	(203)	25 11/16	(652)	51 3/8	(1,305)	1 x 1 1/4	(25 x 32)	6	(152)	22 2/3	(576)

### Dimension and Installation Notes:

- Dimensions listed are approximate and subject to change without notice.
- Foam Concentrate Discharge Pipe
  - Tank sizes 50 gal to 400 gal (189 L to 1,514 L):  
2 in. Female NPT or Grooved
  - Tank sizes 500 gal to 2,000 gal (1,893 L to 7,571 L):  
3 in. Female NPT or Grooved
- Water Inlet Pipe
  - Tank sizes 50 gal to 400 gal (189 L to 1,514 L):  
2 in. Female NPT or Grooved
  - Tank sizes 500 gal to 2,000 gal (1,893 L to 7,571 L):  
3 in. Female NPT or Grooved
- Rooms or buildings intended to house a bladder tank should have accommodations for the removal of the internal center tube. Center tubes are approximately the full height of the bladder tank.



## **Type D3 PROTECTOSPRAY Directional Spray Nozzles, Open, Medium Velocity**

### **General Description**

The TYCO Type D3 PROTECTOSPRAY Nozzles are open (non-automatic) directional spray nozzles and they are designed for use in water spray fixed systems for fire protection applications. They are external deflector type nozzles that discharge a uniformly filled cone of medium velocity water droplets.

The D3 Nozzles are effective in covering exposed vertical, horizontal, curved, and irregular shaped surfaces in a cooling spray to prevent excessive absorption of heat from an external fire and possible structural damage or spread of fire to the protected equipment. In some applications, depending on water design density requirements, the Type D3 Nozzles may also be used for fire control or extinguishment.

The Type D3 Nozzles are available in a wide variety of orifice sizes and spray angles (included angle of discharge) to provide versatility in system design. Refer to Technical Data Sheet TFP890 for information on Blow-Off Plugs that can be used for applications where protection is required against insect infestation or accumulation of debris within the nozzle orifice.

It is recommended that the end user be consulted with respect to the suitability of the materials of construction and finish for any given corrosive environment. The effects of ambient temperature, concentration of chemicals, and gas/chemical velocity, should be considered, at a minimum, along with the

corrosive nature to which the sprinklers may be exposed.

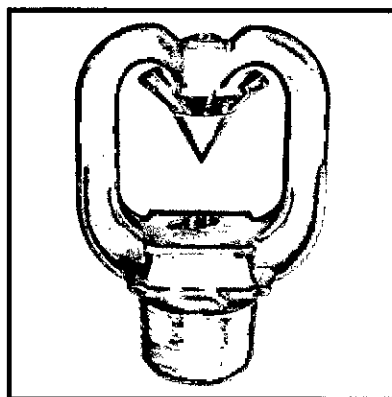
The Type D3 PROTECTOSPRAY Nozzle is a re-designation for the Gem Type D3.

#### **NOTICE**

*The Type D3 PROTECTOSPRAY Nozzles described herein must be installed and maintained in compliance with this document, and with the applicable standards of the National Fire Protection Association, in addition to the standards of any authorities having jurisdiction. Failure to do so may impair the performance of these devices.*

*The design of individual water spray fixed systems can vary considerably, depending on the characteristics and nature of the hazard, the basic purpose of the spraying system, the configuration of the hazard, and wind/draft conditions. Because of these variations as well as the wide range of available nozzle spray characteristics, the design of water spray fixed systems for fire protection must only be performed by experienced designers who thoroughly understand the limitations as well as capabilities of such systems.*

*The owner is responsible for maintaining their fire protection system and devices in proper operating condition. Contact the installing contractor or product manufacturer with any questions.*



#### **IMPORTANT**

*Always refer to Technical Data Sheet TFP700 for the "INSTALLER WARNING" that provides cautions with respect to handling and installation of sprinkler systems and components. Improper handling and installation can permanently damage a sprinkler system or its components and cause the sprinkler to fail to operate in a fire situation or cause it to operate prematurely.*

## Technical Data

### Approvals

The natural finish, chrome plated, and lead coated bronze, as well as stainless steel Type D3 PROTECTOSPRAY Nozzles are UL and C-UL Listed, as well as FM Approved.

