



DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

Maestría en Salud Ocupacional y Seguridad Industrial

Análisis del nivel de riesgo contra incendio, propuesta para la mejora del sistema contra incendio de PRODUCARGO S.A.

Trabajo de Graduación previo a la obtención del título de Magister en Salud Ocupacional y Seguridad en el Trabajo.

AUTOR:

Ing. Julio César Cajamarca Cajas

DIRECTOR:

Msc. César Palacios Rivera

CUENCA – ECUADOR

2016

INDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ANEXO	XI
PLANOS.....	XII
DEDICATORIA	XIII
AGRADECIMIENTO.....	XIV
RESUMEN.....	XV
PALABRAS CLAVES	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. RESEÑA HISTÓRICA.....	1
1.2. PRODUCCIÓN.....	1
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.4. OBJETIVOS.....	12
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	12
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	13
1.5. MARCO LEGAL.....	13
CAPÍTULO 1. METODOLOGÍA	15
1. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA.....	15
2. ESTADO DEL ARTE.....	17
3. DETERMINACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO, MÉTODO DE GREENER.....	18
4. TEORÍA DEL FUEGO.....	29
4.1. DEFINICIÓN.....	29
4.2. TETRAEDRO DEL FUEGO.....	29
4.3. CLASIFICACIÓN DEL FUEGO.....	30
4.4. PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN.....	31
4.5. LA COMBUSTIÓN:.....	32
5. RELACIÓN ESTEQUIOMÉTRICA DEL ALCOHOL ETÍLICO C ₂ H ₅ OH.....	33
6. LÍMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD DEL ETANOL DE 96,4°GL.....	33
7. PROCESO DE COMBUSTIÓN REAL DEL ETANOL	35
7.1. REACCIÓN DE COMBUSTIÓN DEL ETANOL EN MEZCLAS POBRES.....	35
7.2. REACCIÓN DE COMBUSTIÓN DEL ETANOL EN MEZCLAS RICAS.....	36
8. EL INCENDIO.....	37
8.1. DEFINICIÓN.....	37
8.2. TEMPERATURA DE INFLAMACIÓN.....	37

8.3.	TEMPERATURA DE IGNICIÓN O COMBUSTIÓN.....	38
8.4.	TEMPERATURA DE AUTO IGNICIÓN O AUTO COMBUSTIÓN.....	38
8.5.	LÍMITES DE INFLAMABILIDAD.....	38
8.6.	PODER CALORÍFICO.....	40
9.	RIESGOS DE INCENDIO EN LA INDUSTRIA DE ALCOHOL.....	40
9.1.	DERRAMES DE LÍQUIDOS O ESCAPES DE GASES Y VAPORES.....	40
9.2.	INCENDIOS.....	40
9.3.	EXPLOSIÓN.....	41
10.	MECANISMOS DE EXTINCIÓN DEL FUEGO.....	47
10.1.	ELIMINACIÓN O DILUCIÓN DEL MATERIAL COMBUSTIBLE.....	47
10.2.	ELIMINACIÓN O DILUCIÓN DEL MATERIAL COMBURENTE. SOFOCACIÓN.....	47
10.3.	ELIMINACIÓN DE LA FUENTE DE CALOR O DE ENERGÍA DE ENCENDIDO. ENFRIAMIENTO.....	47
10.4.	ELIMINACIÓN DE LAS REACCIONES EN CADENA. INHIBICIÓN CATALÍTICA NEGATIVA.....	47
10.5.	CLASIFICACIÓN DE AGENTES EXTINTORES.....	47
10.6.	SELECCIÓN DEL AGENTE EXTINTOR.....	53
11.	EXTINTORES PORTÁTILES CONTRA INCENDIOS.....	53
11.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS DE LAS INSTALACIONES.....	53
11.2.	DISTRIBUCIÓN DE LOS EXTINTORES CONTRA INCENDIO.....	54
11.3.	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LOS EXTINTORES.....	55
12.	SISTEMA DE PROTECCIÓN POR ROCIADORES AUTOMÁTICOS “SPRINKLER”.....	57
12.1.	CARACTERÍSTICAS DE UN ROCIADOR.....	57
12.2.	SISTEMA DE TUBERÍA HÚMEDA:.....	58
12.3.	CARACTERÍSTICAS DE DESCARGA DE LOS ROCIADORES.....	60
12.4.	REQUISITOS PARA LA INSTALACIÓN DE LOS ROCIADORES.....	61
12.5.	DETERMINACIÓN DE LA CARGA DE FUEGO.....	62
12.6.	CAUDAL NECESARIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE ROCIADORES.....	63
12.7.	CÁLCULO DEL NÚMERO ADECUADO DE ROCIADORES.....	63
13.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LOS ROCIADORES.....	64
13.1.	RESISTENCIA A LA FRICCIÓN (NFPA 13, 2013).....	64
13.2.	CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE VELOCIDAD.....	66
13.3.	CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL FLUIDO.....	66
13.4.	CÁLCULO DE LA PRESIÓN NORMAL.....	67
13.6.	PRESIÓN ESTÁTICA (SUAY, 2010, PÁG. 282):.....	67
13.7.	PUNTOS DE CONEXIÓN HIDRÁULICA.....	67
13.8.	DESCARGA DE LOS ROCIADORES.....	67
14.	SISTEMA DE PROTECCIÓN BOCAS DE INDENCIO EQUIPADAS (BIE).....	68
14.1.	ELEMENTOS DE UN BIE, Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	70
14.2.	CAUDAL DE DESCARGA DE UN HIDRANTE.....	70
CAPÍTULO 2. CÁLCULOS Y RESULTADOS.....		72
1.	EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR EL MÉTODO DE “GRETENER”.....	72
1.1.	NIVEL DE RIESGO DE INCENDIO EN LA DESTILERÍA.....	72

1.2.	NIVEL DE RIESGO DE INCENDIO: BODEGA DE REPUESTOS (MÉTODO DE “GRETENER”)...	77
1.3.	NIVEL DE RIESGO DE INCENDIO EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCCIÓN DIARIA (MÉTODO DE “GRETENER”).....	78
1.4.	NIVEL DE RIESGO DE INCENDIO EN EL ÁREA DE DESPACHO DE ALCOHOL (MÉTODO DE “GRETENER”).....	79
1.5.	NIVEL DE RIESGO DE INCENDIO EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE ALCOHOL ANHIDRO # 7 (MÉTODO DE “GRETENER”).....	80
1.6.	NIVEL DE RIESGO DE INCENDIO EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE ALCOHOL NEUTRO # 1 (MÉTODO DE “GRETENER”).....	81
1.7.	NIVEL DE RIESGO DE INCENDIO EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE ALCOHOL NEUTRO # 2 (MÉTODO DE “GRETENER”).....	82
1.8.	RESUMEN DE CÁLCULOS DEL NIVEL DE “GRETENER”.....	83
2.	CÁLCULOS DE LAS EXPLOSIONES TIPO “BLEVE”.....	84
2.1.	CÁLCULOS DE LA RADIACIÓN TÉRMICA.....	84
2.2.	DIÁMETRO DE LA ONDA PRESIÓN O DE LA BOLA DE FUEGO (D):.....	84
2.3.	ALTURA DE LA BOLA DE FUEGO (H):.....	85
2.4.	DURACIÓN DE LA BOLA DE FUEGO:.....	85
2.5.	INTENSIDAD MEDIA DE IRRADIACIÓN RECIBIDA (NTP 293, 1991):.....	85
2.6.	VELOCIDAD DE REACCIÓN:.....	85
3.	CONSECUENCIAS A LAS PERSONAS POR EXPOSICIÓN A UNA EXPLOSIÓN BLEVE.....	88
3.1.	MUERTES POR HEMORRAGIA PULMONAR:.....	88
3.2.	AFECTACIÓN POR ROTURA DE TÍMPANO:.....	89
3.3.	MUERTE POR IMPACTO DE LA PERSONA CONTRA OBSTÁCULOS:.....	89
3.4.	LESIONES POR IMPACTO DEL CUERPO:.....	89
4.	CÁLCULO DEL NÚMERO ÓPTIMO DE EXTINTORES (VER TABLA 57)......	91
4.1.	ÁREAS DE TRABAJO.....	91
4.2.	EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO.....	91
4.3.	SELECCIÓN DEL TIPO DE EXTINTOR.....	91
4.4.	SELECCIÓN DEL TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN DE EXTINTORES.....	91
4.5.	CÁLCULO DEL NÚMERO DE EXTINTORES.....	92
4.6.	LOCALIZACIÓN DE EXTINTORES.....	92
4.7.	CÁLCULO DEL NÚMERO ÓPTIMO DE EXTINTORES EN LA EMPRESA.....	95
4.8.	EXTINTORES EXISTENTES EN LA EMPRESA.....	95
4.9.	ANÁLISIS DE EXTINTORES REQUERIDOS.....	95
5.	DISEÑO Y CÁLCULO HIDRÁULICOS DE ROCIADORES.....	96
5.1.	SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS:.....	96
5.2.	SISTEMAS DE BOQUILLAS ASPERSORES.....	97
5.3.	SELECCIÓN DE ROCIADORES.....	97
5.4.	CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE APLICACIÓN DEL AGUA SEGÚN EL TIPO DE RIESGO EXISTENTE (NFPA 13, 2013, PÁGS. 13-69).....	99
5.5.	CÁLCULO DEL CAUDAL NECESARIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE ROCIADORES.....	101
5.6.	CÁLCULO DEL NÚMERO DE ROCIADORES POR ÁREAS DE APLICACIÓN.....	102
6.	CÁLCULO DEL CAUDAL REQUERIDO PARA EL SISTEMA DE HIDRANTES.....	104
7.	CAUDAL TOTAL REQUERIDO EN LA EMPRESA.....	104

8.	CÁLCULO HIDRÁULICOS PARA EL SISTEMA DE ROCIADORES	105
8.1.	DIAGRAMA DE PROCESO DE LOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS	105
8.2.	CÁLCULO HIDRÁULICO PARA EL NIVEL 22 DE LA DESTILERÍA	106
8.3.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA EL NIVEL 2 (14 METROS DE ALTURA).....	130
8.4.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA EL NIVEL 1 (7 METROS DE ALTURA).....	132
8.5.	CÁLCULO HIDRÁULICO: ÁREA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCCIÓN DIARIA	134
8.6.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS: CALDEROS (5.7 METROS DE ALTURA).....	148
8.7.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA EL ÁREA: TURBINA	150
8.8.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA EL ÁREA: TANQUE N° 2 ALCOHOL NEUTRO (10.5 METROS DE ALTURA)	152
8.9.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA EL ÁREA: TANQUE N° 1 ALCOHOL NEUTRO	156
8.10.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA EL ÁREA: TANQUE N° 7 ALCOHOL ANHIDRO	158
9.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA EL SISTEMA DE HIDRANTES	160
9.1.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA SISTEMA DE HIDRANTES PARA EL ÁREA: PARQUEADEROS (TRANSPORTISTAS DE ALCOHOL)	160
9.2.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA SISTEMA DE HIDRANTES PARA EL ÁREA: DESPACHOS DE ALCOHOL	162
9.3.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA SISTEMA DE HIDRANTES: DESTILERÍA	164
9.4.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA SISTEMA DE HIDRANTES PARA EL ÁREA: RECUPERADORA DE CO ₂	167
9.5.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA SISTEMA DE HIDRANTES PARA EL ÁREA: CALDEROS (HIDRANTES 11, 16, Y 17)	168
10.	CÁLCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO	170
10.1.	RESUMEN DE LOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS.	170
10.2.	POTENCIA TEÓRICA DEL MOTOR (SUAY, 2010, PÁG. 169).....	170
10.3.	POTENCIA REAL DEL MOTOR (SUAY, 2010, PÁG. 173).....	171
10.4.	SELECCIÓN DEL MOTOR Y BOMBA	171
10.5.	SISTEMA ACTUAL CONTRA INCENDIO.	172
10.6.	SUMINISTRO DE AGUA	173
10.7.	SUMINISTRO DE ENERGÍA.....	175
11.	PLAN DE EMERGENCIA	175
11.1.	OBJETIVOS	175
11.2.	ALCANCE.	175
11.3.	DEFINICIÓN.....	175
11.4.	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.	176
11.5.	EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR EL MÉTODO CÁLCULO DE PROBABILIDADES....	177
11.6.	CONTROL DE LOS RIESGOS.....	178
11.7.	CLASIFICACIÓN DE LAS EMERGENCIAS.	178
11.8.	MATERIALES PELIGROSOS – HOJAS DE SEGURIDAD	179
11.9.	BRIGADAS DE EMERGENCIA.....	180
11.10.	FUNCIONES DE LOS INTEGRANTES DE LAS BRIGADAS.....	180
11.11.	PROCEDIMIENTO PARA ALERTA Y COMUNICACIÓN	182
11.12.	BRIGADISTAS	183
11.13.	CADENA DE LLAMADAS	184
11.14.	PROCEDIMIENTO EN CASO DE INCENDIO	185

11.15.	PROCEDIMIENTO EN CASO DE TERREMOTO	186
11.16.	PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAMES O FUGA DE GASES.....	187
11.17.	PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.	190
11.18.	NORMAS DE SEGURIDAD PARA PERSONAL EXTERNO.	192
11.19.	PROCEDIMIENTO EN CASO DE EVACUACIÓN.....	193
12.	SALA DE BOMBAS.....	195
	CONCLUSIONES	196
	RECOMENDACIONES	197
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	198
	ANEXOS.....	201
	PLANOS.....	209

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Área: Centrifugas.....</i>	<i>8</i>
<i>Ilustración 2 Área de destilería.....</i>	<i>9</i>
<i>Ilustración 3 Área: Producción de CO₂.....</i>	<i>9</i>
<i>Ilustración 4 Área: Planta concentradora de vinaza.....</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 5 Área: Calderos.....</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 6 Área: Calderos.....</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 7. Tetraedro del fuego.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 8 Acción de la espuma química.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 9 Generación de espuma.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 10 Representación de los extintores localizados en la nave de fermentación.....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 11 Ubicación del sistema de rociadores en el área de calderos.....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 12 Nivel 22 de la destilería - Sistema de rociadores.....</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 13 Tanque N°2 Alcohol Neutro - Sistema de rociadores.....</i>	<i>153</i>
<i>Ilustración 14 Sistema de la red contra incendio.....</i>	<i>172</i>
<i>Ilustración 15 Tablero de control de la red contra incendio.....</i>	<i>172</i>
<i>Ilustración 16 Bomba JOCKEY.....</i>	<i>173</i>
<i>Ilustración 17 Tablero de control de la bomba JOCKEY.....</i>	<i>173</i>
<i>Ilustración 18 Sección del canal perimetral.....</i>	<i>174</i>
<i>Ilustración 19 Bomba de Inmersión.....</i>	<i>174</i>
<i>Ilustración 20 Generador eléctrico CATERPILLAR.....</i>	<i>175</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Descripción de la empresa.....</i>	<i>2</i>
<i>Tabla 2 Equipo e instalaciones.....</i>	<i>3</i>
<i>Tabla 3 Mapa de proceso PRODUCARGO S.A.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 4 Ciclo de la Investigación – Acción.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 5 Determinación y clasificación del tipo de construcción.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 6 Determinación del factor q según la carga de incendio mobiliaria Qm.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 7 Valores para el factor c.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 8 Peligro de humo, factor r.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 9 Peligro por la corrosión o toxicidad, factor k.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 10 Carga de incendio inmobiliaria, factor i.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 11 Factor e para edificios de un solo nivel.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 12 Factor e para Sótanos.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 13 Factor e para edificios de varias plantas.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 14 Factor g, tamaño del compartimiento cortafuego.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 15 Factores n para el cálculo de las medidas normales.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 16 Factores S para el cálculo de las medidas especiales.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 17 Medidas inherentes a la construcción, factor F.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 18 Peligro de activación, factor A.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 19 Exposición al riesgo de las personas (PHE).....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 20 Clasificación de los fuegos.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 21 Límites de inflamabilidad del alcohol etílico.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 22 Parámetros de las sustancias combustibles - Destilería.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 23. Curva de Saturación Presión – Temperatura.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 24. Condiciones críticas de las sustancias en la destilería.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 25 Equivalencia entre valores "PROBIT" y porcentaje de población afectada.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 26. Espuma: tipos de acción sobre el fuego.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 27 Clase de extintor para tipo de fuego.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 28 Instalaciones: clasificación de los riesgos por cantidad de combustible.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 29. Tamaño y localización de extintores para riesgos Clase A.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 30 Tamaño y localización de extintores para riesgos Clase B.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 31. Protección: rociadores de agua - espuma para líquidos inflamables.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 32 Características de descarga de los rociadores.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 33. Rangos de temperatura, clasificación y código de color.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 34. Rociadores: superficie máxima de protección.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 35 Valoración del nivel de riesgo por la cantidad de carga combustible.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 36 Coeficiente C de Hazen y Williams.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 37 longitudes equivalentes de accesorios y válvulas - Tuberías acero Cédula 40.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 38 Dimensiones de las tuberías de acero.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 39 Selección de hidrantes según el Tipo de Clase.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 40 Nivel de riesgo intrínseco - diámetro del BIE.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 41 Coeficiente K para una BIE 25.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 42 Coeficiente K para una BIE 45.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 43 Carga combustibles de diferentes áreas de la destilería.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 44 Nivel de riesgo por el método de "GRETENER": DESTILERÍA.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 45 Nivel de riesgo por el método de "GRETENER": BODEGA DE REPUESTOS.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 46 Nivel de riesgo por el método de "GRETENER": Bodega de repuestos.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 47 Nivel de riesgo por el método de "GRETENER": DESPACHO DE ALCOHOL.....</i>	<i>79</i>

Tabla 48 Nivel de riesgo por el método de "GRETENER": TANQUE # 7 DE ALCOHOL ANHIDRO	80
Tabla 49 Nivel de riesgo por el método de "GRETENER": Tanque # 1 de alcohol neutro	81
Tabla 50 Nivel de riesgo por el método de GRETENER: Tanque # 2 de alcohol neutro.....	82
Tabla 51 Resumen de los niveles de riesgo por incendio (GRETENER).....	83
Tabla 52 Gráfico del nivel de riesgo contra incendio (GRETENER).....	83
Tabla 53. Cálculo de valores en caso de una explosión tipo BLEVE	86
Tabla 54. Diámetro de la onda de expansión.....	87
Tabla 55. Intensidad media de radiación - velocidad de reacción de la explosión.....	87
Tabla 56. Consecuencias originadas por la exposición a una explosión BLEVE	90
Tabla 57. Cálculo del número óptimo de extintores	93
Tabla 58. Cálculo del número óptimo de extintores	95
Tabla 59. Detalle de extintores existentes	95
Tabla 60 Extintores requeridos en la Destilería.....	96
Tabla 61 Valoración de la carga combustible.....	97
Tabla 62 Rociadores: Datos técnicos.....	98
Tabla 63 Densidad de aplicación del agua según el Tipo de Riesgo	100
Tabla 64 Densidad de aplicación - Agua	101
Tabla 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores	102
Tabla 66 Instalación de rociadores.....	103
Tabla 67 Valor total del caudal requerido	104
Tabla 68 Flujograma de cálculos hidráulicos.....	105
Tabla 69 Longitud equivalente: Columnas de destilación Nivel 3.....	108
Tabla 70 Cálculos hidráulicos del nivel 3 de destilería	129
Tabla 71 Longitud equivalente: Columnas de destilación Nivel 2	130
Tabla 72 Cálculos hidráulicos: nivel 2 de destilería	131
Tabla 73 Longitud equivalente: Columnas de destilación Nivel 1	132
Tabla 74 Cálculos hidráulicos: nivel 1 de destilería	133
Tabla 75 Longitud equivalente: Tanques de almacenamiento de producción diaria.....	136
Tabla 76 Cálculos hidráulicos del área: tanques de almacenamiento de producción diaria	147
Tabla 77 Longitud equivalente: Área de Calderos ubicada a 5.7 metros de altura	148
Tabla 78 Cálculos hidráulicos del área: Calderos	149
Tabla 79 Longitud equivalente: Área de Turbina.....	150
Tabla 80 Resumen de cálculos hidráulicos del área: Turbina.....	151
Tabla 81 Longitud equivalente: Tanque N° 2 de almacenamiento de alcohol neutro	152
Tabla 82 Resumen de cálculos hidráulicos del área: Tanque N°2 de alcohol neutro	155
Tabla 83 Longitud equivalente: Tanque N° 1 de almacenamiento de alcohol neutro	156
Tabla 84 Resumen de cálculos hidráulicos del área: Tanque N°1 de alcohol neutro	157
Tabla 85 Longitud equivalente: Tanque N° 7 de almacenamiento de alcohol anhidro	158
Tabla 86 Resumen de cálculos hidráulicos del área: Tanque N°7 de alcohol ANHIDRO....	159
Tabla 87 Longitud equivalente: ÁREA: PARQUEADERO (hidrante N°1).....	161
Tabla 88 Resumen de cálculos hidráulicos del área: PARQUEADERO	162
Tabla 89 Longitud equivalente: ÁREA: Despacho de alcohol (hidrantes N°3, 4, 5, y 6).....	162
Tabla 90 Resumen de cálculos hidráulicos del área: PARQUEADERO	163
Tabla 91 Longitud equivalente: ÁREA: DESPACHO DE DESTILERÍA.....	164
Tabla 92 Resumen de cálculos hidráulicos del área: DESTILERÍA.....	166
Tabla 93 Longitud equivalente: ÁREA: DESPACHO DE DESTILERÍA.....	167
Tabla 94 Resumen de cálculos hidráulicos del área: DESTILERÍA.....	168
Tabla 95 Longitud equivalente: ÁREA: CALDERO	168
Tabla 96 Resumen de cálculos hidráulicos del área: CALDERO	169

<i>Tabla 97 Resumen de cálculos hidráulicos para la selección del sistema de bombeo.....</i>	<i>170</i>
<i>Tabla 98. Selección del motor de marca GENERAL PURPOSE.....</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 99. Selección de la bomba de marca GENERAL PURPOSE.....</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 100 Clasificación de los riesgos.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 101 Matriz de riesgo por el método de: Cálculo de Probabilidades.....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 102 Valoración de la severidad del daño.....</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 103 Clasificación de las emergencias.....</i>	<i>179</i>
<i>Tabla 104 Matriz de hojas de seguridad (MSDS).....</i>	<i>179</i>
<i>Tabla 105 Orgánico funcional de la brigada.....</i>	<i>180</i>
<i>Tabla 106 Protocolo de actuación y comunicación en caso de emergencia.....</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 107 Conformación de la brigada.....</i>	<i>183</i>
<i>Tabla 108 Listado telefónico de emergencia - Personal de la empresa.....</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 109 Listado telefónico de emergencia - Organismos externos de socorro.....</i>	<i>184</i>

ANEXO

<i>ANEXO 1 TABLA - PODER CALORIFICO</i>	<i>202</i>
<i>ANEXO 2 NORMA NTP 39: TABLA DE RESISTENCIA AL FUEGO</i>	<i>205</i>
<i>ANEXO 3. DIAGRAMA ELÉCTRICO DE LA RED CONTRA INCENIO</i>	<i>208</i>

PLANOS

Plano 1 Isométrico: Sistema de rociadores del nivel 3 de Destilería.....	128
Plano 2 Isométrico: Sistema de rociadores del nivel 2 de Destilería.....	130
Plano 3 Isométrico: Sistema de rociadores del nivel 1 de Destilería.....	132
Plano 4 Isométrico: Sistema de rociadores de los tanques de producción diaria.....	134
Plano 5 Isométrico: Sistema de rociadores del área de calderos.....	148
Plano 6 Isométrico: Sistema de rociadores del área de turbinas.....	150
Plano 7 Isométrico: Sistema de rociadores del tanque # 2 de almacenamiento de alcohol.	154
Plano 8 Isométrico: Sistema de rociadores del tanque 1 de almacenamiento de alcohol.....	156
Plano 9 Isométrico: Sistema de rociadores del tanque 7 de almacenamiento de alcohol.....	158
Plano 10 Isométrico: Sistema de hidrantes del parqueadero externo.....	161
Plano 11 Isométrico: Sistema de hidrantes del área de despacho de alcohol.....	163
Plano 12 Isométrico: Sistema de hidrantes del área de la destilería.....	164
Plano 13 Isométrico: Sistema de hidrantes del área de la destilería.....	167
Plano 14 Isométrico: Sistema de hidrantes del área de la destilería.....	169
Plano 15 Diagrama de la sala de bombas.....	195
Plano 16 IMPLEMENTACIÓN GENERAL.....	210
Plano 17 CIRCUITO A TIERRA.....	212
Plano 18 RED CONTRA INCENDIO ACTUAL.....	214
Plano 19 EXTINTORES.....	216
Plano 20 DETALLES DE ÁREAS.....	218
Plano 21 RED CONTRA INCENDIO - HIDRANTES.....	220
Plano 22 RED CONTRA INCENDIO - ROCIADORES.....	222
Plano 23 RUTAS DE EVACUACIÓN.....	224
Plano 24 MAPA DE RIESGO GENERAL.....	226

DEDICATORIA

A Patricia mi amada esposa por haber sido mi impulso en mis estudios, y pilar en mi vida.

A mis hijas Lisseth y Nicole quienes son mi inspiración.

A mi madre Bertha, y a la memoria de mi Padre Julio, quienes han guiado mi vida con sus valores y consejos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y ser mi fortaleza para superar las vicisitudes de la vida.

Mi agradecimiento especial y sincero para el Ing. César Palacios, mi Director de Tesis por su valioso aporte en el desarrollo de este trabajo.

Mi agradecimiento a la Universidad del Azuay y a todos los profesores que hicieron parte fundamental para culminar con éxito esta carrera universitaria.

A PRODUCARGO S.A., por haberme permitido desarrollar en mi vida profesional.

A todos los funcionarios de la empresa PRODUCARGO S.A., por haberme permitido desarrollar este trabajo en esta importante industria, y brindarme todo el apoyo, en especial al Ing. Carlos López Salazar en su calidad de Gerente Técnico, y al Ing. Víctor Bermeo Castro, Gerente General, y a todo el personal administrativo que contribuyeron con su apoyo para la elaboración de este proyecto.

RESUMEN

Para planificar un adecuado sistema de protección contra incendio es necesario evaluar los factores de riesgos existentes. La determinación del coeficiente de seguridad contra incendio de GREENER es inferior a uno, y la determinación de riesgos de “expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición” (BLEVE) demuestran que el nivel de riesgo existente en la empresa es considerable, ante esto es conveniente realizar un diseño del sistema de protección para permitir que los índices sean superiores a uno.

La implementación de extintores, el rediseño de la red hidráulica, la instalación de rociadores e hidrantes permiten tener mejor respuesta ante la presencia de una emergencia. Para la implementación de estos sistemas es necesario realizar los estudios en base a normas técnicas acordes a la situación actual.

Para garantizar el adecuado funcionamiento en la red contra incendio es indispensable tener un gran suministro de agua capaz de abastecer al sistema durante un período mínimo de 1 hora, el suministro de energía eléctrica debe funcionar independientemente del resto de la empresa, y es necesario el cambio de la bomba contra incendio para tener una capacidad de 1250 gpm.

Ningún sistema por más sofisticado que sea funciona si el factor humano no está involucrado, por eso se elabora un plan de emergencia fácil de implementar, y se capacita al personal continuamente.

Este conjunto de acciones mejoran el coeficiente de seguridad contra incendio de la destilería.

PALABRAS CLAVES

- Protección contra incendio.
- GREENER.
- BLEVE
- Extintor.
- Rociador.
- Hidrante.

ABSTRACT

In order to plan an appropriate fire protection system, it is necessary to evaluate the existing risk factors. The determination of the GREENER fire safety coefficient is less than one; and the risks identification of a Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE) shows that the existing risk level in the company is considerable. Therefore, it is advisable to perform a protection system design to allow the indices to be greater than one.

The implementation of fire extinguishers, the redesign of the hydraulic network, and the installation of sprinklers and hydrants allow to have greater response in the case of an emergency. For the implementation of these systems, it is necessary to carry out studies based on technical standards in accordance with the current situation.

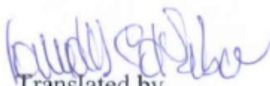
In order to ensure proper operation in the fire protection system, it is essential to have a large water provision capable of supplying the system for a minimum period of 1 hour. The power supply must operate independently of the rest of the company, and it is necessary to change the fire pump to have a 1250 GPM capacity

However, not even the most sophisticated system works if the human factor is not involved; therefore an easy-to-implement emergency plan is made, and the staff is continually trained. Consequently, this set of actions will improve the fire safety coefficient of the distillery.

KEYWORDS:

- Fire Protection
- GREENER.
- BLEVE
- Fire Extinguisher
- Sprinklers
- Hydrants




Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES.

1.1. Reseña histórica.

La empresa Desarrollo Agropecuario C.A., con domicilio en la ciudad de Cuenca – Ecuador, productora del Ron San Miguel, crea antes del año 1982 en la ciudad del Triunfo, la fábrica GALENA C.A., encargada de producir el aguardiente para la producción del ron. Originalmente la fábrica estaba estructurada por dos alambiques, y utilizaba como materia prima el jugo de la caña de azúcar.

En el año de 1982 se reemplaza los alambiques por una planta industrial Italiana (FRILLI), la capacidad de producción es de 12000 l/día. La planta FRILLI, produce alcoholes de tafias de 94°GL (para producción de ron), y alcohol potable de 96,4°GL, y se incrementa las ventas a otros consumidores a nivel Nacional.

Para su producción se utiliza la melaza, siendo la pionera en el País en la utilización de este residuo de la producción de azúcar.

Debido a la apertura de nuevos mercados, en 1995 se alquila la destilería del Estado llamada CODADE ubicada en el Km. 2 ½ de la vía La Troncal – Puerto Inca., desde este momento nace la empresa PRODUCARGO S.A., y en 1997 adquiere esta destilería, produciendo en total 40000 l/día. Un año más tarde se decide el traslado de la planta FRILLI, a La Troncal.

En el 2000 se adquiere nuevas columnas de destilación incrementándose la producción diaria a 55000 l/día, y se empieza a producir alcohol anhidro de 99,99°GL, cuyo uso principal es en la industria de la imprenta.

En el 2006 las ventas de alcohol al exterior alcanza el 40% de la producción, los principales mercados son los países de Perú y Colombia, el 60% restante se destinada para el Mercado Nacional.

En el año 2008 el Gobierno Nacional, bajo la presidencia del Eco. Rafael Correa Delgado impulsa el plan piloto de la producción de biocombustibles, siendo PRODUCARGO S.A., el primer proveedor de etanol anhidro en el País.

En el 2013 debido al incremento en las ventas, se adquiere nuevas maquinarias, y su capacidad se amplía a 110000 l/día.

1.2. Producción

PRODUCARGO S.A., es una empresa privada dedicada a la producción de alcohol etílico potable (96°GL),

1.2.1. Ubicación de la empresa

PRODUCARGO S.A., tiene dos locaciones ubicadas de la siguiente forma:

1. Administración: se encuentra en la ciudad de Guayaquil en el Km. 7 ½ vía a Daule, en el Cantón Guayaquil, provincia del Guayas
2. Planta de producción: Km 2 ½ vía La Troncal – Puerto Inca, en el Cantón La Troncal, provincia del Cañar.

De acuerdo a la clasificación Industrial Uniforme (CIU, versión 4), las actividades desarrolladas en PRODUCARGO S.A., pertenecen al grupo de “Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas” correspondiente al código 14.1.17.1 Establecimientos destinados a la destilación, rectificación y mezclas de bebidas alcohólicas Industriales. .

El presente estudio se circunscribe al análisis de la planta de producción, por ser considerada la de mayor riesgo.

1.2.2. Descripción de la empresa

Tabla 1
Descripción de la empresa.

1. Datos de la empresa	
Razón social	PRODUCARGO S.A.
RUC	0991323058001
Representante Legal	Ing. Com. Víctor Bermeo Castro
Calificación del MIU (Oficio CZ 5 N.º 13005)	Según CIU 14.1.17.1 Establecimientos destinados a la destilación, rectificación y mezclas de bebidas alcohólicas Industriales.
Dirección oficinas	Guayaquil. Km 7 ½ vía Daule
Teléfono	042-263867 / 042651259 / 042651260
Dirección fábrica	La Troncal. Km 2 ½ vía La Troncal – Pto. Inca
Teléfono	072-420112 / 072-421269
Página web	www.producargo.com
e-mail:	gerenciaplanta@producargo.com seguridadindustrial@producargo.com vbermeo@producargo.com
Actividad	PRODUCARGO S.A., es una empresa privada que se dedica a la producción de alcohol etílico, a la recuperación del dióxido de carbono (CO ₂), y producción de fertivin.
Proceso	El proceso de fabricación es el siguiente: <ol style="list-style-type: none"> 1. Recepción de melaza. 2. Clarificación de melaza. 3. Producción de mosto fresco. 4. Fermentación 5. Centrifugación y recuperación de levaduras. 6. Destilación. 7. Recuperación de CO₂ 8. Producción de Fertivin

2. Entorno y acceso	
Acceso	Existe un solo acceso tanto para las personas como para los vehículos
Ayuda exterior	Bomberos de La Troncal: tiempo aproximado de llegada: 6 minutos.
3. Características de las instalaciones	
Superficie total de la empresa	373876,66 m ²
Superficie total construida	14249 m ²
Elementos estructurales	Las instalaciones de PRODUCARGO S.A., son básicamente de estructura metálica, las paredes de las oficinas y laboratorio oficinas son de bloques enlucidos y pintados, por su construcción las instalaciones disponen de suficiente iluminación natural y artificial. Los muros existentes son de hormigón armado, y en sectores de alambre de púas.
	Tanques: de almacenamiento, están contruidos en planchas negras, y en acero inoxidable
	Tanques cisternas para almacenamiento de CO ₂
	Diques de contención contruidos en hormigón armado
Número de plantas o pisos	Ocho
Primera planta o planta baja.	Guardianía, básculas, tanque de almacenamiento (alcoholes, melaza, bunker, diesel, ácido sulfúrico, fertivin, CO ₂), oficinas, laboratorio, talleres, bodega de desechos, bodega general, planta de alcohol, planta de CO ₂ , planta concentradora de vinaza.
Segunda planta.	Nave de fermentación, panel de control de la destilería, cuarto de comando de la planta de vinaza concentrada, sección de turbinas, bodega general, oficina de mantenimiento.
Tercera planta.	Cabinas de control, destilerías, Pre – fermentadores, columnas de destilación.
Cuarta, sexta, y séptima.	Columnas de destilación, enfriadores.
Quinta planta	La sección de centrifuga.
Octava planta	Tanques reservorios de agua para producción.

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

1.2.3. Equipo e instalaciones

Tabla 2
Equipo e instalaciones

1. EQUIPOS E INSTALACIONES	
Instalaciones eléctrica	Potencia contratada: 1250 KW
	Transformadores, cuenta con los siguientes bancos de transformadores: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Banco de 800 KVA (13800/440) Planta de Alcohol ➤ Banco de 112.5 KV (13800/220) Planta de alcohol ➤ Banco de 500 KVA (13800/440) Planta de CO₂ ➤ Banco de 700 KVA (13800/440) Planta de concentración de vinaza.
	Tableros de distribución ubicadas en: <ul style="list-style-type: none"> a) Planta de CO₂. b) Turbinas. c) Caldera.