### Maximum Working Pressure

175 psi (12,1 bar)

Also refer to Figure 2, Note 2

### Discharge Coefficient

Refer to Table A

### Spray Angles

Refer to Table B

### Finish and Material

Refer to Table E

### Thread Connection

1/2 inch NPT

### Physical Characteristics (Bronze)

Frame ..... Bronze  
Deflector ..... Bronze  
Splitter ..... Bronze  
Pin ..... Bronze

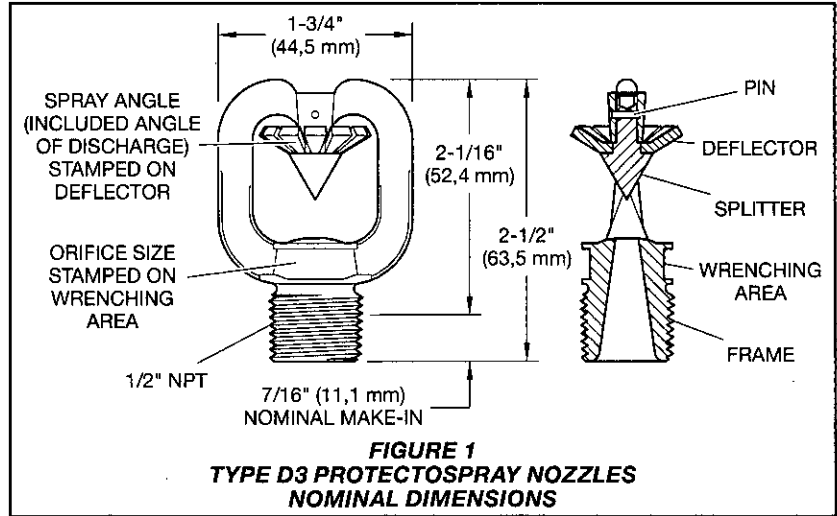
### Physical Characteristics (Stainless Steel)

Frame ..... ASTM A-743 Grade CF-8M  
(equiv. Type 316 S.S.)  
Deflector ..... Type 316 S.S.  
Splitter ..... Type 316 S.S.  
Pin ..... Type 316 S.S.

## Design Criteria

**Nozzle Placement.** Where direct impingement of water spray onto all of the protected surface is required by the authority having jurisdiction, the nozzles are to be spaced and directed so that their spray patterns will completely cover the plane-of-protection with the minimum required average density; however, it is recommended that indoor nozzle spacing be 12 ft. (3,7 m) or less and that outdoor nozzle spacing be 10 ft. (3,0 m) or less. Where rundown or slippage is planned, such as, exposure protection of vessels per NFPA 15, the above recommended indoor and outdoor spacings also apply.

When used for protecting the surfaces of a vessel, for example, the nozzles are positioned normal to and approximately 2 ft. (0,6 m) from the surface. This approach, in conjunction with a properly selected spray angle, will tend to make more effective use of the spray as well as help minimize the disturbance effects of wind/draft conditions on the water spray patterns.



ORIFICE SIZE	MINIMUM DIAMETER	K-FACTOR	
		GPM/psi <sup>1/2</sup>	LPM/bar <sup>1/2</sup>
NO. 16	0.203" (5,16 mm)	1.2	17,3
NO. 18	0.250" (6,35 mm)	1.8	25,9
NO. 21	0.281" (7,14 mm)	2.3	33,1
NO. 24	0.328" (8,33 mm)	3.0	43,2
NO. 28	0.375" (9,53 mm)	4.1	59,0
NO. 32	0.438" (11,13 mm)	5.6	80,6
NO. 34	0.500" (12,70 mm)	7.2	103,7

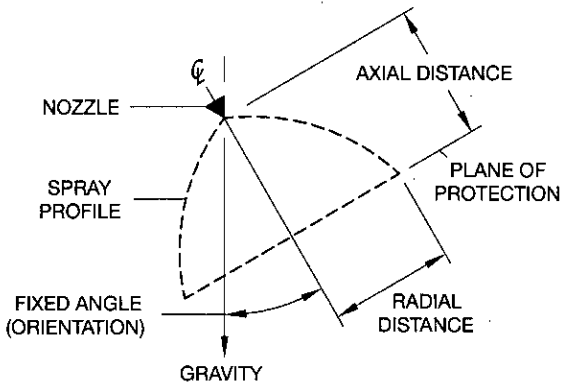
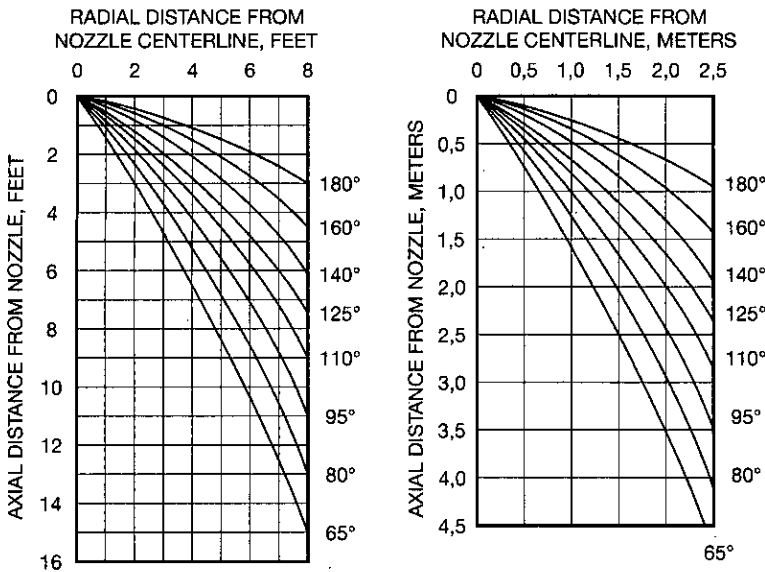
**TABLE A**  
**SELECTION OF ORIFICE SIZES**

65°	80°	95°	110°	125°	140°	160°	180°
-----	-----	-----	------	------	------	------	------

**TABLE B**  
**SELECTION OF SPRAY ANGLES**

**Spray Patterns.** The Design Spray Profiles for the nozzle spray angles of 65 to 180 degrees are shown in Figure 2 and apply to discharge pressures of 20 to 60 psi (1,4 to 4,1 bar). Discharge pressures in excess of 60 psi (4,1 bar) will result in a decrease in coverage area since the spray patterns tend to draw inwards at higher pressures. Refer inquiries on higher discharge pressures to the Technical Services Department. The maximum axial distances between the nozzle tip and plane-of-protection, for exposure protection, are given in Table C and D. When the axial distance from the nozzle tip to the plane-of-protection is 2 ft. (0,6 m) or less, the Design Spray Profile is the same as the nominal spray angles of 65 thru 140 degrees.

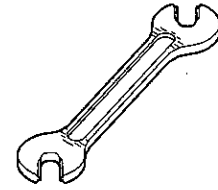
**Main Pipeline Strainers.** Main pipeline strainers per NFPA 15 are required for systems utilizing nozzles with a flow path less than 3/8 in. (9,5 mm) diameter; i.e., No. 16 thru No. 24 (Ref. Table A), and for any system where the water is likely to contain obstructive material.



NOTES:

1. Design data obtained from tests in still air.
2. Design data applies to a residual (flowing) pressure range at the nozzle inlet of 20 to 60 psi (1,4 to 4,1 bar). For pressures up to 175 psi (12,1 bar) consult Tyco Fire Protection Products Technical Services.  
Refer to the authority having jurisdiction for their minimum required residual pressures.
3. The shapes of the Design Spray Profiles remain essentially unchanged over the maximum Axial Distances shown in Tables C and D.
4. For axial distances of 2 feet (0,6 meters) and less and for nozzle spray angles of 65° to 140°, the Design Spray Profile is the same as the nominal spray angle.
5. The maximum Axial Distances shown in Tables C and D are based on exposure protection.

**FIGURE 2**  
**WATER DISTRIBUTION DESIGN DATA**



**FIGURE 3**  
**W-TYPE 11**  
**SPRINKLER WRENCH**

## Installation

The TYCO Type D3 Protectospray Nozzles must be installed in accordance with this section.

### General Instructions

A leak-tight 1/2 inch NPT nozzle joint should be obtained by applying a minimum to maximum torque of 7 to 14 ft.-lbs. (9,5 to 19,0 Nm). Higher levels of torque may cause impairment of the nozzle.

**Step 1.** With pipe-thread sealant applied to the pipe threads, hand tighten the nozzle into the nozzle fitting.

**Step 2.** Tighten the nozzle into the nozzle fitting using only the W-Type 11 Sprinkler Wrench (Figure 3). With reference to Figure 1, apply the W-Type 11 Sprinkler Wrench to the wrenching area.

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 65° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	10-6	12-6	13-0	13-3	14-6	15-0	15-6
30°	8-3	10-9	10-9	11-9	12-6	13-6	13-9
45°	7-3	10-0	10-0	11-3	11-6	12-6	12-9
60°	6-6	9-3	9-6	10-9	11-0	11-9	12-6
90°	6-0	8-6	9-0	10-3	10-6	10-9	11-6
120°	5-9	7-6	7-6	7-6	8-3	9-0	9-6
135°	5-3	6-0	6-3	6-6	7-0	8-0	8-6
150°	5-3	5-6	5-6	5-9	6-3	7-3	7-6
180°	5-0	5-0	5-0	5-6	5-9	6-6	7-0