	Sistema complementario de generación eléctrica: <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2 grupos CATERPILLAR de 725 KW ➤ 1 grupos CATERPILLAR de 250 KW
Almacenamiento de gases en bodega general	<ul style="list-style-type: none"> ➤ GLP de 15 y 45 kg ➤ Acetileno ➤ Argón ➤ Oxígeno ➤ Amoníaco
Almacenamiento de gas en área de caldero	<ul style="list-style-type: none"> ➤ GLP de 45 kg
Almacenamiento de gases en área de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aire ➤ Nitrógeno ➤ Hidrógeno ➤ CO2 con metanol ➤ CO2 con acetaldehído ➤ CO2 con etanol ➤ CO2 con acetonas
Almacenamiento de CO₂	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La empresa dispone de dos tanques de almacenamiento de 80.000 toneladas cada una.
Bodega de desechos peligrosos	Aceites usados, aceites lubricantes condensados para los procesos de acabado, aceites quemados, aceites de máquinas, aceite térmico, lodos de aceite y aceite sucio
	Acumuladores o baterías usadas de plomo
	Desechos sólidos empapados de aceite y grasa
	Filtros de aceite
	"TONNER" de despacho que contienen materiales peligrosos
	Tubos fluorescentes u otra luminaria que contenga Hg
	Aserrines, tierra, arena, filtros de papel y otros materiales adsorbentes
	Transformadores y condensadores que contengan PCB o PCT.
Envases vacíos con restos de sustancias peligrosas o contaminadas.	
Envases y tambores vacíos usados para el manejo de materiales y desechos.	
Almacenamiento de líquidos inflamables	Alcohol neutro: 2'036.800 litros (l) <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2 tanques de un millón cada uno ➤ 2 tanques de acero de 10600 l cada uno ➤ 1 tanque de acero de 15600 l. Alcohol Crudo: 1 tanque de 1'000.000 l. Alcohol de Segunda: 1 tanque de 100000 l. Alcohol Anhidro: 644800 l. <ul style="list-style-type: none"> ➤ 1 tanque de 550000 l. ➤ 6 tanques acero inoxidable de 10600 l cada uno ➤ 2 tanques acero inoxidable de 15600 l Tanques de almacenamiento de producción: 20000 l 2 tanques de 10000 l cada uno Ciclo hexano: 22160 kg 1 tanque acero inoxidable 8480 kg 1 tanque acero inoxidable de 7280 kg 1 tanque de acero inoxidable de 6400 kg Diésel: 3520 gal. <ul style="list-style-type: none"> ➤ 1 tanque de 320 gal en planta CO2 ➤ 1 Tanque de 2800 gal almacenamiento. ➤ 1 tanque de 400 gal en calderos

	Bodega Central: contiene pinturas, diluyentes y aceites
Almacenamiento de sustancias peligrosas	Ácido Sulfúrico: 80000 kg Bodega del CONSEP: contiene Permanganato de Potasio, Hidróxido de Sodio en escamas
Turbogeneradores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Turbina NG1ss-generador "MAUSA" 500 Kw/60Hz/785 A. ➤ Turbina TUTHILL NADROUSKI 800 Kw/GENERADOR SIEMENS 1050 Kw/60 Hz.
Aire comprimido	Marca ATLAS COPCO <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2 de capacidad 25 HP ➤ 1 de capacidad 15 HP
Torres de agua de enfriamiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1 de 200 m³/h al frente de la destilería ➤ 1 de 400 m³/h al frente de la destilería ➤ 1 de 100 m³/h al frente de la destilería ➤ 1 de 400 m³/h en clarificación ➤ En la parte alta de la destilería cuenta con una piscina de agua de recolección de 45 m³.
Sistema de refrigeración en la planta de CO₂	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La capacidad es de 100000 Kilocalorías/h, utiliza como refrigerante amoníaco ➤ Sistema de refrigeración para los dos tanques de almacenamiento de CO₂, utiliza como refrigerante el R-404 A
Calderas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ HURST 2 de 800 BHP ➤ HURST 3 de 800 HP ➤ CLEAVER BROOKS de 350 BHP ➤ CLEAVER BROOKS de 250 BHP
BOMBA DE LA RED CONTRA INCENDIO	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bomba: Centrifugal Fire Pump Aurora. 500 G.P.M./150 psi /3560 rpm. Succión 4". Salida 4". ➤ Motor MARATHON ELECTRIC. 100 HP/460V/60Hz/3550rpm. ➤ Motor MARATHON ELECTRIC. (Mantiene presión del Sistema). 5HP/440V /60Hz/3450rpm.
Otros	Maquinarias, taller eléctrico, mecánico, tornos, columnas de destilación.

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

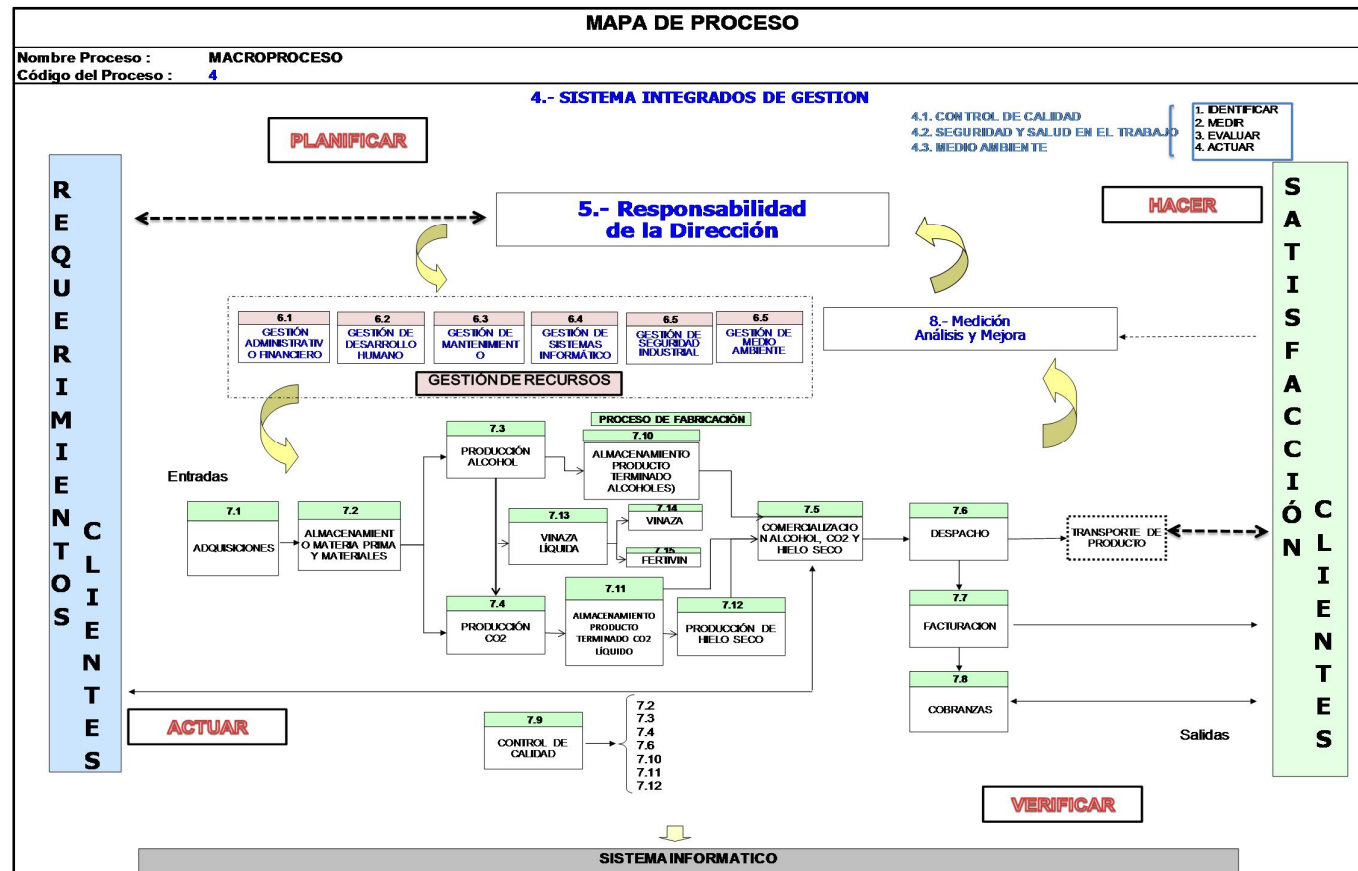
1.2.4. Proceso productivo

El proceso productivo incluye las siguientes etapas:

- Recepción de materias primas.
- Clarificación de melaza.
- Producción de mosto.
- Fermentación.
- Centrifugación y recuperación de levadura.
- Destilación.
- Producción de CO₂.
- Producción de vinaza concentrada.

En la tabla N° 3 se presenta el mapa de proceso de la destilería:

Tabla 3
 Mapa de proceso PRODUCARGO S.A.



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

A continuación se hace una breve descripción de cada proceso:

a) Recepción de materias primas

La principal materia prima empleada en la empresa es la melaza (84°Bx), que es suministrada por el Ingenio COAZÚCAR, y luego es almacenada en tanque existentes.

b) Clarificación de la melaza

La melaza es diluida con agua hasta obtener un valor de 40 °Bx., el objetivo de este proceso es disminuir el contenido de sólidos, preparar la melaza para el inicio del proceso de fermentación, y eliminar las impurezas presentes.

La melaza diluida es calentada y se agrega ácido sulfúrico (H_2SO_4) para favorecer la sedimentación de lodos e impurezas, que se consigue mediante la decantación en un tanque pulmón.

c) Producción de mosto fresco

Este proceso se compone de dos etapas, en la primera el mosto caliente es enfriado en intercambiadores de placas, y la segunda etapa este mosto es enviado a un tanque en donde se le adiciona agua hasta obtener un valor de 19 °Bx, obteniéndose el mosto fresco.

d) Fermentación

La fermentación alcohólica es un proceso biológico anaeróbico, en el cual la actividad de ciertos microorganismos como las levaduras se encargan de procesar los azúcares, obteniendo como resultado final el alcohol etílico, en una reacción de tipo exotérmica con desprendimiento de CO_2 , el que es transportado a la planta para su procesamiento.

El proceso de fermentación inicia con la adición de una crema de levadura recuperada en las centrífugas, este se adiciona al mosto fresco en una cuba de fermentación, y se le agrega nutrientes para ayudar al proceso, conforme avanza la fermentación se adiciona el mosto hasta llenar la cuba. Al final de este proceso se obtiene un líquido de color café oscuro denominado vino que es una mezcla hidroalcohólica, este líquido es llevado a las columnas de destilación para la separación del etanol.

e) Centrifugación y recuperación de levaduras

El vino antes de llegar a la columna de destilación es centrifugado, donde se separa la levadura suspendida en el vino formando la crema de levadura, y el vino deslevadurado es transportado al tanque pulmón, y desde ahí es alimentado a la columna destiladora.

La crema de levadura son almacenadas en los tanques pre – fermentadores (PF) para ser tratadas y purificadas mediante la adición de ácido sulfúrico, una vez que esta crema cumple los parámetros requeridos se inicia el proceso de fermentación en los PF, en esta

etapa el proceso es anaeróbico y la finalidad es reproducir la mayor cantidad de levaduras, antes de descargar en las cubas de fermentación.

Ilustración 1
Área: Centrífugas.



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

f) Destilación

El vino que es una mezcla de varios componentes líquidos y sólidos en suspensión es llevado desde el tanque pulmón hasta la columna de destilación y por un proceso de fraccionamiento debido a la temperatura de ebullición propia de cada sustancia los alcoholes son separados en estado de vapor del vino agotado denominado vinaza que es desechado por la parte inferior de la columna y es llevado hasta la planta de concentración de vinaza y a las piscinas de tratamiento desde donde se realiza el fertirriego (proceso en el que la vinaza se mezcla con agua en bajas concentraciones y que sirve para el riego de caña de propiedad del Ingenio COAZÚCAR).

En el proceso de fermentación no solamente se produce el alcohol etílico, también se hace presente distintos compuestos volátiles como los ácidos acéticos, butíricos, ésteres, alcoholes superiores, etc.; estos congéneres son extraídos en las siguientes columnas: columna purificadora, columna rectificadora, columna desmetiladora, obteniéndose un alcohol etílico apto para la venta y que cumple con las normativas exigidas por los organismos de control.

A continuación se detalla brevemente las funciones que cumplen cada una de las cuatro columnas del proceso de destilación.

- **Columna destiladora:** El vino sin levadura es bombeado hacia esta columna donde se separa el alcohol del vino como una mezcla hidroalcohólica de 45°Gl, debido a la acción del vapor que es suministrado en esta columna.
- **Columna purificadora:** La mezcla hidroalcohólica de 45°Gl es alimentada a la columna purificadora llamada también hidroselectora en donde por la acción del vapor las impurezas volátiles son separadas, obteniéndose una mezcla de compuestos volátiles cada vez más rico en etanol, aunque su grado sea de 12°Gl.

- **Columna rectificadora:** La mezcla hidroalcohólica de 12°Gl alimenta a la columna rectificadora para ser concentrado hasta 96°Gl, y retirado más impurezas.
- **Columna desmetiladora:** El alcohol concentrado de 96°Gl posee alcohol metílico, por lo que es llevado a la última columna denominada desmetiladora para su extracción.

Ilustración 2
Área de destilería



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

g) Proceso de producción de CO₂

En el proceso de fermentación alcohólica se genera también CO₂. PRODUCARGO S.A. responsable con el ambiente recupera este producto que es utilizado por varias industrias en el sector alimenticio, adicionando de esta manera un valor agregado para la empresa.

Ilustración 3
Área: Producción de CO₂



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

El proceso de recuperación es el siguiente:

➤ **Transporte del CO₂**

El CO₂ originado en el proceso de fermentación es transportado hasta la planta de recuperación por medio de tuberías instaladas en la parte superior de las cubas de fermentación.

➤ **Torre de lavado de gases y recuperación de alcohol:**

El CO₂ es transportado hasta la torre de lavado de gases. El gas ingresa por la parte inferior, al tiempo que por la parte superior se alimenta agua en forma de llovizna, en este contacto el gas es enfriado y a la vez se retiene el alcohol existente. El agua de lavado es transportado por acción de una bomba hasta el proceso de fermentación.

El CO₂ luego es llevado hasta una válvula hidráulica en donde por efecto de acumulación del gas la presión se incrementa facilitando el paso a las torres de lavado con la ayuda del booster que mantiene una presión constante, en caso de existir una sobrepresión esta válvula hidráulica se acciona y deja escapar el gas para mantener la presión adecuada.

➤ **Sección de lavado:**

Como siguiente paso el CO₂ ingresa hasta la primera columna de lavado, en esta fase el gas es lavado con una solución de permanganato de potasio (KMnO₄), retirando la mayor cantidad de impurezas presentes en el gas, para retirar los residuos de la solución de permanganato el gas es obligado a pasar por una segunda columna de lavado, y posteriormente se pasa a un filtro de carbón activado.

➤ **Sección compresión:**

El gas que sale del filtro de carbón activado ingresa a la fase de compresión, esta fase se compone de dos etapas, en la primera etapa el gas es comprimido hasta alcanzar una presión de 7 bar aproximadamente. Posteriormente el gas es enfriado en un intercooler, y pasa a la segunda fase.

En la segunda etapa el gas es comprimido hasta alcanzar un valor de 18 bar aproximadamente, y nuevamente enfriado.

➤ **Sección de secado y purificación:**

El gas es enviado hasta los vasos de secado, en donde la humedad es absorbida, y también es purificado por la acción del filtro de alúmina, carbón activado y material secante presente en estos vasos.

➤ **Sección de refrigeración y licuefacción:**

En esta etapa el gas llega hasta un intercambiador de calor llamado licuefactor, y por contacto indirecto con el gas refrigerante (amoníaco gaseoso), se consigue la disminución brusca de temperatura hasta los -45°C, obligando a que el CO₂ gaseoso se convierta en líquido (licuefacción).

➤ **Almacenamiento de CO₂:**

El CO₂ pasa hasta un recolector de gas, una vez que este se llena es bombeado hasta los tanques de almacenamiento y posteriormente es distribuido por medio de tanqueros especiales.

h) Proceso de concentración de vinaza.

PRODUCARGO S.A., utiliza la vinaza que es un subproducto de destilación para la producción de biofertilizantes, mediante un proceso de triple efecto, que permite concentrar la vinaza a 60°Bx.

La vinaza contiene una concentración de sólidos solubles de 7°Bx aproximadamente, sólidos totales del 8% y un porcentaje de agua del 92% en peso, es utilizado como biofertilizantes debido a la materia orgánica y a elementos como el fósforo (P), nitrógeno (N), potasio (K), y azufre (S), que favorecen la recuperación de suelos agrícolas.

Ilustración 4
Área: Planta concentradora de vinaza



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

i) Generación de vapor.

Para los procesos productivos la empresa requiere generar vapor, para esto requiere la utilización de las calderas existentes, que utilizan bunker como combustible

Ilustración 5
Área: Calderos



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

j) Generación de energía eléctrica.

La principal fuente de alimentación de energía eléctrica en la empresa es proporcionada por la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL).

Otra fuente de generación es la producida en los Turbogeneradores existentes en la empresa.

Ilustración 6
Área: Calderos



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

1.3. Planteamiento del problema.

El fuego siempre ha estado vinculado al hombre, y de acuerdo a su comportamiento puede ser favorable o negativo. En la industria siempre está presente en sus procesos, y representa una de las mayores amenazas, con preocupación se puede observar como varios incendios consumen las empresas, causando pérdidas personales o materiales. Estas situaciones muestran la importancia de realizar el análisis de riesgo contra incendios, evaluar la necesidad de repotenciar la red contra incendio existente, proponer la instalación de: nuevos hidrantes con espuma química, sprinklers, alarmas sonoras, y realizar un plan adecuado para combatir los incendios.

¿Están preparadas las empresas para enfrentar un incendio?, no existen estadísticas de incendios en el país.

El código de trabajo en el Art. 410 dice: “Los empleadores están obligados a asegurar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o vida”, y es obligación de los técnicos en seguridad estudiar los medios adecuados para combatir incendios y capacitar al personal para respuestas rápidas.

Las destilerías son consideradas como empresas de alto riesgo, el punto de inflamabilidad del etanol es de 13° C, y el límite de inflamabilidad de 3,3 a 19,0 %. Al momento de arder la llama no se distingue, siendo necesario contar con herramientas adecuadas para su detección y control.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar mediante métodos reconocidos Internacionalmente, el nivel de riesgo contra incendio en la fábrica de alcohol PRODUCARGO S.A., ubicado en el Cantón La Troncal.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar mediante métodos reconocidos a nivel nacional o internacional el nivel de riesgo contra incendio existente en la empresa, tomando en consideración la existencia de materiales fácilmente combustibles.
- b) Evaluar los sistemas de protección contra incendio existentes en la empresa.
- c) Proponer a partir del análisis de riesgo las medidas necesarias, y las modificaciones en la red contra incendio que garanticen a la empresa estar mejor equipadas para combatir un incendio, o una explosión.
- d) Dar a conocer la importancia de los resultados obtenidos de los cálculos de ingeniería de la red contra incendio.

1.5. Marco legal

En el Ecuador existe un Marco Legal y Normas Técnicas que sustentan la necesidad de planificar, instalar, aplicar controles y medidas de prevención para evitar accidentes graves.

- **Constitución De La República Del Ecuador**, Art. 326, numeral 5: “Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.”
- **Constitución De La República Del Ecuador**, Sección novena, Gestión de Riesgo.
- **Ley De Defensa Contra Incendio**: Se deberá tener en cuenta lo descrito en:
Capítulo III, De Las Contravenciones.
Capítulo VI, Disposiciones Generales. Art. 1.- Reglas generales.- “Toda persona natural o jurídica, pública o privada, está obligada a adoptar las medidas necesarias para prevenir y mitigar incendios y los riesgos que en esta materia se derivan de cualquiera de sus actuaciones, con independencia de la aplicación de las reglas técnicas nacionales o locales vigentes en la materia...”
- **Reglamento De Prevención, Mitigación Y Protección Contra Incendios Del Ministerio De Inclusión Económica Y Social**. Este reglamento estipula una serie de normativas técnico legal que toda institución debe cumplir para obtener el permiso de funcionamiento del Cuerpo de Bomberos. Establece las disposiciones contra incendios, los medios de extinción, salidas de escape, y los mecanismos de protección a implementarse de acuerdo a cada institución.
- **Código del Trabajo**. Capítulo IV. De las obligaciones del empleador. Art. 42.- “Son obligaciones del empleador: Instalar las fábricas, talleres, oficinas y demás lugares de trabajo, sujetándose a las medidas de prevención, seguridad e higiene del trabajo y demás disposiciones legales y reglamentarias.”
- **Decreto Ejecutivo 2393. Reglamento De Seguridad Y Salud De Los Trabajadores Y Mejoramiento Del Medio Ambiente De Trabajo**: Este

Reglamento de las disposiciones de seguridad que toda actividad económica debe aplicar para prevenir, o eliminar los riesgos que pueden presentarse en un sitio de trabajo, en el **Título V** describe los requerimientos de **Protección Colectiva** que se deben gestionar.