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 125° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	4-6	5-0	6-6	7-9	10-0	10-3	10-6
30°	3-9	3-9	6-3	6-9	8-6	8-6	8-9
45°	3-0	3-6	5-9	6-0	7-9	7-6	8-3
60°	2-6	3-0	5-6	5-9	7-3	7-3	7-9
90°	2-0	2-9	4-9	5-0	5-9	6-0	6-6
120°	1-9	2-3	3-3	3-3	3-9	3-9	4-6
135°	1-6	1-9	2-6	2-6	3-3	3-3	3-9
150°	1-6	1-6	2-0	2-3	2-6	2-9	3-6
180°	1-3	1-3	1-9	2-0	2-3	2-6	3-3

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 80° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	9-0	10-6	11-0	12-0	13-0	14-0	14-0
30°	7-3	8-3	8-9	10-6	11-6	12-3	12-3
45°	6-3	7-6	8-0	10-3	10-6	11-3	11-3
60°	5-6	7-0	7-6	10-0	10-3	10-9	10-9
90°	5-0	6-0	7-0	9-3	9-6	9-9	10-0
120°	4-6	4-9	5-9	6-6	7-3	7-0	8-0
135°	4-3	4-6	5-0	5-6	6-0	6-3	6-9
150°	4-0	4-0	4-6	5-0	5-6	5-6	6-0
180°	3-9	3-9	4-0	4-6	4-9	5-3	5-6

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 140° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	4-0	4-6	6-0	6-6	8-0	8-0	8-0
30°	3-3	3-6	5-6	5-6	6-3	7-0	7-0
45°	2-9	2-9	5-0	5-0	5-6	6-6	6-6
60°	2-3	2-6	4-6	4-6	5-3	5-6	5-9
90°	1-9	2-3	4-0	4-0	4-6	4-6	5-0
120°	1-6	1-9	2-3	2-3	2-6	3-0	3-6
135°	1-3	1-6	1-6	1-6	2-0	2-6	2-9
150°	1-3	1-3	1-6	1-6	1-9	2-3	2-6
180°	1-0	1-0	1-3	1-3	1-6	2-0	2-3

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 95° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	7-0	7-9	9-6	10-6	11-0	12-0	12-6
30°	5-9	6-6	7-9	9-9	10-6	10-9	11-0
45°	5-3	6-3	7-0	9-6	9-9	10-3	10-3
60°	4-9	6-0	6-9	9-3	9-6	9-9	9-9
90°	4-0	5-0	6-6	8-3	8-6	8-9	8-9
120°	3-6	3-9	5-0	5-3	6-3	6-0	6-6
135°	3-3	3-6	4-0	4-6	5-3	5-3	5-6
150°	3-0	3-0	3-6	4-0	4-6	4-6	4-9
180°	3-0	3-0	3-3	3-9	4-0	4-3	4-6

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 160° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	3-6	3-9	4-9	5-0	6-0	6-9	7-0
30°	2-9	3-0	4-3	4-6	5-0	5-9	6-3
45°	2-3	2-6	3-9	4-0	4-6	5-3	5-6
60°	1-9	2-3	3-6	3-9	4-3	4-9	5-3
90°	1-3	1-9	3-0	3-3	3-6	3-9	4-3
120°	1-0	1-3	1-6	2-0	2-0	2-3	2-6
135°	1-0	1-0	1-3	1-3	1-6	1-9	2-0
150°	0-9	0-9	1-0	1-0	1-6	1-6	1-9
180°	0-9	0-9	0-9	0-9	1-3	1-6	1-6

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 110° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	6-0	7-0	9-0	9-6	11-0	11-3	11-6
30°	5-3	6-3	7-3	8-9	9-6	9-9	10-0
45°	4-9	5-9	6-6	8-6	9-0	9-0	9-3
60°	4-3	5-6	6-3	8-3	8-6	8-6	8-9
90°	3-6	4-6	5-9	7-6	7-6	7-6	7-9
120°	2-9	3-3	4-6	4-6	5-6	5-6	5-6
135°	2-6	2-9	3-6	3-6	4-6	4-6	4-9
150°	2-3	2-6	3-0	3-3	3-6	3-9	4-3
180°	2-3	2-3	2-9	3-0	3-3	3-6	3-9

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 180° SPRAY ANGLE IN FEET AND INCHES							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	2-9	3-0	3-6	3-6	4-0	6-0	6-0
30°	2-3	2-3	3-6	3-6	3-9	5-0	5-0
45°	1-9	2-0	3-3	3-3	3-6	4-3	4-3
60°	1-6	1-9	2-9	2-9	3-3	3-9	3-9
90°	1-0	1-6	2-0	2-0	2-6	3-0	3-0
120°	0-9	1-0	1-0	1-0	1-6	1-6	1-6
135°	0-6	0-9	0-9	0-9	1-3	1-3	1-3
150°	0-6	0-6	0-6	0-6	1-0	1-0	1-0
180°	0-6	0-6	0-6	0-6	0-9	0-9	0-9