- **Decisión 584: Instrumento Andino de Seguridad Y Salud En El Trabajo.** “Art. 16.- Los empleadores, según la naturaleza de sus actividades y el tamaño de la empresa, de manera individual o colectiva, deberán instalar y aplicar sistemas de respuesta a emergencias derivadas de incendios, accidentes mayores, desastres naturales u otras contingencias de fuerza mayor.
- **NORMAS INEN:** En el País existe un buen número de Normas INEN que ayudarán a realizar este trabajo, a continuación se mencionará algunas:
 - NTE INEN 0092:13 Clasificación de los fuegos
 - NTE INEN 0440:84 Colores de identificación de tuberías
 - NTE INEN ISO 3864-1:2013 Símbolos gráficos. Colores de seguridad y señales de seguridad. Parte 1: principios de diseño para señales de seguridad.
 - RTE 006:09 Extintores portátiles para la protección contra incendios
 - NTE INEN 0731:09 Extintores portátiles y estacionarios contra incendios. Definiciones y clasificación.
 - NTE INEN 0739:87 Extintores portátiles. Inspección, mantenimiento y recarga
 - NTE INEN 0738:87 Extintores portátiles. Método de ensayo
 - NTE INEN 0737:87 Extintores portátiles. Muestreo
 - NTE INEN 0801:87 Extintores portátiles. Requisitos generales
 - NTE INEN 0802:87 Extintores portátiles. Selección y distribución en edificaciones

Para el desarrollo del presente trabajo también se estudiarán las normas NFPA. Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego (National Fire Protection Association).

Capítulo 1. METODOLOGÍA

1. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA.

La metodología que se utilizará es la Investigación – acción, se basa en realizar el estudio de la situación actual de la empresa (genera el conocimiento y comprensión de los peligros existentes), y en conjunto con los técnicos de la empresa proponer mejoras que ayuden a la fábrica a mitigar los riesgos. También será importante capacitar a los trabajadores en estos temas.

Tabla 4
Ciclo de la Investigación – Acción



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

La investigación – acción propone:

- Mejorar las condiciones actuales de la empresa, y mejorar la comprensión por parte de todos los trabajadores en el manejo de las situaciones de riesgo.
- Continuamente mejorar la investigación, las acciones de corrección y la formación.
- Vincular el cambio y el conocimiento a la realidad de la empresa.
- Estimular que todos los integrantes de la empresa se conviertan en investigadores.

Para conseguir lo propuesto el método se basa en los siguientes pasos:

1.1. Realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa

Observar aquellos factores y medios que se tiene y que aportarán al combate contra incendio.

Para saber la efectividad de estos medios se realizarán cálculos del índice contra incendio en las áreas de mayor afectación. El índice a calcular será el de **GRETENER**.

Para tener mejores conocimientos se debe inmiscuir en este trabajo a todo el personal, que pueden hacer grandes aportes a este estudio.

1.2. Buscar soluciones

En el caso de obtener índices negativos en el nivel de riesgo se buscará soluciones acordes a lo dispuesto en las diferentes normativas técnicas existentes. Se procederá a buscar aquellos sistemas que permitan estar mejor protegidos ante las emergencias.

1.3. Selección de equipos

Para realizar los diferentes cálculos y evaluaciones de los mejores sistemas a implementar se deberá seleccionar aquellos equipos y sistemas que brinden mejores respuestas en el momento de la intervención, en caso de ser necesario se rediseñará la red contra incendio, se evaluará la selección de los mejores extintores portátiles acorde al nivel de riesgo, etc.

A la par de estas medidas será importante capacitar al personal para que mejoren sus respuestas ante las emergencias.

1.4. Evaluación

Después de realizar esta investigación se revisará nuevamente los índices de GRETENER, para garantizar que el estudio es viable y que aportará a disminuir los riesgos existentes.

1.5. Generación de nuevos conocimientos

Al momento de presentar este estudio, en la empresa se generará nuevos conocimientos, estos deberán ser transmitidos a todo el personal para crear una mejora continua con el aporte de todos los que conforman la empresa.

En todas las empresas debido a sus procesos y materias primas se presenta un riesgo para sus trabajadores, la comunidad y el Medio Ambiente. Algunas tienen un mayor riesgo como es el caso de una destilería, basta considerar que el punto de inflamación del etanol es de 13°C, y el límite de inflamabilidad es de 3,3 a 19,0 %, considerando estos valores se puede prever que existen condiciones desfavorables que podrían ocasionar un incendio. Por eso surge la necesidad de diseñar un plan de emergencia, contingencia y por sobre todo tener medidas de prevención para cada labor desempeñada, que eliminen o reduzcan el riesgo. Se deberá tener presente la existencia de maquinarias especiales como: calderos, turbo – generadores, tanques presurizados, etc.

Para una respuesta más adecuada, e impedir que los conatos de incendio se conviertan en flagelos, es necesario realizar un estudio de los sistemas de extinción manual (Quintela,

2010, pág. Capítulo II), es importante mantener sistemas de detección de incendio, humos, y el sistema de alarma que permita un aviso oportuno (Suay, 2010, pág. Capítulo III)

Hasta la fecha no existe estadísticas de incendios en el País, a pesar de que han existido innumerables accidentes en las empresas, basta leer las noticias para saber que este enemigo ataca a las empresas y causan daños a la población presente en esas emergencias.

2. ESTADO DEL ARTE

Para el presente estudio se ha tomado como referencia tesis, libros, normas técnicas, ensayos, y leyes.

La industria ha evolucionado rápidamente y con ello los peligros a los que están expuestas, debido al uso de nuevos productos químicos que representan mayores amenazas en la industria.

Es por eso que a partir del año 1896 la organización NFPA (National Fire Protection Association), ha desarrollado y actualiza constantemente normas cuyo objetivo es proteger a las personas, instalaciones y el medio ambiente.

A pesar de la existencia de esta información (heurística) y debido a los innumerables avances en las industrias se debe tener presente que cada institución, industria, construcción en general presenta diferentes riesgos. Es responsabilidad de los encargados de la seguridad física y de la construcción poner estos conocimientos a favor de cada establecimiento (hermenéutica).

Este estudio ha generado: el desarrollo, análisis e interpretación de nuevos conocimientos que ayudarán al personal de la destilería a enfrentar de una manera más efectiva los peligros a los que están expuestos.

A manera informativa se ha leído tesis de grado, pero la mayoría de estos trabajos se han basado en detallar o resumir las técnicas existentes y las normas vigentes, sin haber propuesto soluciones estructurales a sus problemas. En este trabajo se han realizado cálculos que permitieron generar nuevos conocimientos de los factores de riesgo, y se han hecho los estudios necesarios para minimizar estos peligros acorde a las necesidades actuales, a pesar de estos avances aún quedan temas pendientes por resolver que pueden ser temas de investigación para otros autores, solo por mencionar uno de ellos no se han realizado el cálculo de las estructuras necesarias para estar prevenido en caso de existir una explosión tipo BLEVE, lo que se analizó es el impacto que estas pueden generar.

La determinación del riesgo de incendio se lo realizó mediante el método de GREENER, por ser considerado como el método más completo y haberse convertido en el referente para las otras técnicas existentes.

Es aplicable para todo tipo de edificaciones, y para las grandes, medianas y pequeñas industrias.

Para el cálculo de este índice interviene varios factores: factores de riesgos intrínsecos, el nivel de la carga de incendio, factor de la combustibilidad, peligro de humos, peligros originados por sustancias corrosivas y tóxicas, medidas de protección existentes, etc..

A continuación se describirá brevemente otros métodos existentes:

Método de cálculo del factor K y factores alfa.

Este método determina el nivel de riesgo de incendio por sectores, y la resistencia que ofrece la construcción, no considera los elementos de protección existentes.

Método de E. Smith y G. A. Herpol

Es aplicable para un número bajo de productos, y poseen escasas tablas de datos para los materiales existentes.

Método del riesgo Intrínseco

A pesar de que este método es aplicable a nivel industrial y comercial no tiene en consideración los factores de riesgos que se pueden originar por la existencia de materiales combustibles.

MESERI

Este método es aplicable a nivel de empresas e industrias consideradas de riesgo y tamaño medio.

GUSTAV PURT

Se basa en el método de GRETENER, pero su uso es a nivel de industrias y empresas de tamaño medio, no se aplica para industrias petroquímicas.

MÉTODOS E.R.I.C., y FRAME

Estos métodos se basan en GRETENER, se utilizan para el cálculo del nivel de riesgo de todo tipo de empresas e industrias.

3. DETERMINACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO, MÉTODO DE GRETENER

La probabilidad para que un fuego origine un incendio requiere de algunos factores de peligro existentes en las instalaciones como son: el tipo de materiales, la cantidad existente, y la capacidad de calor que pueden generar. Dentro de las instalaciones existen medidas de protección que evitan o minimizan el riesgo de incendio.

La relación entre los factores de peligro y los medios de protección constituye el nivel de riesgo de exposición al fuego determinado por Gretener.

El objetivo del análisis de riesgo por incendio mediante el método de Gretener es evaluar cuantitativamente la situación actual de la empresa, y en el caso de tener un valor bajo del factor γ , proponer medidas tendientes a mejorar las condiciones de la empresa.

Exposición al riesgo de incendio:

$$B = \frac{P}{M}$$

P = Producto de todos los factores que pueden ocasionar un riesgo de incendio.

M = Producto de todas las medidas de protección existente en la empresa, estas medidas se dividen en medidas normales, medidas especiales, y medidas propias de la construcción.

B = Exposición al riesgo de incendio.

Teniendo en consideración los criterios anteriores la fórmula de Gretener se puede describir:

$$B = \frac{q * c * r * k * i * e * g}{N * S * F}$$

$$B = \frac{P}{N * S * F}$$

q = carga térmica del mobiliario Q_m , es la cantidad total de calor que desprenderá si existiese una combustión completa dividido para la superficie total ocupado por el material combustible, se expresa en MJ/m² según este método.

c = Factor de combustibilidad F_c , son los valores de inflamabilidad y la velocidad de combustión de los materiales existentes.

r = Factor de peligro de humo F_h .

k = Factor de peligro debido a la corrosión y toxicidad Co/T_x .

i = Factor de la carga térmica mobiliaria Q_i , se refiere a la carga térmica existente contenida en las diferentes estructuras que forman la construcción, y la manera como pueden influir en la propagación del incendio.

e = Factor de riesgo debido al nivel del piso E, H. en el caso de existir varios pisos este factor permite cuantificar las dificultades que pudiesen tener las personas en el momento de evacuar la fábrica, al igual que las dificultades que tendrían los organismos de socorro en el caso de su intervención.

g = Factor de dimensión ocasionado por la superficie del compartimiento corta fuego. AB, l:b

P = Potencial de peligro.

N = Factor proporcionado por las medidas de protección normal existentes y las adoptadas posteriormente por la empresa.

S = Factor que brinda todas las medidas especiales de protección presentes en la empresa.

F = Medidas constructivas de protección.

El riesgo de incendio efectivo R se calcula por la siguiente expresión:

$$R = B * A = \frac{P}{N * S * F} * A$$

A = Peligro de activación.

El riesgo de incendio se calculará para aquella área que representa el mayor tamaño, o la más peligrosa.

Para el caso de las medidas de protección normales adoptadas por la fábrica N, su valor se calcula con la siguiente ecuación:

$$N = n1 * n2 * n3 * n4 * n5$$

n1 = La existencia de extintores del tipo portátil.

n2 = Sistema de los hidrantes que existen en el interior de la empresa y constituyen básicamente las BIE's (Bocas de incendio equipadas).

n3 = la disponibilidad física de la cantidad de agua que servirá para la extinción del incendio.

n4 = la longitud existente que deben recorrer las personas para llegar hasta los diferentes puntos de la red contra incendio.

n5 = El grado de instrucción de los brigadistas.

En el caso de las medidas especiales S, la ecuación es:

$$S = s1 * s2 * s3 * s4 * s5 * s6$$

Estos factores representan aquellas medidas de protección que la empresa ha instalado para la detección y la lucha contra incendio:

s1 = Medidas de detección al fuego.

s2 = Instalación de la alarma sonora.

s3 = La existencia de organismos de socorro cercanas (se debe tener en cuenta los organismos de socorro externo y los internos de la empresa).

s4 = el tiempo necesario en que los organismos externos necesitan para la intervención en el caso de existir un incendio.

s5 = aquellas instalaciones para la extinción de incendios, por ejemplo sistemas de rociadores.

s6 = Aquellas instalaciones que facilitarían la evacuación de calor y humo.

Medidas de protección propias de la construcción F:

$$F = f1 * f2 * f3 * f4$$

f1 = Resistencia al fuego de la estructura del edificio.

f2 = Resistencia al fuego de las fachadas.

f3 = Resistencia al fuego proporcionada por las separaciones existente entre las plantas y las separaciones verticales.

f4 = Dimensiones de las células cortafuegos, incluye aquellos dispositivos utilizados para la evacuación del calor y humo.

Peligro de activación A:

Se debe tener en cuenta todas aquellas fuentes que puede iniciar un fuego, y que pueden clasificarse de acuerdo a su naturaleza:

- Térmica.
- Eléctrica.
- Mecánica.
- Química.

También considera las posibles fuentes de ignición que pueden originarse por los siguientes factores humanos:

- Falta de orden y limpieza.
- Mantenimientos defectuosos.
- Falta de disciplina en los procedimientos de soldadura, oxicorte y demás trabajos en caliente.
- Irrespeto a las señales de prohibido fumar o hacer fuegos.

3.1. Determinación del nivel de riesgo.

Para cada área existente en la empresa se evaluará el nivel de riesgo.

El método recomienda que los niveles de riesgo se ajustaran al valor de riesgo aceptado para las personas.

$$Ru = Rn * P_{HE}$$

$Rn = 1,3$ = Nivel de riesgo normal.

P_{HE} = Factor de corrección normal, se aplica de acuerdo:

$P_{HE} < 1$ Se utilizará cuando exista un riesgo elevado para las personas

$P_{HE} = 1$ Se utilizará cuando exista un riesgo normal para las personas

$P_{HE} > 1$ Se utilizará cuando exista un riesgo bajo para las personas

3.2. Determinación de la seguridad contra incendio.

La determinación del nivel de seguridad contra incendio se realiza mediante la fórmula:

$$\gamma = \frac{Ru}{R}$$

Ru = Riesgo de incendio aceptado.

R = Nivel de riesgo efectivo.

Si $R < Ru$, se considera el factor de seguridad contra incendio suficiente, y el valor de γ es mayor a 1

Si $R = Ru$, se considera el nivel de riesgo aceptado, siendo $\gamma = 1$

Si $R > Ru$ el área analizada obtiene un nivel de riesgo insuficiente ($\gamma < 1$), por lo que será necesario realizar los estudios pertinentes que permitirán mejorar los niveles de protección.

3.3. Características y tipos de construcciones.

- a) **Tipo Z:** son aquellas construcciones en donde el tamaño de las células cortafuegos dificultan o impiden la propagación del fuego en las direcciones horizontal o vertical.
- b) **Tipo G:** son las construcciones que poseen grandes superficies en donde el tamaño de las células cortafuegos únicamente permiten y facilita la propagación del fuego horizontal.
- c) **Tipo V:** son las construcciones que poseen grandes volúmenes en tamaño facilitando y acelerando la propagación del fuego en las direcciones horizontal y vertical.

Tabla 5

Determinación y clasificación del tipo de construcción

DETERMINACIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE CONSTRUCCIÓN			
CLASE DE COMPARTIMENTACIÓN EXISTENTE	CLASIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCION		
	TIPO A Maciza (Posee una definida resistencia al fuego)	TIPO B Mixta (Posee una resistencia al fuego variable)	TIPO C Combustible Presenta una escasa resistencia al fuego)
Instalaciones de 30 a 200 m ² , con separaciones entre compartimentos o células y las instalaciones de las plantas presentan grandes resistentes al fuego	Z	Z	V
Instalaciones de 30 a 200 m ² , con separaciones entre plantas o áreas de la misma resistencia al fuego, las separaciones entre las células presentan insuficiente resistencia al fuego	Z	G	V
Instalaciones de 30 a 200 m ² con separaciones entre células y plantas que presentan insuficiente resistencia al fuego	Z	V	V
Plantas que poseen grandes superficies, y que se hallan separadas entre ellas a > 200 m ² con separaciones entre plantas o áreas de la misma resistentes al fuego, las separaciones entre las células presentan insuficiente resistencia al fuego	G	G	V
Plantas que poseen grandes superficies, y que se hallan separadas entre ellas a > 200 m ² con separaciones entre células y plantas que presentan insuficiente resistencia al fuego	G	V	V
Conjuntos de edificios que poseen grandes volúmenes, conjunto de plantas unidas entre sí.	V	V	V

3.4. Valores del factor q, según la carga de incendio Q_m.

Los valores de carga de incendio mobiliario se calculan de acuerdo al poder calorífico que aportan todas las materias combustibles que se encuentran en un área determinada, es expresada en MJ/m².

Cuando existan varias plantas se determinará la carga térmica por cada una de ellas.

Tabla 6

Determinación del factor q según la carga de incendio mobiliaria Q_m

Valores para el factor q, según la carga de incendio mobiliaria Q_m								
Q_m (MJ/m²)		q	Q_m (MJ/m²)		q	Q_m (MJ/m²)		q
Hasta	50	0.6	401	600	1.3	5,001	7,000	2.0
51	75	0.7	601	800	1.4	7,001	10,000	2.1
76	100	0.8	801	1,200	1.5	10,001	14,000	2.2
101	150	0.9	1,201	1,700	1.6	14,001	20,000	2.3
151	200	1.0	1,701	2,500	1.7	20,001	28,000	2.4
201	300	1.1	2,501	3,500	1.8	28,001	en adelante	2.5
301	400	1.2	3,501	5,000	1.9			

3.5. Valores de combustibilidad. Factor c.

De acuerdo al catálogo CEA (Clasificación de materias y mercancías), la peligrosidad de las materias se clasifican en 6 grupos que dependen de la combustibilidad.

Para tomar el valor de c, se considera la materia que tenga el mayor valor de c, pero que represente mínimo el 10% del total de materiales existentes.

Tabla 7
Valores para el factor c

Valores para el factor c, según el Catálogo CEA				
Grado de combustibilidad según CEA	SÓLIDOS	LÍQUIDOS	GASES	c
1	Se inflaman muy fácilmente y se consumen	Punto inflamación < 21°C	Combustibles	1.6
2	Se inflaman y se consumen rápidamente	Punto de inflamación de 21°C a 55°C		1.4
3	Son fácilmente combustibles	Punto de inflamación de 55°C a 100°C		1.2
4	Medianamente combustibles	Punto de inflamación > 100°C		1.0
5	Difícilmente combustibles	Difícilmente combustibles	Difícilmente combustibles	1.0
6	incombustibles	Incombustibles	Incombustibles	1.0

Fuente: Catálogo CEA

3.6. Valores para el peligro de humo, factor r

Se debe tener en cuenta el material que tenga el mayor valor de r, y que represente por lo menos el 10% del conjunto existente de la carga térmica Qm. En caso de existir un material que posea un gran factor de peligro de humo, pero que no posea más del 10% del contenido el valor se considera como r = 1,1.

Tabla 8
Peligro de humo, factor r

Clasificación de materias y mercancías	Grado	Peligro de humo	r
Fu	3	Normal	1.0
	2	Medio	1.1
	1	Grande	1.2

3.7. Peligro por la corrosión o la toxicidad, factor k

Tabla 9
Peligro por la corrosión o toxicidad, factor k

Clasificación de materias y mercancías	Peligro de corrosión o toxicidad	k
Co	Normal	1.0
	Medio	1.1
	Grande	1.2

3.8. Peligro por la carga de incendio inmobiliaria, factor i.

Este factor depende de:

- La combustibilidad de los materiales que forman la construcción.

- La combustibilidad de los elementos que forman la fachada.

Tabla 10
Carga de incendio inmobiliaria, factor i

CARGA DE INCENDIO INMOBILIARIA, FACTOR i				
ESTRUCTURA PORTANTE	ELEMENTOS DE FACHADAS/TEJADOS			
	Hormigón	Ladrillos	Componentes de fachadas multicapas con capas exteriores incombustibles	Maderas Materias sintéticas
	Incombustible	Combustible protegida	Combustible	Combustible
Hormigón, ladrillo, acero, otros metales	Incombustible	1	1.05	1.1
Construcción en madera revestida	Combustible	1.1	1.15	1.2
Construcción en madera contrachapada	Protegida	1.1	1.15	1.2
Construcción en madera maciza	Combustible	1.1	1.15	1.2
Construcción en madera ligera	Combustible	1.2	1.25	1.3

3.9. Nivel de la planta o altura útil, factor e

Tabla 11
Factor e para edificios de un solo nivel

Edificios de un solo nivel, factor e			
Altura útil del nivel del piso	Factor e		
	Qm pequeño	Qm mediano	Qm grande
	≤ 200 MJ/m²	≤ 1000 MJ/m²	> 1000 MJ/m²
Más de 10 m	1.00	1.25	1.50
Hasta 10 m	1.00	1.15	1.30
Hasta 7 m	1.00	1.00	1.00

Tabla 12
Factor e para Sótanos

SÓTANOS	
Nivel del sótano	Factor e
Primer sótano - 3 metros	1.00
Segundo sótano - 6 metros	1.90
Tercer sótano - 9 metros	2.60
Cuarto sótano y restantes - 12 metros	3.00

Tabla 13
Factor e para edificios de varias plantas

Edificios de varias plantas		
Planta	Altura de la planta	Factor e
Planta baja		1.00
Planta 1	≤ 4m	1.00
Planta 2	≤ 7m	1.30
Planta 3	≤ 10m	1.50
Planta 4	≤ 13m	1.65
Planta 5	≤ 16m	1.75
Planta 6	≤ 19m	1.80
Planta 7	≤ 22m	1.85
Plantas 8, 9 y 10	≤ 25m	1.90
Planta 11 y superiores	≤ 34m	2.00

3.10. Superficies de los compartimientos cortafuego, factor g

El factor g se obtiene en función de la superficie del compartimiento cortafuego $AB = l : b$, en relación a longitud/ancho

Tabla 14
Factor g, tamaño del compartimiento cortafuego

TAMAÑO DEL COMPARTIMIENTO CORTAFUEGO								Factor Dimensional g
l:b Relación longitud/anchura del compartimiento cortafuego								
8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	g
800	770	730	680	630	580	500	400		0.4
1,200	1,150	1,090	1,030	950	870	760	600	0.5
1,600	1,530	1,450	1,370	1,270	1,150	1,010	800	0.6
2,000	1,900	1,800	1,700	1,600	1,450	1,250	1,000	0.8
2,400	2,300	2,200	2,050	1,900	1,750	1,500	1,200	1.0
4,000	3,800	3,600	3,400	3,200	2,900	2,500	2,000	1.2
6,000	5,700	5,500	5,100	4,800	4,300	3,800	3,000	1.4
8,000	7,700	7,300	6,800	6,300	5,800	5,000	4,000	1.6
10,000	9,600	9,100	8,500	7,900	7,200	6,300	5,000	1.8
12,000	11,500	10,900	10,300	9,500	8,700	7,600	6,000	2.0
14,000	13,400	12,700	12,000	11,100	10,100	8,800	7,000	2.2
16,000	15,300	14,500	13,700	12,700	11,500	10,100	8,000	2.4
18,000	17,200	16,400	15,400	14,300	13,000	11,300	9,000	2.6
20,000	19,100	18,200	17,100	15,900	14,400	12,600	10,000	2.8
22,000	21,000	20,000	18,800	17,500	15,900	13,900	11,000	3.0
24,000	23,000	21,800	20,500	19,000	17,300	15,100	12,000	3.2
26,000	24,900	23,600	22,200	20,600	18,700	16,400	13,000	3.4
28,000	26,800	25,400	23,900	22,200	20,200	17,600	14,000	3.6
32,000	30,600	29,100	27,400	25,400	23,100	20,200	16,000	3.8
36,000	34,400	32,700	30,800	28,600	26,000	22,700	18,000	4.0
40,000	38,300	36,300	35,300	31,700	28,800	25,200	20,000	4.2
44,000	42,100	40,000	37,600	34,900	31,700	27,700	22,000	4.4
52,000	49,800	47,200	44,500	41,300	37,500	32,800	26,000	4.6
60,000	57,400	54,500	51,300	47,600	43,300	37,800	30,000	4.8
68,000	65,000	61,800	58,100	54,000	49,000	42,800	34,000	5.0

3.11. Medidas de protección normal, factor N

Tabla 15
Factores n para el cálculo de las medidas normales

MEDIDAS NORMALES (Factor N)				
n1	Extintores portátiles según RT2-EXT			
	Suficientes		1.00	
	Insuficientes o inexistentes		0.90	
n2	Hidrantes interiores (BIE) según RT2-BIE			
	Suficientes		1.00	
	Insuficientes o inexistentes		0.80	
n3	Fiabilidad de la aportación de agua (n3)			
	Condiciones mínimas de caudal*	Reserva de agua**		
	Para riesgo alto >3600 lpm	Mínimo 480 m³		
	Riesgo medio: > 1800 lpm y < 3600 lpm	Mínimo 240 m³		
	Riesgo bajo: > 900 lpm, y < 1800 lpm	Mínimo 120 m³		
		Presión - Hidrante		
		< a 2 bar	> a 2 bar	> a 4 bar
	Depósito elevado con reserva de agua para extinción o bombeo de aguas subterráneas, independiente red eléctrica, con depósito	0.70	0.85	1.00
	Depósito elevado sin reserva de agua para extinción, con bombeo de aguas subterráneas independiente de la red eléctrica	0.65	0.75	0.90
	Bomba de capa subterránea independiente de la red eléctrica, sin reserva	0.60	0.70	0.85
Bomba de capa subterránea dependiente de la red eléctrica, sin reserva	0.50	0.60	0.70	
Aguas naturales con sistema de impulsión	0.50	0.55	0.60	
n4	Longitud de la manguera de aportación de agua (distancia entre el hidrante y el área analizada)			
	Longitud del conducto < 70 m		1.00	
	Longitud del conducto de 70 a 100 m		0.95	
	Longitud del conducto > 100 m		0.90	
n5	Personal instruido			
	Disponible y formado		1.00	
	Inexistente		0.80	

* Cuando el caudal sea menor, el factor n3 se debe reducir en 0,05 por cada 300 lpm

** Cuando la reserva sea menor, el factor n3 se debe reducir en 0,05 por cada 36 m3

3.12. Medidas de protección especial, factor S

Tabla 16
Factores S para el cálculo de las medidas especiales

MEDIDAS ESPECIALES							Factor S	
Clase	Detección del Fuego (s1)							
s1	11	Vigilancia: Al menos 2 rondas durante la noche y los días					1.05	
		festivos rondas cada dos horas					1.10	
	12	Instalación sistemas de detección	Automática (según RT3-DET)				1.45	
	13	Instalación de rociadores	Automáticos (según RT1-DET)				1.20	
Transmisión de la alarma al puesto de alarma contra el fuego								
s2	21	Desde un puesto ocupado permanentemente (ej. Portería) y teléfono					1.05	
	22	Desde un puesto ocupado permanentemente (de noche al menos 2 personas) y teléfono					1.10	
	23	Transmisión de la alarma automática por central de detección o por rociadores a puesto de alarma contra el fuego mediante un teletransmisor					1.10	
	24	Transmisión de la alarma automática por central de detección o sprinkler a puesto de alarma contra el fuego mediante línea telefónica vigilada permanentemente (línea reservada o TUS)					1.20	
Intervención: Cuerpo de bomberos oficiales (SP) y de empresa (SPE)								
Oficiales SP				SPE				
				Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	sin SPE
s3	31	Cuerpos SP		1.20	1.30	1.40	1.50	1.00
	32	SP+alarma simultánea		1.30	1.40	1.50	1.60	1.15
	33	SP+alarma simultánea+TP		1.40	1.50	1.60	1.70	1.30
	34	Centro B*		1.45	1.55	1.65	1.75	1.35
	35	Centro A*		1.50	1.60	1.70	1.80	1.40
	36	Centro A+retén		1.55	1.65	1.75	1.85	1.45
	37	SP Profesional		1.70	1.75	1.80	1.90	1.60
Escalones de intervención de los cuerpos locales de bomberos								
		Escalón	Instalación sprinkler		SPE			
		Escalón: tiempo : distancia	cl.1	cl.2	Nivel 1+2	Nivel 3	Nivel 4	sin SPE
s4	41	E1: <15 min. y < 5 Km.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	42	E2: <30 min. y > 5 Km.	1.00	0.95	0.90	0.95	1.00	0.80
	43	E3: >30 min.	0.95	0.90	0.75	0.90	0.95	0.60
Instalaciones de extinción								
s5	51	Sprinkler cl. 1 (abastecimiento doble)						2.00
	52	Sprinkler cl. 2 (abastecimiento sencillo o superior) o instalación de agua pulverizada						1.70
	53	Protección automática de extinción por gas (protección de local), etc.						1.35
Instalaciones de evacuación de humos								
s6	60	Instalación de evacuación de humos (ECF) (automática o manual)						1.20
* O un cuerpo local de bomberos equipado y formado de la misma manera								

3.13. Resistencia al fuego de las medidas inherentes de la construcción, factor F

Tabla 17

Medidas inherentes a la construcción, factor F

F		MEDIDAS INHERENTES A LA CONSTRUCCIÓN					
Estructura portante (elementos portantes: paredes, dinteles, pilares)							
f1	11	F90 y más			1.30		
	12	F30 / F60			1.20		
	13	< F30			1.00		
Fachadas: Altura de las ventanas ≤ 2/3 de la altura de la planta							
f2	21	F90 y más			1.15		
	22	F30 / F60			1.10		
	23	< F30			1.00		
Suelos y techos (no validos para las cubiertas)							
f3		Separación horizontal entre niveles	Número de pisos	Aberturas verticales			
				Z + G	V	V	
					Ninguna u obturadas	Protegidas (*)	no protegidas
	31	F90	≤ 2	1.20	1.10	1.00	
	31	F90	> 2	1.30	1.15	1.00	
	32	F30 / F60	≤ 2	1.15	1.05	1.00	
	32	F30 / F60	> 2	1.20	1.10	1.00	
	33	< F30	≤ 2	1.50	1.00	1.00	
	33	< F30	> 2	1.10	1.05	1.00	
	* Aberturas protegidas en su contorno por una instalación de sprinkler reforzada o por una instalación de diluvio						
Superficie de células							
f4		Cortafuegos provistas de tabiques F30 puertas corta fuegos T30. Relación de las superficies AF/AZ	≥ 10 %	< 10 %	< 5 %		
	41	AZ < 50 m ²	1.40	1.30	1.20		
	42	AZ < 100 m ²	1.30	1.20	1.10		
	43	AZ ≤ 200 m ²	1.20	1.10	1.00		

3.14. Peligro de activación, factor A

Tabla 18

Peligro de activación, factor A

Factor A	Peligro de activación	Ejemplos
0.85	Débil	Guarderías
1.00	Normal	Apartamentos, restaurant, hoteles
1.20	Medio	Fábricas de maquinarias, y aparatos
1.45	Alto	Laboratorios químicos, talleres de pintura.
1.80	Muy elevado	Fabricación de fuegos artificiales, fabricación de barnices y pinturas.

3.15. Exposición al riesgo de las personas (P_{HE})

Tabla 19
Exposición al riesgo de las personas (PHE)

EXPOSICION AL RIESGO DE LAS PERSONAS Ph,e												
Categoría 1				Categoría 2				Categoría 3				Valor de Ph,e
Situación del compartimiento corta fuego considerado				Situación del compartimiento corta fuego considerado				Situación del compartimiento corta fuego				
Planta baja + 1er piso	Pisos 2-4	Pisos 5-7	Pisos 8 y sup.	Planta baja + 1er piso	Pisos 2-4	Pisos 5-7	Pisos 8 y sup.	Planta baja + 1er piso	Pisos 2-4	Pisos 5-7	Pisos 8 y sup.	
> 1000	≤ 30	----	----	> 1000	----	----	----	> 1000	----	----	----	1.00
----	≤ 100	----	----	----	≤ 30	----	----	----	----	----	----	0.95
----	≤ 300	----	----	----	≤ 100	----	----	----	----	----	----	0.90
----	≤ 1000	≤ 30	----	----	≤ 300	----	----	----	≤ 30	----	----	0.85
----	> 1000	≤ 100	----	----	≤ 1000	≤ 30	----	----	≤ 100	----	----	0.80
----	----	≤ 300	----	----	>1000	≤ 100	----	----	≤ 300	----	----	0.75
----	----	≤ 1000	≤ 30	----	----	≤ 300	----	----	≤ 1000	≤ 30	----	0.70
----	----	> 1000	≤ 100	----	----	≤ 1000	≤ 30	----	> 1000	≤ 100	----	0.65
----	----	----	≤ 300	----	----	>1000	≤ 100	----	----	≤ 300	----	0.60
----	----	----	≤ 1000	----	----	≤ 1000	----	----	≤ 1000	≤ 30	----	0.55
----	----	----	> 1000	----	----	----	≤ 1000	----	----	>1000	≤ 100	0.50
----	----	----	----	----	----	----	> 1000	----	----	----	≤ 300	0.45
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	≤ 1000	0.45
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	>1000	0.40

4. TEORÍA DEL FUEGO

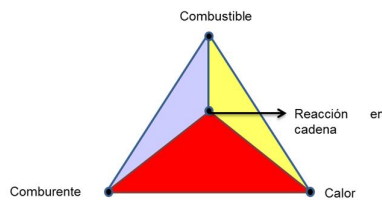
4.1. Definición

El fuego es una reacción química denominada combustión y se caracteriza por la oxidación del combustible por medio de un comburente que es acompañada por la emisión de luz, llama y desprendimiento de calor. (Suay, 2010, pág. 15)

4.2. Tetraedro del fuego.

Antiguamente al fuego se lo representó mediante un triángulo, en la actualidad se integró un elemento más y se lo representa mediante un tetraedro.

Ilustración 7.
Tetraedro del fuego



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Los factores que intervienen en el fuego son:

- a) **Combustible (agente reductor):** Que se puede presentar en los tres estados de la materia: sólidos, líquidos, y gases.
- b) **Comburente (agente oxidante):** El oxígeno presente en el aire en una composición del 21 % es el más común de los comburentes. La combustión también






se puede originar en situaciones especiales ante la presencia de atmósferas de cloro (Suay, 2010, pág. 25). “El polvo de magnesio puede arder en una atmósfera de CO₂ (gas inerte usado en la extinción), ciertos metales como el calcio y el aluminio pueden quemar en una atmósfera de nitrógeno...” (Creus & Magnosio, 2011, pág. 58)

- c) **Calor (energía de activación):** Esta energía puede ser provocada por una fuente de ignición como: sobrecargas o cortocircuitos eléctricos, chispas provocadas por el rozamiento de partes metálicas, calor generado en los procesos de soldadura, temperaturas elevadas en las calderas, generadores eléctricos, reacciones químicas, etc.
- d) **Reacción en cadena:** Para que un fuego se propague necesita la presencia de un cuarto factor que caliente el combustible y el comburente, generando la presencia de radicales libres llamados oxidrilos (OH-) que van desde el combustible al comburente.

4.3. Clasificación del fuego.

De acuerdo a la norma (NTE INEN 92:2013, 2013), los fuegos por tipo de combustible se clasifican en:

Tabla 20
Clasificación de los fuegos

SIMBOLO	CLASE DE FUEGO	MATERIALES
	Clase A	Son fuegos originados por materiales comunes como papel, cartón, madera, telas. Para su extinción se aplica la técnica de enfriamiento. Los agentes extintores de esta clase son: agua, espuma AFFF, PQS –ABC.
	Clase B	Son fuegos originados por líquidos inflamables, o sólidos licuables. Se caracterizan porque arden en superficie. Los agentes extintores son: PQS, CO ₂ . NUNCA UTILICE AGUA (riesgo de quemaduras)
	Clase C	Fuegos originados por equipos eléctricos energizados. Como agente extintor utilice: CO ₂ , PQS. Jamás use agua o espumas.
	Clase D	Se originan por combustión de metales livianos como magnesio, sodio, potasio, litio, titanio, calcio, zinc. En contacto con el agua generan reacciones violentas (explosiones). Para su extinción utilizar agentes especiales.
	Clase K	Son fuegos originados por aceites y grasas animales o vegetales utilizados en la elaboración de alimentos. Como agente extintor se puede usar los extintores con base acuosa de acetato de potasio.

Fuente: NTE INEN 92:2013

4.4. Productos de la combustión.

En un proceso de combustión se genera los siguientes elementos:

4.4.1. Llama.

Es el fenómeno luminoso y la parte visible de la combustión.

4.4.2. Calor.

El fuego es una reacción exotérmica con desprendimiento de calor.

La cantidad de calor que se produce en la combustión depende del poder calorífico propio de cada sustancia y se expresa en mega calorías/Kg de combustible.

El calor se transmite por tres métodos:

- Conducción,
- Convección, y
- Radiación.

4.4.3. Humos:

Es la parte visible del fuego, y está compuesto de partículas sólidas y líquidas que se encuentran suspendidas en el aire. El mayor peligro de los humos es que impide la visibilidad, desplaza el oxígeno, o reacciona convirtiéndole en tóxico, y por su elevada temperatura dificulta la respiración provocando asfixia y posibles quemaduras.