**TABLE C**  
**MAXIMUM AXIAL DISTANCE BETWEEN NOZZLE TIP AND**  
**PLANE-OF-PROTECTION FOR EXPOSURE PROTECTION – FEET AND INCHES**

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 65° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	3,2	3,8	4,0	4,0	4,4	4,6	4,7
30°	2,5	3,3	3,3	3,6	3,8	4,1	4,2
45°	2,2	3,0	3,0	3,4	3,5	3,8	3,9
60°	2,0	2,8	2,9	3,3	3,4	3,6	3,8
90°	1,8	2,6	2,7	3,1	3,2	3,3	3,5
120°	1,8	2,3	2,3	2,3	2,5	2,7	2,9
135°	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,4	2,6
150°	1,6	1,7	1,7	1,9	1,9	2,2	2,3
180°	1,5	1,5	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 125° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	1,4	1,5	2,0	2,4	3,0	3,1	3,2
30°	1,1	1,1	1,9	2,1	2,6	2,6	2,7
45°	0,9	1,1	1,8	1,8	2,4	2,3	2,5
60°	0,8	0,9	1,7	1,8	2,2	2,2	2,4
90°	0,6	0,8	1,4	1,5	1,8	1,8	2,0
120°	0,5	0,7	1,0	1,0	1,1	1,1	1,4
135°	0,5	0,5	0,8	0,8	1,0	1,0	1,1
150°	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	1,1
180°	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 80° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	2,7	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,3
30°	2,2	2,5	2,7	3,2	3,5	3,7	3,7
45°	1,9	2,3	2,4	3,1	3,2	3,4	3,4
60°	1,7	2,1	2,3	3,0	3,1	3,3	3,3
90°	1,5	1,8	2,1	2,8	2,9	3,0	3,0
120°	1,4	1,4	1,8	2,0	2,2	2,1	2,4
135°	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1
150°	1,2	1,2	1,4	1,5	1,7	1,7	1,8
180°	1,1	1,1	1,2	1,4	1,4	1,6	1,7

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 140° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	1,2	1,4	1,8	2,0	2,4	2,4	2,4
30°	1,0	1,1	1,7	1,7	1,9	2,1	2,1
45°	0,8	0,8	1,5	1,5	1,7	2,0	2,0
60°	0,7	0,8	1,4	1,4	1,6	1,7	1,8
90°	0,5	0,7	1,2	1,2	1,4	1,4	1,5
120°	0,5	0,5	0,7	0,8	0,8	0,9	1,1
135°	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,8	0,8
150°	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,8
180°	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 95° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	2,1	2,4	2,9	3,2	3,4	3,7	3,8
30°	1,8	2,0	2,4	3,0	3,2	3,3	3,4
45°	1,6	1,9	2,1	2,9	3,0	3,1	3,1
60°	1,4	1,8	2,1	2,8	2,9	3,0	3,0
90°	1,2	1,5	2,0	2,5	2,6	2,7	2,7
120°	1,1	1,1	1,5	1,6	1,9	1,8	2,0
135°	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,6	1,7
150°	0,9	0,9	1,1	1,2	1,4	1,4	1,4
180°	0,9	0,9	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 160° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	1,1	1,1	1,4	1,5	1,8	2,1	2,1
30°	0,8	0,9	1,3	1,4	1,5	1,8	1,9
45°	0,7	0,8	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7
60°	0,5	0,7	1,1	1,1	1,1	1,4	1,6
90°	0,4	0,5	0,9	1,0	0,7	1,1	1,3
120°	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,7	0,8
135°	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
150°	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5
180°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 110° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	1,8	2,1	2,7	2,9	3,4	3,4	3,5
30°	1,6	1,9	2,2	2,7	2,9	3,0	3,0
45°	1,4	1,8	2,0	2,6	2,7	2,7	2,8
60°	1,3	1,7	1,9	2,5	2,6	2,6	2,7
90°	1,1	1,4	1,8	2,3	2,3	2,3	2,4
120°	0,8	1,0	1,4	1,4	1,7	1,7	1,7
135°	0,8	0,8	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4
150°	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,3
180°	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	1,1	1,1

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 180° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	ORIFICE SIZE						
	16	18	21	24	28	32	34
0°	0,8	0,9	1,1	1,1	1,2	1,8	1,8
30°	0,7	0,7	1,1	1,1	1,1	1,5	1,5
45°	0,5	0,6	1,0	1,0	1,1	1,3	1,3
60°	0,5	0,5	0,8	0,8	1,0	1,1	1,1
90°	0,3	0,5	0,6	0,6	0,8	0,9	0,9
120°	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5
135°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4
150°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
180°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