4.4.4. GASES:

Son las emanaciones producidas en la combustión y se dividen en:

- a) Tóxicos: son aquellas sustancias causantes de intoxicaciones y dependiendo del grado de exposición provocan la muerte. El gas tóxico más importante es el monóxido de carbono (CO), cuyo límite máximo permitido según la NIOSH es de 200 ppm (Organización Mundial De La Salud, 2008, pág. 246).

Incendios producidos por materiales clorados (PVC), instalaciones eléctricas, equipos de fríos, producen cloruro de vinilos que son altamente tóxicos. Estos gases generan en los pulmones la formación de cloruro de hidrógeno, ácido clorhídrico y monóxido de carbono, son perceptibles en concentraciones de 6 ppm en la atmósfera.

En incendios de materiales de nitrato de celulosa, nitratos de amoníaco, etc., existe la generación de óxidos de nitrógeno NO_x ($NO_x = NO$ óxido nítrico + NO_2 dióxido de nitrógeno) que son altamente tóxicos, el valor máximo permisible para el dióxido de carbono es de 1 ppm (Organización Mundial De La Salud, 2008, pág. 250)

- b) Asfixiantes: la propiedad principal de estos gases es desplazar el oxígeno, El principal gas asfixiante es el dióxido de carbono, la densidad del CO_2 es de 1,842 Kg/m^3 .

- c) Irritantes: la propiedad de estos gases es atacar rápidamente las vías respiratorias. Ejemplos: gases emanados de la combustión de los ácidos, bases, disolventes, alcoholes, etc.

En un incendio se debe tener en consideración la cantidad de oxígeno presente en la atmósfera. En condiciones normales el aire está compuesto de 78% de nitrógeno, 21 % de oxígeno, y 1 % de otros compuestos.

Cuando la concentración de oxígeno es del 17 % ya se provoca falla en la coordinación motriz de las personas afectadas.

A concentraciones del 14 al 10% puede provocar desvanecimientos y pérdidas de conciencia. Concentraciones por debajo de 10% pueden ocasionar la muerte. (Azcúenaga, 2009, pág. 40)

4.5. La combustión:

La combustión es la reacción de oxidación del combustible en fase de vapor en presencia de un comburente que necesita de una fuente de ignición, esta reacción es exotérmica.

Los combustibles sólidos primero sufren un proceso de descomposición molecular por acción del calor, hasta llegar a la fase gaseosa e iniciar la combustión. De acuerdo a la velocidad de la reacción se establece la siguiente clasificación:

4.5.1. Combustión lenta.

Esta se produce sin emisión de luz, pero desprende poco calor, no necesita grandes cantidades de aire para iniciar la reacción, se presenta en combustibles muy compactos (almacenamiento de cartón, papeles, etc.), o en lugares cerrados como los sótanos. Estas combustiones son muy peligrosas, ante la presencia de grandes cantidades de aire puede existir una súbita aceleración del incendio o llegar incluso a una explosión.

4.5.2. Combustión normal.

Son los originados en atmósferas que poseen grandes cantidades de aire y no necesitan del aporte de elementos extraños para la combustión, este tipo de fuego son los más comunes.

4.5.3. Combustión rápida.

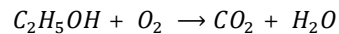
Se denominan también como explosiones. En este tipo de combustión existe un gran desprendimiento de luz y calor, dependiendo de la velocidad de reacción se puede generar una onda explosiva y se clasifican en:

- a) **DEFLAGRACIÓN:** En esta rápida combustión la velocidad de propagación de las llamas no supera la velocidad del sonido (340 m/s).
- b) **DETONACIÓN:** Se presentan en materiales inestables que reaccionan fácilmente con la presencia de un impulso mecánico o el aumento de la temperatura. La velocidad de reacción supera la velocidad del sonido.

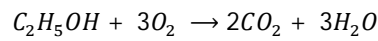
5. RELACIÓN ESTEQUIOMÉTRICA DEL ALCOHOL ETÍLICO C_2H_5OH .

Para la realización de este estudio se procede según lo expuesto en la norma (NTP 379, 1997)

Reacción química del etanol:



Reacción química ajustada:



Masas atómicas: Carbono (C) = 12, Hidrógeno (H) = 1, Oxígeno (O) = 16.

$$\text{Masa de 1 mol de } C_2H_5OH = 12 * 2 + 1 * 5 + 16 * 1 + 1 * 1 = 46 \text{ gr de alcohol etílico}$$

$$\text{Masa de 1 mol de } O_2 = 16 * 2 = 32 \text{ gr de Oxígeno}$$

$$\text{Masa de 1 mol de } CO_2 = 12 + 16 * 2 = 44 \text{ gr de dióxido de carbono}$$

$$\text{Masa de 1 mol } H_2O = 2 * 1 + 16 = 18 \text{ gr de agua}$$

Ley de la conservación de la masa:

$$1 \text{ mol de etanol} + 3 \text{ moles de Oxígeno} = 2 \text{ moles de dióxido de carbon} + 3 \text{ moles de agua}$$

$$1 * 46 + 3 * 32 = 2 * 44 + 3 * 18 \rightarrow 142 \text{ gr} = 142 \text{ gr}$$

6. Límite Inferior de Inflamabilidad del etanol de 96,4°GL.

Teniendo presente los siguientes datos para el alcohol etílico: límite inferior de inflamabilidad = 3,3 % de alcohol, 96,7 % de aire, temperatura de inflamación = 13°C, límite superior de inflamabilidad = 19 %, temperatura de ignición = 423°C, poder calorífico inferior = 11.530 Btu/lbm, y poder calorífico superior = 12.760 Btu/lbm, se procederá a calcular el L.I.I., para el alcohol producido en la empresa de 96,4°GL: (Cengel & Boles, 2011, págs. Tabla A-27E)

Aplicando la ley de Dalton de las presiones parciales, y teniendo en consideración que el alcohol es de 96,4°GL y el sistema se encuentra a una atmósfera de presión (101,325kPa), se calcula la presión del vapor parcial:

$$\text{Presión parcial de un gas } P = \text{Fracción molar} * \text{Presión total de la mezcla}$$

$$P \text{ vapor de alcohol al } 100\% = 3,3 * 101,325 \frac{kPa}{100}$$

$$P \text{ vapor de alcohol al } 100\% = 3,34 \text{ kPa}$$

La fracción molar del alcohol etílico en la disolución (96,4 partes de alcohol y 3,6 partes de agua).

$$\text{Fracción molar} = \frac{\text{moles de alcohol etílico}}{\text{moles de alcohol etílico} + \text{moles de agua}} = \frac{\frac{96.4}{46}}{\frac{96.4}{46} + \frac{3.6}{18}}$$

$$\text{Fracción molar} = 0,913$$

La presión parcial de vapor que aporta el alcohol etílico a la temperatura de inflamación si fuera una solución pura sería:

$$Pv = \text{Presión gas} * \text{fracción molar}$$

$$Pv = 3,34 * 0,913 = 3,049 \text{ kPa}$$

Considerando que a una concentración del 100% de alcohol etílico le corresponde una presión de 1 atm (101.325 kPa), se procede a obtener la concentración de vapor inflamable a 3,049 kPa, para el alcohol etílico de 96,4°Gl.

$$\text{Concentración de la mezcla inflamable} = 3,049 * \frac{100}{101,325}$$

$$\text{Concentración de la mezcla inflamable} = 3,01 \%$$

Como resultado se concluye: para que una mezcla sea inflamable en L.I.I., basta con tener 3,01% de alcohol en fase de vapor y 96,99 partes de aire. El sistema debe estar a una presión mayor que la Pv (alcohol puro en estado de vapor), y una temperatura mayor debido a la fracción molar, para el cálculo de estos factores se procede de la siguiente manera

$$Pv = \text{Presión vapor} * \text{fracción molar}$$

$$3,34 \text{ kPa} = Pv * 0,913$$

$$Pv = 3,66 \text{ kPa}$$

Para calcular la temperatura de inflamación en el límite inferior de inflamabilidad de esta mezcla (3,01%), y considerando que el volumen se mantiene constante, se utiliza la ley de Charles:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{PV_2}{T_2}$$

$$\frac{3,34 \text{ kPa}}{13^{\circ}\text{C}} = \frac{3,66 \text{ kPa}}{T_2}$$

$$T_2 = 14,25^{\circ}\text{C}$$

En consecuencia para que se produzca un incendio en un tanque de alcohol, basta que la mezcla: alcohol y aire que se encuentra sobre la superficie del líquido esté sometido a una presión de 3,66 kPa, y exista el aporte de una fuente de calor de 14,25 °C.

7. PROCESO DE COMBUSTIÓN REAL DEL ETANOL

En la reacción estequiométrica se ha considerado que el etanol combustiona con el oxígeno presente en el aire en condiciones ideales, en esta sección se hará un análisis de las combustiones ricas (las producidas en el límite superior de inflamabilidad L.S.I.) y las combustiones pobres (producidas en el límite inferior de inflamabilidad L.I.I.), del alcohol etílico en presencia del oxígeno y el nitrógeno.

La composición del aire es: 20,9 % de oxígeno, 78,1% de nitrógeno y 0,9 % de una mezcla de otros gases. Para este estudio se considera que la composición es: 21% de oxígeno y 79 % de nitrógeno. (Cengel & Boles, 2011, pág. 769)

$$0,21 \text{ moles de } O_2 + 0,79 \text{ moles de } N_2 = 1 \text{ mol de aire}$$

Peso molecular de 1 mol de aire

$$= \# \text{moles } O_2 * \text{masa molecular } O_2 + \# \text{moles } N_2 * \text{masa molecular } N_2$$

$$\text{Peso molecular aire} = 0,21 * 32 + 0,79 * 28 = 28,84 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}$$

En consecuencia por cada mol de O_2 que interviene en la reacción necesita de 3,76 moles de N_2 .

$$\text{Número de moles de } N_2 = \frac{1 \text{ mol de } O_2 * 0,79 \text{ moles de } N_2}{0,21 \text{ moles de } O_2} = 3,76 \text{ moles } N_2$$

$$1 \text{ Kmol de } O_2 + 3,76 \text{ Kmol de } N_2 = 4,76 \text{ Kmol de aire}$$

Durante la combustión el nitrógeno actúa en pequeñas cantidades formando óxidos nítricos ON_x . Se debe tener en consideración su presencia debido a que en la reacción absorbe calor, de igual manera el agua que se encuentra presente ya sea en forma de vapor en la humedad del aire o como producto de la reacción, descomponiéndose en H_2 , O_2 , H, O, y OH.

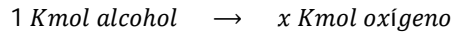
7.1. Reacción de combustión del etanol en mezclas pobres.

En esta mezcla el alcohol se encuentra presente en el L.I.I., y su valor es del 3,3%.

Para obtener esta reacción se tiene como referencia 1 Kmol de etanol C_2H_5OH (C_2H_6O forma simplificada).

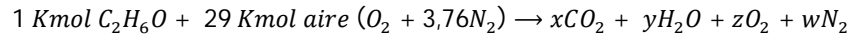
La cantidad de aire que se necesita para que exista la combustión se obtiene así:

$$3,3\% \text{ alcohol} \rightarrow 96,7\% \text{ oxígeno}$$



$$\text{Kmol oxígeno requerido} = 1 \text{ Kmol alcohol} * \frac{96,7\%}{3,3\%} = 29,3 \text{ Kmol} \cong 29 \text{ Kmol}$$

A continuación se planteará la ecuación de esta reacción, y se deberá considerar los productos de la combustión originados en el proceso:

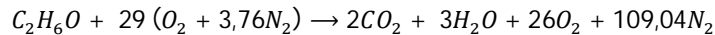


Siendo: $(O_2 + 3,76N_2)$ la composición del aire seco, y el valor de 29 representa el número de Kmol que interviene en la reacción.

Para tener el balance de la fórmula se procede a igualar el número de átomos presentes en los materiales que intervienen en la reacción con los que se originan en los productos de la misma: (Cengel & Boles, 2011, págs. 71, 72)

$$\begin{array}{llll} \text{C:} & 2=x & \rightarrow & x = 2 \\ \text{H:} & 6=2y & \rightarrow & Y=3 \\ \text{O:} & 1+29*2 = 2x+y+2z & \rightarrow & z = 26 \\ \text{N}_2: & 29*3,76 = w & \rightarrow & w = 109,04 \end{array}$$

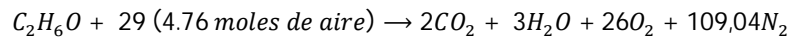
La reacción química será:



Para calcular la relación aire – combustible (AC) requerida en este proceso se procede de acuerdo a la fórmula expresada en: (Cengel & Boles, 2011, pág. 771)

$$AC = \frac{\text{masa aire}}{\text{masa combustible (alcohol)}} = \frac{(NM)_{\text{aire}}}{(NM)_{\text{carbono}} + (NM)_{\text{hidrógeno}} + (NM)_{\text{oxígeno}}}$$

En donde: N= número de moles, y M= la masa molar



$$AC = \frac{(29 \times 4.76 \text{ Kmol}) \left(28,84 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}} \right)}{(2 \text{ Kmol}) \left(12 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}} \right) + (6 \text{ Kmol}) \left(1 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}} \right) + (1 \text{ Kmol}) \left(16 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}} \right)} = \frac{3.981,0736 \text{ Kg}}{46 \text{ Kg}}$$

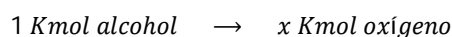
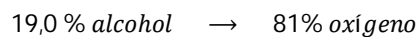
$$AC = 86,55 \frac{\text{Kg aire}}{\text{Kg combustible}}$$

Es decir para quemar 1 Kg de alcohol etílico se necesita 86,55 Kg de aire en el L.I.I.

7.2. Reacción de combustión del etanol en mezclas ricas.

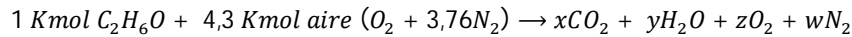
En esta mezcla el alcohol se encuentra presente en el L.S.I., y su valor es del 19,0%.

La cantidad de aire que se necesita para que exista la combustión se obtiene así:



$$Kmol \text{ oxígeno requerido} = 1 \text{ Kmol alcohol} * \frac{81\%}{19,0\%} = 4,26 \text{ Kmol} \cong 4,3 \text{ Kmol}$$

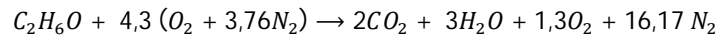
La ecuación de esta reacción queda:



Para tener el balance de la fórmula se procede a igualar el número de átomos presentes en los materiales que intervienen en la reacción con los que se originan en los productos de la misma: (Cengel & Boles, 2011, págs. 71, 72)

$$\begin{array}{llll} \text{C:} & 2=x & \rightarrow & x = 2 \\ \text{H:} & 6=2y & \rightarrow & Y=3 \\ \text{O:} & 1+4,3*2 = 2x+y+2z & \rightarrow & z = 1,3 \\ \text{N}_2: & 4,3*3,76 = w & \rightarrow & w = 16,17 \end{array}$$

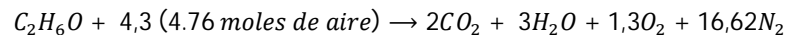
La reacción química será:



La relación aire – combustible (AC) requerida:

$$AC = \frac{\text{masa aire}}{\text{masa combustible (alcohol)}} = \frac{(NM)_{\text{aire}}}{(NM)_{\text{carbono}} + (NM)_{\text{hidrógeno}} + (NM)_{\text{oxígeno}}}$$

En donde: N= número de moles, y M= la masa molar



$$AC = \frac{(4,3 \times 4,76 \text{ Kmol}) (28,84 \frac{Kg}{Kmol})}{(2 \text{ Kmol}) (12 \frac{Kg}{Kmol}) + (6 \text{ Kmol}) (1 \frac{Kg}{Kmol}) + (1 \text{ Kmol}) (16 \frac{Kg}{Kmol})} = \frac{590,297 \text{ Kg}}{46 \text{ Kg}}$$

$$AC = 12,8 \frac{Kg \text{ aire}}{Kg \text{ combustible}}$$

Es decir para quemar 1 Kg de alcohol etílico se necesita 12,8 Kg de aire en el L.S.I.

8. EL INCENDIO

8.1. Definición

El incendio es un fuego que no se controló en su fase inicial, y que puede alcanzar grandes dimensiones.

El grado de afectación de un combustible en un incendio depende de cualquiera de las siguientes características:

8.2. Temperatura de inflamación.

Es la temperatura mínima en la que una sustancia desprende tal cantidad de vapores que mezclados con el aire y en presencia de una fuente de calor se produce el fuego, si esa fuente de calor es retirada la combustión no continúa.

8.3. Temperatura de ignición o combustión.

Si la temperatura se incrementa por sobre la de inflamación, la velocidad de formación de vapores también se acelera, y en esta fase una vez iniciado el fuego continuará aun cuando se retire la fuente de ignición.

8.4. Temperatura de auto ignición o auto combustión.

Es la temperatura mínima que debe alcanzar un combustible para producir vapores, que en presencia de un comburente como el aire arda espontáneamente sin tener el aporte de la fuente de ignición externa. Esta temperatura es más elevada que las anteriores.

En el caso del: alcohol, bunker, diésel, ciclo hexano, el proceso de combustión es más sencillo que en los sólidos, la energía permite que el combustible de la superficie pase fácilmente al estado de vapor formando una atmósfera inflamable.

8.5. Límites de inflamabilidad.

Para que se inicie el fuego no basta elevar la temperatura de la mezcla combustible – comburente, hasta alcanzar la temperatura de ignición, también es necesario que esta mezcla se encuentre entre los límites de inflamabilidad o explosividad.

Se entiende como inflamabilidad la facilidad que presenta un material para arder. Los límites de inflamabilidad o explosividad son los valores extremos en concentración, que debe tener una mezcla combustible – comburente para producir la reacción de combustión.

➤ Límite superior de inflamabilidad L.S.I.

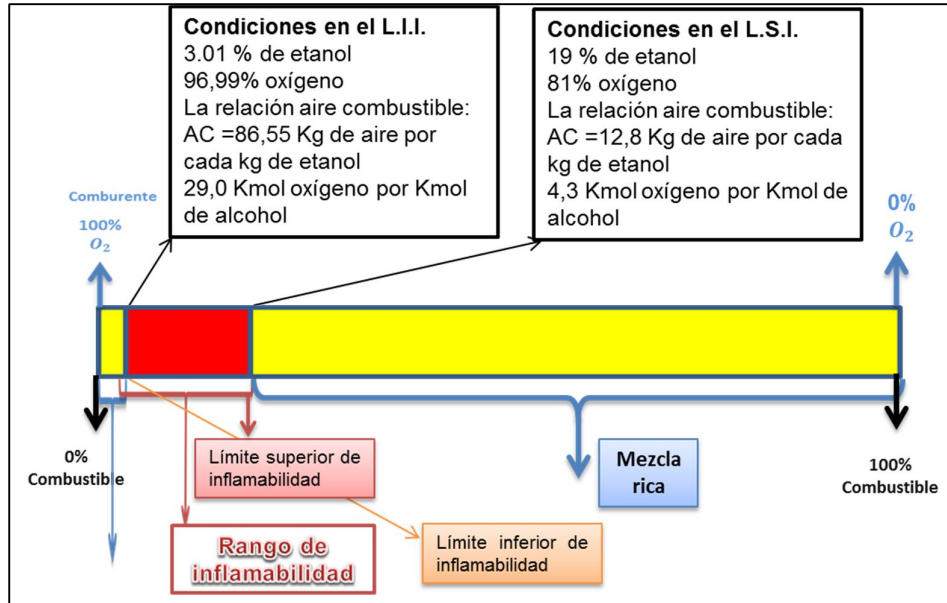
Es la máxima concentración de los vapores producidos por un combustible en mezcla con un comburente para que se pueda iniciar la combustión, por encima de estas concentraciones no existe la combustión. Estas mezclas son ricas en combustibles, y pobres en comburente.

➤ Límite inferior de inflamabilidad L.I.I.

Es la mínima concentración de los vapores del combustible y que en presencia de un comburente puede iniciar la combustión. Por debajo de este límite, no produce combustión, estas son mezclas pobres en combustible, y ricas en oxígeno.

Los valores intermedios entre los límites de inflamabilidad, constituyen la mezcla explosiva de mayor violencia, en este punto es donde se cumple la relación estequiométrica de la reacción, la concentración de oxígeno será la ideal, sin formar parte de los humos generados, y la temperatura de la combustión será la máxima.

Tabla 21
Límites de inflamabilidad del alcohol etílico



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

A continuación se detalla una lista de las principales sustancias combustibles existentes en la empresa.

Tabla 22
Parámetros de las sustancias combustibles - Destilería

SUSTANCIAS COMBUSTIBLES - DESTILERÍA						
COMBUSTIBLE	Punto de inflamación °C	Punto de ebullición °C	punto de auto inflamación °C	LÍMITES DE INFLAMABILIDAD % en volúmen de aire		Poder calorífico Kcal/kg
				L.I.I. %	L.S.I. %	
ALCOHOL ETÍLICO	13	78	423	3.3	19.0	6,619
DIESEL OIL 2	60	240	240	0.7	5.0	10,100
BUNKER FUEL OIL	75	487	487	0.7	5.0	9,812
ACEITES	193	280	320	1.0	10.0	10,000
CICLOHEXANO	-20	81	260	1.3	8.0	10,400
AMONÍACO	GAS	-33.5	651	16.0	25.0	112
HIDRÓGENO	GAS	-259	560	4.0	76.0	28,712
PROPANO	GAS	-42	450	2.2	9.5	10,980
ACETILENO	GAS	83	305	2.5	100	11,580

Fuente: NTP 47. Parámetros de interés de las sustancias químicas
Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Los valores límites de inflamabilidad del etanol varían en el rango de: L.I.I.= 3,3%, y L.S.I.= 19% en volumen de aire (NFPA, 2012, págs. 1-22). En atmósferas con concentraciones

superiores a 3,3 y menores a 19% el alcohol arde fácilmente y existe riesgo de explosión, en concentraciones inferiores al L.I.I., la mezcla es muy pobre en combustible y rico en O₂ y no existe peligro de inflamación. Para valores superiores al L.S.I., la mezcla es demasiada rica en alcohol pero no existe la suficiente cantidad de O₂ que facilite la combustión.

8.6. Poder calorífico.

Es la cantidad de calor que emite cualquier sustancia en un proceso de combustión por unidad de masa. Las unidades de medición del poder calorífico normalmente son:

- Mega caloría por kilogramo Mcl/kg
- Kilocalorías por kilogramo Kcal/kg.
- Unidades en el sistema Internacional (SI): Kilojulio por kilogramos KJ/kg.
- Conversión: 1Kcal/kg = 4,184 Kj/kg (NFPA, 2012, pág. 855)

9. RIESGOS DE INCENDIO EN LA INDUSTRIA DE ALCOHOL.

El crecimiento y desarrollo de un incendio se debe a dos factores: la cantidad de combustible existente y la cantidad de aire controlado en la ventilación.

Los accidentes en una industria pueden darse en la siguiente forma secuencial:

9.1. Derrames de líquidos o escapes de gases y vapores.

Las fugas de gases a presión o el derrame de líquidos inflamables pueden generar un incendio debido a la exposición de una fuente de ignición.

Las condiciones que se pueden presentar para la evolución de un incendio depende de:

- a) El tipo y la cantidad de sustancia, la presión, y la temperatura que existe en la zona.
- b) El grado de inflamabilidad y la toxicidad de la sustancia.
- c) La condición de almacenamiento y los diques de contención.

9.2. Incendios.

Se pueden originar de sistemas eléctricos defectuosos, por fricciones, llamas abiertas, procesos de soldadura, etc.

Los efectos de los accidentes por incendio son:

- a) La transmisión del calor por radiación puede propagar el calor iniciando una cadena.
- b) Se puede presentar en los incendios grandes cantidades de humos sofocantes que dificultan las labores de control y eliminación del fuego, y se pueden presentar nubes tóxicas originadas de sustancias peligrosas.
- c) Con el incremento de la temperatura la velocidad de reacción se acelera agravando las labores de control de incendio.

9.3. Explosión.

Las explosiones son procesos con una súbita liberación de gases sometidas a altas presiones. La energía liberada se disipa en el ambiente en forma de ondas de choque o de sobrepresión que causa daño a los lugares cercanos, y originan daños mecánicos.

Los efectos que causan las explosiones son:

- Incremento en la velocidad de descarga de la energía liberada.
- Incremento en la presión al momento de la explosión.
- Gran cantidad de gas liberado.
- Producción de un gran estruendo.

Las explosiones se pueden clasificar de acuerdo a su origen en:

9.3.1. Explosiones químicas.

Tiene su origen a partir de una reacción química exotérmica, por ejemplo la combustión. Estas pueden ser de dos tipos:

- a) **Explosión química homogénea o uniforme:** es aquella que se lleva a cabo en toda la masa combustible, la velocidad de reacción es uniforme y está controlada por dos factores:
 - La temperatura de la reacción, y,
 - La composición de la mezcla reactiva que es constante en toda la masa.

- b) **Explosión química heterogénea:** se inicia en un punto del combustible y se propaga rápidamente al resto de la sustancia, esta explosión también se denomina reacción de propagación, y siempre es exotérmica. Se clasifican en:
 - a) **Detonación:** es una explosión rápida y violenta, genera una combustión completa que se propaga mediante una onda explosiva a velocidades mayores que la del sonido. Ejemplos:
 - Las explosiones de los tanques combustibles cuando se encuentran cerrados.
 - Explosiones en tanques confinados (calderas) con presencia de nubes de vapor.
 - b) **Deflagración:** es una combustión súbita con la presencia de llama, la velocidad de reacción es más baja que la velocidad del sonido. Puede existir una onda de presión con efectos destructivos.

Para que exista una deflagración se necesita:

 - Que el combustible se encuentre en su punto de inflamación.
 - Exista el aporte de una llama de ignición.

- Que exista una reacción espontánea entre la fase gaseosa del combustible y la llama de aporte, que actúa como un iniciador de la combustión.

Ejemplos de deflagración:

- La mezcla entre el gas y aire en un equipo de oxicorte.
- La reacción originada en un motor de combustión interna (vehículo) la gasolina y el aire.
- La quema de fuegos artificiales.

9.3.2. Explosiones físicas.

Son aquellas que se producen por un fenómeno físico sin existir un cambio químico en las sustancias combustibles. Estos fenómenos se pueden presentar en gases sometidos a altas presiones como en las calderas, en donde las presiones de vapor se incrementan mecánicamente por el aumento de calor de los gases de combustión (mezcla bunker – aire en el hogar), o por el sobrecalentamiento del vapor de agua que produce una evaporación repentina y una explosión mecánica debido a la falla de uno de los componentes del equipo.

También puede originarse una explosión en la caldera por alimentación de agua fría que provoca un choque térmico producto de la súbita evaporación del agua.

Los tanques de almacenamiento de CO₂ en estado líquido están sometidos a presiones superiores de la atmosférica, si este valor se incrementa por el incremento de la temperatura (lo que origina una mayor actividad molecular), o fallas en una parte del sistema, ocasionan la explosión.

9.3.3. Explosiones tipo “BLEVE”.

Es una explosión de tipo física, este nombre procede de las iniciales en inglés Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, cuyo significado en español es “Expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición”. (Storch & García Martín, 2008, pág. 54)

Esta explosión se origina en el interior de tanques a presión, a consecuencia de un escape súbito de un líquido o gas licuado sobrecalentado, estas explosiones no son exclusivas de sustancias inflamables, y por lo general son el resultado de la falla o rotura total del tanque.

Estas explosiones también son consecuencias de incendios acaecidos en zonas cercanas, que calientan las sustancias del interior del recipiente y debilitan las paredes externas provocando una ruptura repentina que genera un escape brusco de la materia, lo que origina una violenta transformación al estado de vapor, este vapor se expande aumentando el volumen más de doscientas veces al valor original. Si la sustancia contenida es un líquido inflamable se produce una combustión rápida con la presencia de una bola de fuego

conocida como **“fireball”**. El **“fireball”** se origina de sustancias inflamables (NTP 293, 1991), y si el tanque contiene material tóxico se formara una nube de gas con efectos nocivos.

La energía liberada en esta explosión puede proyectar fragmentos del tanque que arrastran partículas de líquido sobrecalentado a zonas cercanas pudiendo originar incendios o explosiones en otras áreas.

Para que se lleve a cabo una explosión tipo BLEVE se debe reunir las siguientes condiciones:

- a) En el interior del tanque debe existir líquido sobrecalentado, con una temperatura superior al punto de equilibrio entre la fase líquida y su presión de vapor, cuando el tanque está expuesto a un incendio o han sobrelenado del depósito industrial.

La **“BLEVE”** también se puede originar por fisuras en los tanques produciéndose un descenso brusco de presión para tratar de igualar a la presión atmosférica, el gas licuado alcanza fácilmente las condiciones de sobrecalentamiento provocando situaciones peligrosas como una explosión o un incendio.

- b) Existe una despresurización súbita en el interior del depósito.

Este descenso de la presión se puede originar por varias causas, como: ruptura de los recipientes, fatiga de los materiales, impactos provocados en los tanques, falla en las válvulas de seguridad, etc.

Los factores de presión y temperatura deben presentar las condiciones suficientes para que exista la **nucleación en masa**.

La nucleación en masa es la súbita evaporación de todo el material existente en el recipiente como consecuencia de la pérdida del equilibrio del sistema.

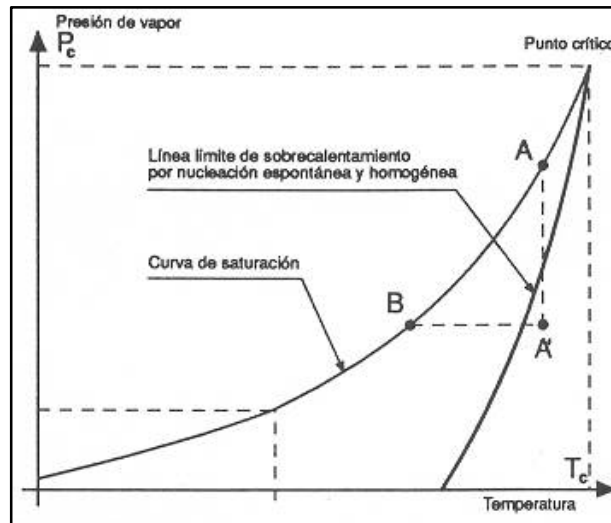
9.3.4. Condiciones críticas para la formación de la “BLEVE”.

El CO₂ producido en la empresa se almacena en dos tanques con capacidad de 80 toneladas cada uno. Este gas se encuentra en el interior del tanque en equilibrio entre la fase líquida y gaseosa, según la curva de saturación (Tabla 23). Para cada valor de temperatura le corresponde un valor de presión que soporta el tanque en la pared interior.

Conforme aumenta la temperatura también lo hace la presión para mantener el equilibrio. Si las condiciones superan los valores críticos se produce una BLEVE.

El sobrecalentamiento del CO₂ se consigue incrementando la temperatura a valores superiores al punto de ebullición manteniendo la presión constante, en la Tabla 23 se puede apreciar este incremento en el punto **A´**.

Tabla 23.
Curva de Saturación Presión – Temperatura



Fuente: (NTP 293, 1991). Explosiones BLEVE

Este sobrecalentamiento se consigue también disminuyendo la presión, originando una gran expansión molecular, mientras la temperatura permanece constante el valor de A baja bruscamente a A´.

La zona ABA´ es una zona de inestabilidad, y favorece a la nucleación espontánea, que es el paso previo para la vaporización brusca y la formación de la BLEVE.

Tabla 24.
Condiciones críticas de las sustancias en la destilería

VALORES CRÍTICOS SE LAS SUSTANCIAS - DESTILERÍA		
SUSTANCIA	TEMPERATURA CRÍTICA °C	PRESION CRÍTICA atm
CO2	30.98	73.77
AGUA	374	221
ALCOHOL	241	62.18
AMONÍACO	73.02	33.86
HIDRÓGENO	-248.16	2.39
PROPANO	37.26	11.76
ACETILENO	35.75	60.58

Fuente; (Storch & García Martín, 2008)
Elaborado por: Julio Cajamarca C.

9.3.5. Efectos de una BLEVE.

Los efectos que puede ocasionar son:

- a) Radiación térmica en caso de incendios.
- b) Por efecto de la explosión se generan sobrepresiones con presencia de ondas expansivas.
- c) La ruptura de los recipientes genera la expulsión de fragmentos a zonas aledañas y pueden llevar trazas de líquidos combustibles.

Para cuantificar estos tres efectos existen modelos empíricos, creado a partir de experiencias reales, y que han sido tomadas en la norma (NTP 293, 1991)

9.3.6. Radiación térmica.

Para el cálculo de este factor se deberá considerar que la explosión del tanque de CO₂ no generará un incendio, pero la onda explosiva causará daños en otras áreas de la empresa.

a) Diámetro de la onda presión o de la bola de fuego:

Este factor puede ser obtenido por la siguiente ecuación:

$$D = 6,48 * W^{0,325}$$

D= diámetro máximo de la bola de fuego (m).

W= la cantidad total de sustancia expresada en (Kg).

b) Altura de la bola de fuego:

$$H = 0.75 * D$$

H = altura del centro de la bola de fuego (m).

c) Duración de la bola de fuego:

$$t = 0,852 * W^{0,26}$$

t = Tiempo de duración (s).

d) Intensidad media de irradiación recibida (NTP 293, 1991):

$$I = (828 * W^{0,771}) / D^2$$

I = Intensidad media de irradiación recibida (KW/m²)

D= diámetro máximo de la bola de fuego (m).

W= la cantidad total de sustancia expresada en (Kg).

El calor de I es un factor de seguridad, según la Directriz Básica para la elaboración de los planos especiales del sector químico (BOE 6-2-91), se tomará como valor crítico a 5 KW/m² en una explosión con una duración no mayor a 3 minutos, en estos casos será de carácter obligatorio la implementación de medidas de protección (NTP 379, 1997, pág. 11)

A un valor de 3 KW/m² se le considera una zona de alerta sin importar el tiempo de duración de la explosión, debido a que los daños serían perceptibles por los trabajadores que se encuentren cerca de la reacción.

e) Velocidad de reacción:

$$Velocidad\ reacción = \frac{D}{t}$$

9.3.7. Cálculo de la vulnerabilidad a las explosiones

A continuación se hará un análisis de estas pérdidas, según el método de PROBIT, descrito en la norma (NTP 291, 1991).

El método Probit (Pr) en caso de explosiones cuantifica la probabilidad de daño o pérdidas de las personas que se encuentran en el área afectada por la explosión.

a) Muertes por hemorragia pulmonar:

$$Pr = -77,1 + 6,91 \ln P$$

P = sobrepresión máxima (N/m²)

Pr = con el valor calculado se obtiene el % de afectados en la explosión mediante la tabla de equivalencia de PROBIT (ver tabla 26).

Número de personas con posibles daños por hemorragia = # trabajadores x % afectados/100

b) Afectación por rotura de tímpano:

$$Pr = -15,6 + 1,93 \ln P$$

P = sobrepresión máxima (N/m²)

Pr = con el valor calculado se obtiene el % de afectados en la explosión mediante la tabla de equivalencia de PROBIT (ver tabla 26).

Número de personas con posibles afectaciones de tímpano = # trabajadores x % afectados/100

Tabla 25
Equivalencia entre valores "PROBIT" y porcentaje de población afectada

Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%		
0	0	3,72	10	4,16	20	4,48	30	4,75	40	5,00	50	5,25	60	5,52	70	5,84	80	6,28	90	7,33	99,0
2,67	1	3,77	11	4,19	21	4,50	31	4,77	41	5,03	51	5,28	61	5,55	71	5,88	81	6,34	91	7,37	99,1
2,95	2	3,82	12	4,23	22	4,53	32	4,80	42	5,05	52	5,31	62	5,58	72	5,92	82	6,41	92	7,41	99,2
3,12	3	3,87	13	4,26	23	4,56	33	4,82	43	5,08	53	5,33	63	5,61	73	5,96	83	6,48	93	7,46	99,3
3,25	4	3,92	14	4,29	24	4,59	34	4,85	44	5,10	54	5,36	64	5,64	74	5,99	84	6,55	94	7,51	99,4
3,36	5	3,96	15	4,33	25	4,61	35	4,87	45	5,13	55	5,39	65	5,67	75	6,04	85	6,64	95	7,58	99,5
3,45	6	4,01	16	4,36	26	4,64	36	4,90	46	5,15	56	5,41	66	5,71	76	6,08	86	6,75	96	7,65	99,6
3,52	7	4,05	17	4,39	27	4,67	37	4,92	47	5,18	57	5,44	67	5,74	77	6,13	87	6,88	97	7,75	99,7
3,59	8	4,08	18	4,42	28	4,69	38	4,95	48	5,20	58	5,47	68	5,77	78	6,18	88	7,05	98	7,88	99,8
3,66	9	4,12	19	4,45	29	4,72	39	4,97	49	5,23	59	5,50	69	5,81	79	6,23	89	7,33	99	8,09	99,9

Fuente: (NTP 291, 1991)

c) Muerte por impacto de la persona contra obstáculos:

$$Pr = -46,1 + 4,82 \ln J$$

J = Impulso originado por la sobrepresión en el tiempo de duración de la explosión (N.s/m²).