**TABLE D**  
**MAXIMUM AXIAL DISTANCE BETWEEN NOZZLE TIP AND**  
**PLANE-OF-PROTECTION FOR EXPOSURE PROTECTION – METERS**

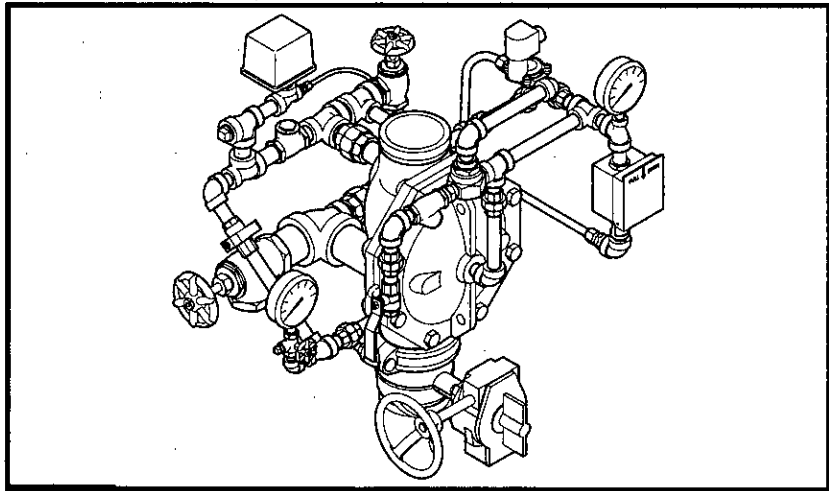
## **DV-5 Deluge Valve, Diaphragm Style, 1-1/2 thru 8 Inch (DN40 thru DN200), Deluge System – Electric Actuation**

### **General Description**

The DV-5 Deluge Valve (described in Technical Data Sheet TFP1305) is a diaphragm style valve that depends upon water pressure in the Diaphragm Chamber to hold the Diaphragm closed against the water supply pressure. When the DV-5 Valve is set for service, the Diaphragm Chamber is pressurized through the trim connections from the inlet side of the system's main control valve, for example an O.S.&Y. gate valve or butterfly valve (Ref. Figures 1 and 4).

Operation of an electrical device such as a heat sensitive thermostat, smoke detector, or electrical manual control station signals the Deluge Valve Releasing Panel to energize the Solenoid Valve. In turn, the energized Solenoid Valve opens to release water from the Diaphragm Chamber faster than it can be replenished through the 1/8 inch (3,2 mm) restriction provided by the Model ASV-1 Automatic Shut-Off Valve in the diaphragm supply connections (Item 5 - Fig. 3A and 5, also described in Technical Data Sheet TFP1384). This results in a rapid pressure drop in the Diaphragm Chamber and the force differential applied through the Diaphragm that holds it in the set position is reduced below the valve trip point. The water supply pressure then forces the Diaphragm open permitting water to flow into the system piping, as well as through the Alarm Port to actuate the system alarms.

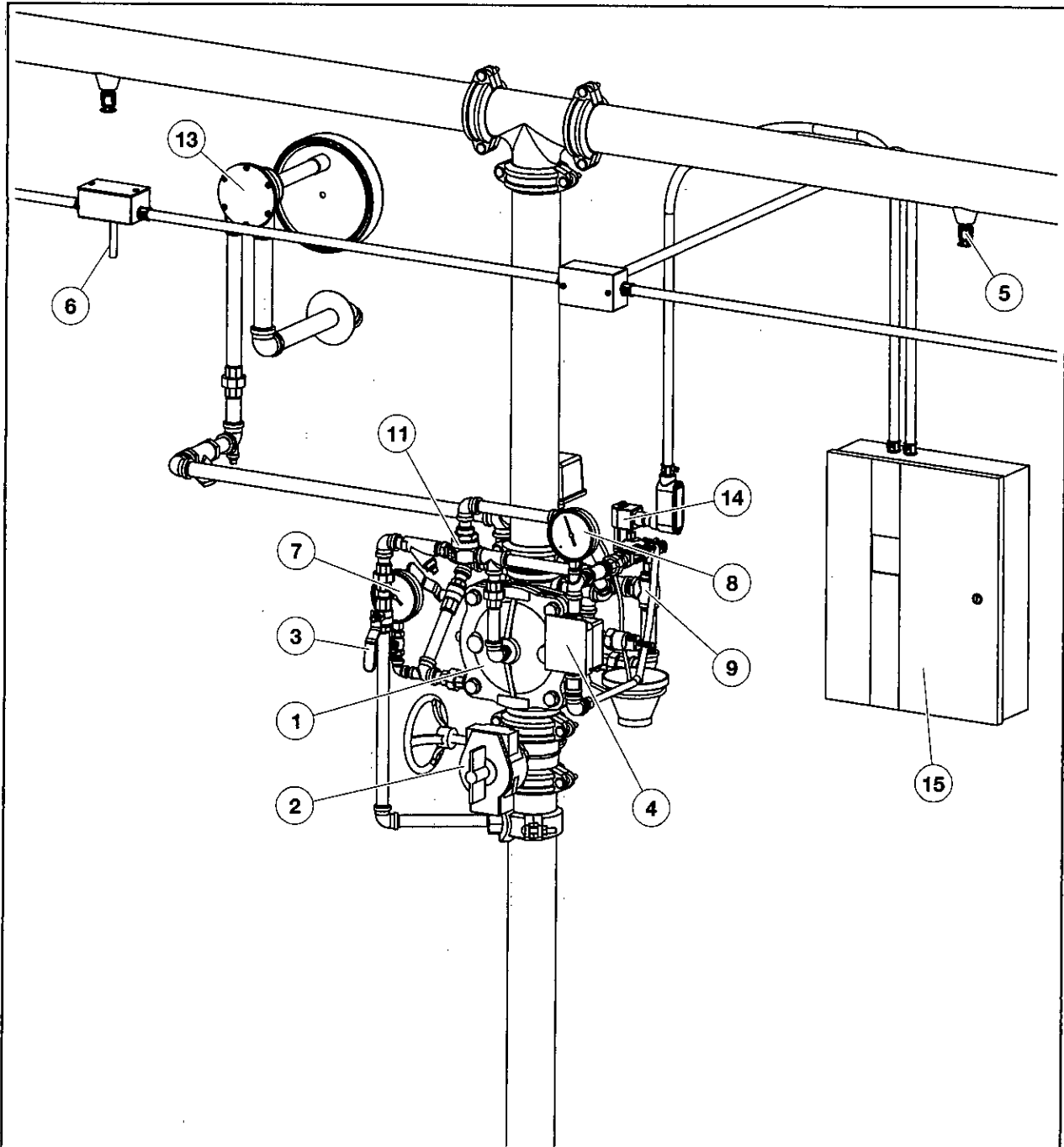
As water flows into the system, the pilot chamber of the Model ASV-1 Automatic Shut-Off Valve (Item 5 - Fig. 3A and 5) becomes pressurized and the ASV-1 automatically shuts off the diaphragm chamber supply flow to the DV-5 Diaphragm Chamber. Shutting off the diaphragm chamber supply flow prevents the DV-5 Diaphragm Chamber from becoming re-pressurized, thereby preventing inadvertent closing of the DV-5 during a fire (as may be the case should the Solenoid Valve become de-energized after its initial operation).



#### **NOTICE**

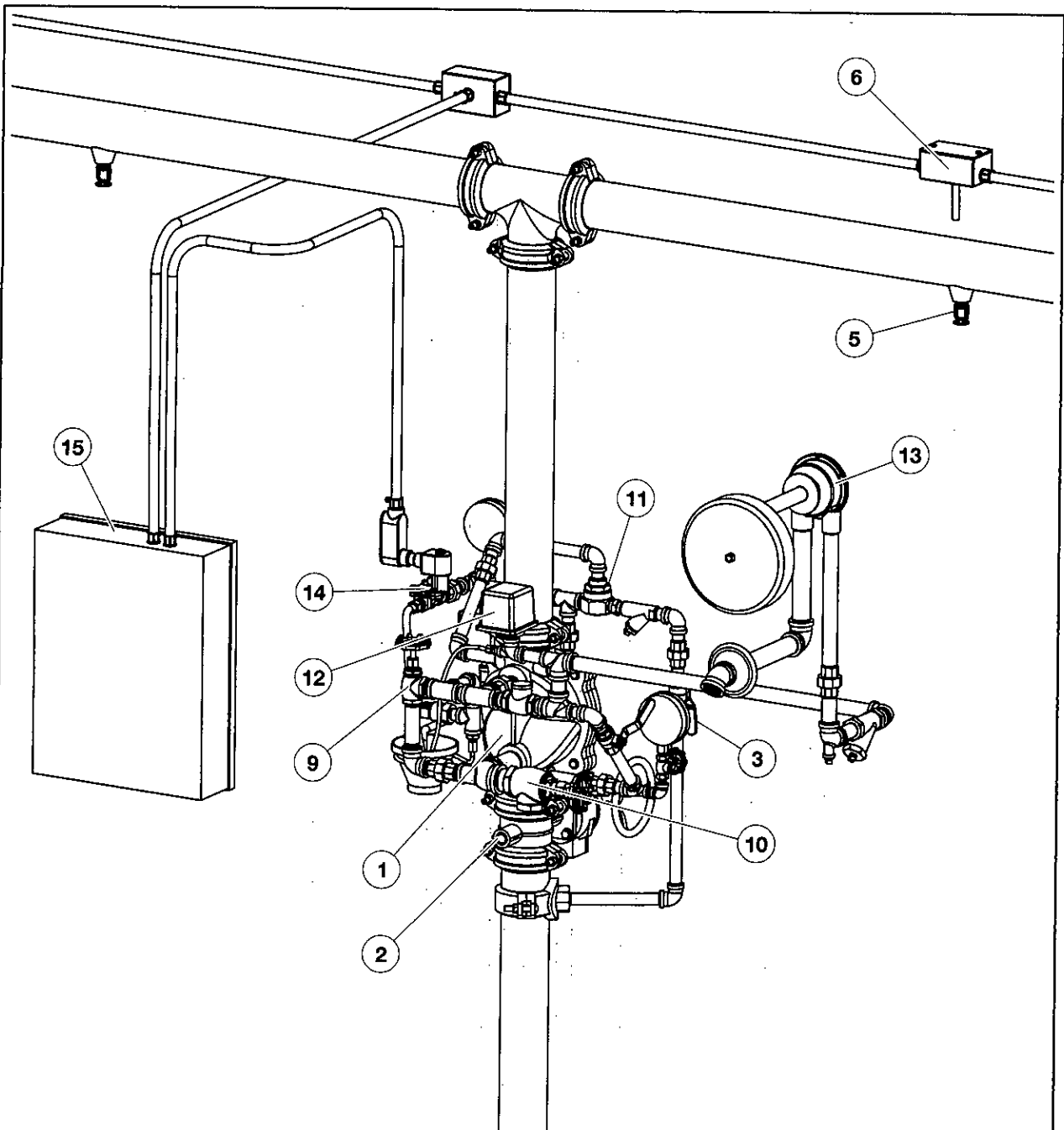
*The DV-5 Deluge Valve with Electric Actuation Trim described herein must be installed and maintained in compliance with this document, as well as with the applicable standards of the National Fire Protection Association, in addition to the standards of any other authorities having jurisdiction. Failure to do so may impair the performance of these devices.*

*The owner is responsible for maintaining their fire protection system and devices in proper operating condition. Contact the installing contractor or product manufacturer with any questions.*



- |  |   |   |
|--|---|---|
| 1 - DV-5 Deluge Valve                                      | 7 - Water Supply Pressure Gauge                       | 12 - Waterflow Pressure Alarm Switch (Shown at Rear of Valve) |
| 2 - Main Control Valve (N.O.)                              | 8 - Diaphragm Chamber Pressure Gauge                  | 13 - Water Motor Alarm (Optional)                             |
| 3 - Diaphragm Chamber Supply Control Valve (N.O.)          | 9 - System Drain Valve (N.C.)                         | 14 - Solenoid Valve   |
| 4 - Local Manual Control Station                           | 10 - Main Drain Valve (N.C.) (Shown at Rear of Valve) | 15 - Deluge Valve Releasing Panel                             |
| 5 - Open Nozzles or Sprinklers                             | 11 - Diaphragm Chamber Automatic Shut-Off Valve       |   |
| 6 - Heat Detectors, Smoke Detectors, etc. (Fire Detection) |   |   |

**FIGURE 1 (1 OF 2)  
SYSTEM SCHEMATIC (FRONT VIEW)  
ELECTRIC ACTUATION**



- |  |  |                                   |
|--|--|-----------------------------------|
| 1 - DV-5 Deluge Valve                                      | 7 - Water Supply Pressure Gauge (Shown at Front of Valve)      | 13 - Water Motor Alarm (Optional) |
| 2 - Main Control Valve (N.O.)                              | 8 - Diaphragm Chamber Pressure Gauge (Shown at Front of Valve) | 14 - Solenoid Valve               |
| 3 - Diaphragm Chamber Supply Control Valve (N.O.)          | 9 - System Drain Valve (N.C.)                                  | 15 - Deluge Valve Releasing Panel |
| 4 - Local Manual Control Station (Shown at Front of Valve) | 10 - Main Drain Valve (N.C.)                                   |                                   |
| 5 - Open Nozzles or Sprinklers                             | 11 - Diaphragm Chamber Automatic Shut-Off Valve                |                                   |
| 6 - Heat Detectors, Smoke Detectors, etc. (Fire Detection) | 12 - Waterflow Pressure Alarm Switch                           |                                   |

**FIGURE 1 (2 OF 2)  
SYSTEM SCHEMATIC (REAR VIEW)  
ELECTRIC ACTUATION**