Número de personas con probabilidad de muerte = # trabajadores x % afectados/100

d) Lesiones por impacto del cuerpo:

$$Pr = -39,1 + 4,45 \ln J$$

J = Impulso originado por la sobrepresión en el tiempo de duración de la explosión (N.s/m²).

Número de personas con posibles lesiones por impacto = # trabajadores x % afectados/100.

10. MECANISMOS DE EXTINCIÓN DEL FUEGO

Los mecanismos utilizados combaten cualquiera de los cuatro elementos del tetraedro del fuego: combustible, comburente, energía y reacción en cadena.

10.1. Eliminación o dilución del material combustible.

Este método se basa en eliminar o retirar el combustible, y prevenir la aparición de nuevos incendios en otras áreas.

10.2. Eliminación o dilución del material comburente. Sofocación.

Consiste en retirar o desplazar el comburente de tal manera que impida su contacto con el combustible, o se reduzca la concentración impidiendo mantener el fuego encendido.

10.3. Eliminación de la fuente de calor o de energía de encendido. Enfriamiento

Este es el método más empleado en un control de incendio, y consiste en eliminar el calor de combustión reduciendo la temperatura.

10.4. Eliminación de las reacciones en cadena. Inhibición catalítica negativa.

Consiste en romper la reacción en cadena mediante la desactivación de los radicales libres generados en la combustión, estos radicales libres desprenden gran cantidad de calor debido a las reacciones intermedias exotérmicas que se originan.

Estas reacciones intermedias tienen su presencia en las llamas y pueden ser interrumpidas mediante la acción de un producto químico que actúa como un catalizador de tipo negativo en la formación de estas flamas.

10.5. Clasificación de agentes extintores

El agente extintor es el producto responsable de la extinción del fuego.

Los agentes extintores se clasifican en:

10.5.1. Gaseosos.

Como son más pesados que el aire actúan por desplazamiento y sofocación del incendio. Entre los más utilizados son:

a) Anhídrido carbónico (CO₂): Llamado también dióxido de carbono, actúa por:

- Sofocación.
- Enfriamiento: el CO₂ es un gas licuado que al momento de ser activado en el extintor se evapora fácilmente lo que le permite absorber el calor provocando una disminución de temperatura.

Dentro de las ventajas que ofrece este agente se puede mencionar:

- Después de su utilización no queda restos.
- No ensucia las instalaciones.
- Como es un gas ocupa fácilmente fisuras o rejillas.
- Es un muy mal conductor de la electricidad.
- Es apto para fuegos de tipo B (líquidos inflamables), y fuegos producidos en instalaciones eléctricas.

Como desventajas se menciona:

- Al utilizar un extinguidor con este agente se debe tener precaución porque en concentraciones elevadas puede ser tóxico, provocando asfixia y muerte a las personas que los utilizan.
- No es apto en presencia de llamas autónomas o premezcladas.
- No es recomendable la utilización en donde exista corrientes de aire (lugares de trabajo a cielo abierto), pierde efectividad.

b) Nitrógeno (N₂): Es un gas incoloro, inodoro e insípido. En la atmósfera se encuentra en un 78% aproximadamente, y actúa por sofocación. En los incendios actúa como un gas inerte y no forma parte en las reacciones.

10.5.2. Hidrocarburos halogenados.

Llamados también Halones, actúa por:

- Inhibición de la llama, al contacto con el fuego impide que siga la reacción en cadena
- Sofocación.

Como ventajas se puede nombrar:

- No son tóxicos en bajas concentraciones.
- No dejan residuos
- No son corrosivos.
- No conducen la electricidad.

Dentro de las desventajas se tiene:

- Tienen un elevado valor económico.
- En los fuegos con brasa puede haber reignición.
- No son aptos para fuegos en zonas externas.
- Son responsables de dañar la capa de ozono.

Son utilizados en fuegos del tipo eléctrico y ordenadores.

10.5.3. Líquidos (AGUA)

Es el agente más económico para combatir los incendios, el modo de actuación es por enfriamiento, y son ideales para fuegos del tipo A (materiales comunes)

En la actualidad existen unidades de agua con gran pulverización, se consigue aumentar la superficie del intercambio térmico.

Cuando el agua pasa de la fase líquida a vapor aumenta el volumen aproximadamente en 1600 veces, lo que permite actuar en áreas más grandes del incendio, con menor cantidad de agua (Azcuénaga, 2009, pág. 93). Actúa por:

- Enfriamiento, y
- Sofocación, se aplica de una manera pulverizada, desplaza el oxígeno del aire

Ventajas:

- Es económico,
- Abundante.
- Es de fácil utilización.
- Tiene gran poder de retirar calor de la combustión debido a las propiedades: calor específico equivalente a 1 Kcal/Kg por cada °C, y calor latente de evaporación igual a 540 Kcal/Kg.
- Un litro de agua por segundo es capaz de retirar aproximadamente 2629 KJ/s.

Desventajas:

- Es un conductor de electricidad,
- No se debe utilizar en fuegos con materiales como carburos, peróxidos, ácidos fuertes, bases fuertes, metales como: titanio, magnesio, zinc, etc., generan reacciones con gran desprendimiento de calor, y producción de gases inflamables.
- No son aptos en fuegos producidos por combustibles de gran densidad, debido a la tensión superficial tiene poca capacidad de penetración.
- El agua se solidifica a 0°C esto limita para el uso de gases licuados. Su uso podría obturar o reventar las líneas de conducción, en caso de la necesidad el uso de agua se utilizará anticongelantes.

En el caso de incendio de gran magnitud o intensidad se puede utilizar agua con la adición de un producto tenso activo que permite mejorar su actividad.

10.5.4. Polvos químicos BC y ABC

Las letras nos indican el tipo de polvo químico. El tipo BC son los más comunes, y el tipo ABC son los polivalentes y tienen un mejor poder para extinguir incendios.

- Polvos químicos del tipo BC
Son utilizados para fuegos de CLASE B y C, y actúan por sofocación e inhibición de la reacción de combustión.
- Polvos químicos del tipo ABC (polivalentes o anti brasas).
Se utiliza para fuegos de clase A y B. En un incendio actúa por sofocación o por inhibición de la reacción de combustión, en los sólidos combustibles actúa evitando la re ignición de las brasas.

10.5.5. Espumas.

La espuma contra incendio forma soluciones acuosas en forma de burbujas llenas de aire, con una densidad inferior a la de los líquidos inflamables lo que les permiten flotar sobre este creando una capa o manto que separa la superficie del líquido impidiendo el ingreso de aire fresco.

a) Tipos de espumas:

Las espumas pueden ser de dos tipos:

- Espumas químicas: producidas por la reacción de dos o más productos químicos, están en desuso debido a su poder corrosivo, pueden ser ácidas o básicas.
- Espumas físicas: se obtienen al mezclar aire con una masa espumante

Para la selección del tipo de espuma se considera: el índice de expansión y la clase de espuma que depende del material combustible presente.

b) Características de la espuma:

Las características de las espumas son:

- Velocidad de acción y fluidez: Es el tiempo que tarda la espuma en cubrir la superficie del combustible, y las zonas aledañas en forma de una capa o manto.
- Resistencia al calor.
- Resistencia al combustible: el poder de cohesión de la espuma debe ser tan fuerte que sea capaz de minimizar los riesgos de re ignición.

- Supresión de vapores: una vez formado la capa o manto sobre la superficie del líquido elimina la formación de vapores inflamables, apagando el incendio y evitando la re ignición.

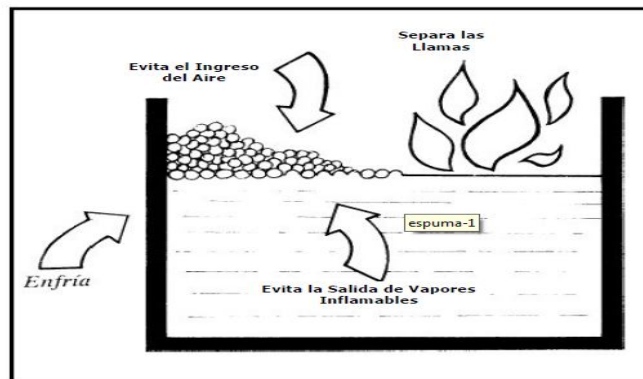
c) Métodos de extinción:

El proceso de extinción es el siguiente:

- Excluye el aire de los vapores inflamables.
- Elimina los vapores de la superficie del combustible.
- Separa las llamas de la superficie del combustible.
- Permite bajar la temperatura del combustible y de las superficies metálicas circundantes.
- La espuma es eficaz para fuegos del tipo "B" sobre todo para líquidos inflamables.

Ilustración 8

Acción de la espuma química



d) Acción de las espumas

Este agente extintor es ideal en ciertas plantas químicas, como en las destilerías, que posee grandes almacenamientos de líquidos inflamables (alcohol, bunker, diesel).

Debido a su baja densidad de drenaje se adhiere a las superficies lo que permite proporcionar un grado de protección a las zonas adyacentes al incendio.

e) Clasificación de las espumas.

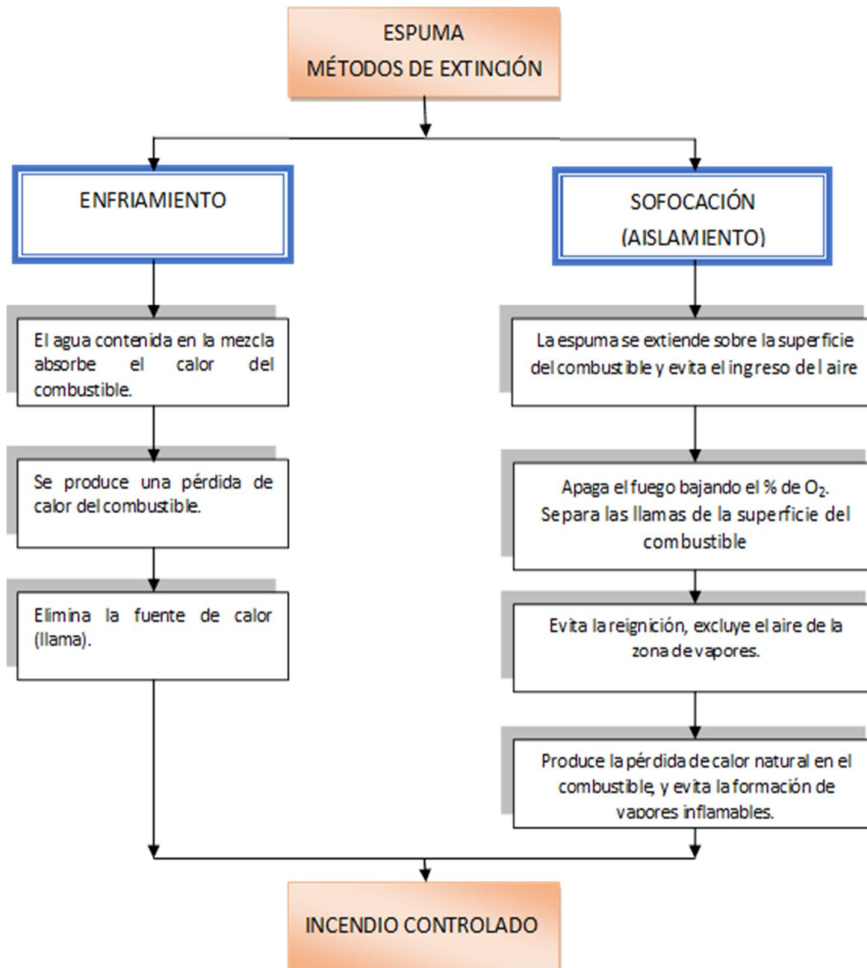
Los tipos de concentrados de espuma más utilizados son:

- Concentrados de Espuma Proteínica.
- Concentrados de Espuma Fluoroproteínicos.
- Concentrados de Espuma Formadora de Película Fluoroproteínica.

- Concentrados de Espuma Formadores de Película Acuosa (AFFF).
- Concentrados de Espuma Resistente a Alcoholes (AR-AFFF y ARFFFP).

Tabla 26.

Espuma: tipos de acción sobre el fuego



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

f) Generación de espuma.

La utilización de la espuma se compone de dos etapas:

- Etapa de inducción: Mediante la ayuda de un pre-mezclador o educor de tipo Venturi, la espuma es arrastrada por el agua y en el trayecto se mezcla en concentraciones del 3 al 6%. La espuma AR-AFFF es ideal para fuegos con alcohol.
- Etapa de generación: En esta fase se agrega aire a la mezcla de agua + espuma, por medio del dispositivo llamado pitón, en el momento de la salida de la mezcla para el control de incendio.

Ilustración 9

Generación de espuma



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

10.6. Selección del agente extintor

A continuación se presenta la tabla con el tipo de extintor adecuado para clase de fuego.

Tabla 27

Clase de extintor para tipo de fuego

TIPO DE EXTINTOR	CLASES DE FUEGO				
	A SÓLIDOS	B LÍQUIDOS	C EQUIPOS ELÉCTRICOS	D METALES	K ACETES Y GRASA
Agua					
Agua + espuma química					
Polvo químico seco					
Polvo ABC polivalente					
Dióxido de carbono					
Halón					
					Acceptable
					No utilizar

Fuente NFPA 10
Elaborado por: Julio Cajamarca C.

11. EXTINTORES PORTÁTILES CONTRA INCENDIOS

La selección y el cálculo del número de extintores que necesita una empresa la deben hacer técnicamente, constituyen la primera respuesta de defensa ante la presencia de un flagelo, y el mayor inconveniente es el tamaño limitado que poseen.

11.1. Clasificación de los riesgos de las instalaciones.

Las áreas afectadas por un flagelo se clasifican en cuatro categorías según la cantidad de combustible:

Tabla 28
Instalaciones: clasificación de los riesgos por cantidad de combustible

CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS	
TIPO DE RIESGO	ÁREAS AFECTADAS
Ligero (bajo)	Son aquellas en donde la cantidad de materiales combustibles tipo A y B, es baja, por lo tanto en un incendio generarán baja cantidad de calor. Los combustibles tipo A presentes son los presentes en la construcción de las edificaciones, y los combustibles tipo B se encuentran máximo en 1 galón en el área analizada.
Riesgo ordinario (Moderado)	Los combustibles tipo A se encuentran presente en los acabados normales de las edificaciones, y en el caso de los combustibles inflamables tipo B el rango en que se encuentran es de 1 galón a 5 galones en el área estudiada.
Riesgo Extra (Alto)	Estas áreas ya son las comprendidas para bodegas, zonas de empaques, áreas de proceso que implican el manejo de combustibles tipo A. En el caso de líquidos inflamables la cantidad presente es mayor a 5 galones. Este tipo de fuego se caracteriza por la liberación de grandes cantidades de calor.
Áreas con riesgos extremos	En las áreas donde se encuentren con mayor o menor riesgo que las anteriores deberán ser protegidas con medidas más específicas.

Fuente: NFPA 10
Elaborado por: Julio Cajamarca C.

11.2. Distribución de los extintores contra incendio.

Se calculará el número mínimo de extintores que se necesitan de acuerdo a cada área de la empresa.

Los extintores deben estar colocados en zonas accesibles y deben ser de fácil utilización en caso de requerirlo.

Altura de ubicación de los extintores portátiles:

- Los extintores que pesen hasta 40 lb se instalarán máximo a 1,53 m de altura con respecto a la parte superior del extintor.
- Extintores con peso mayor de 40 lb (excepto los extintores sobre rueda) serán instalados a una altura máxima de 1,07 m con respecto a la parte superior del extintor.
- El mínimo espacio que debe existir entre la parte inferior del extintor y el suelo es de 10,2 cm.
- Los extintores con pesos superiores deben poseer ruedas, y serán utilizados en zonas donde existan gran cantidad de material o un elevado nivel de riesgo.
- Los extintores no deben ser obstaculizados visualmente.
- Los extintores portátiles excepto los de rueda, deben ser instalados de un gancho ubicado para colgar el equipo.

- En cada extintor se debe colocar la etiqueta con las instrucciones de uso.

11.3. Sistema de clasificación de los extintores.

Los extintores son los mecanismos de primera intervención y ayuda en caso de un incendio, se clasifican de acuerdo al tipo de fuego para el que son más efectivos, y consiste en colocar una letra que identifica el tipo de incendio a continuación del número que indica la efectividad del extintor.

Para fuegos clase A, Clase B, se coloca la letra A o B respectivamente, para fuegos Clase C, D, o K, no es necesario colocar la identificación anterior.

El cálculo del número mínimo de extintores se realiza dividiendo la superficie total a proteger para la máxima superficie que cubre el tipo de extintor seleccionado, en caso existir decimales se aproximará al valor entero inmediato superior.

El recorrido de una persona con el extintor no debe exceder la distancia máxima de traslado dispuesto por el fabricante.

11.3.1. Capacidad y ubicación de extintores para fuegos tipo A.

Los tamaños de extintor que se debe escoger, y la distancia máxima de desplazamiento dependen del grado de riesgo registrado en la tabla 29.

Tabla 29.

Tamaño y localización de extintores para riesgos Clase A

TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN DE EXTINTORES PARA RIESGOS DE CLASE A						
Tipo de extintor (clasificación)	TIPO DE RIESGO CLASE A					
	Ligero (bajo)		Riesgo ordinario (moderado)		Riesgo extra (alto)	
	Área máxima de aplicación (m ²)	Distancia máxima de traslado del extintor (m)	Área máxima de aplicación (m ²)	Distancia máxima de traslado del extintor (m)	Área máxima de aplicación (m ²)	Distancia máxima de traslado del extintor (m)
1A	-	-	-	-	-	-
2A	557.4	12.2	278.7	6.1	-	-
3A	836.1	18.3	418.1	9.2	-	-
4A	1,045.1	9.0	557.4	9.0	371.6	9.0
6A	1,045.1	11.0	836.1	11.0	557.4	11.0
10A	1,045.1	13.0	1,045.1	13.0	929.0	13.0
20A	1,045.1	15.0	1,045.1	15.0	1,045.1	15.0
30A	1,045.1	15.0	1,045.1	15.0	1,045.1	15.0
40A	1,045.1	15.0	1,045.1	15.0	1,045.1	15.0

Fuente (NFPA 10, 2007), Tabla E.3.4.
Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Para el cálculo del número de extintores de Clase A se necesita reconocer el tipo de riesgo por área existente de acuerdo a la Tabla 28.

$$\text{Número de extintores} = \frac{\text{Área de la empresa}}{\text{Área máxima protegida por el extintor}}$$

En el caso de existir decimales se aproxima al número entero superior.

11.3.2. Capacidad y ubicación de extintores para fuegos tipo B.

Estos extintores no son aptos para fuegos de líquidos inflamables de gran profundidad, por ejemplo: combustibles derramados en áreas abiertas, incendios de gran magnitud con presencia de vapores, o flagelos que se transmitan entre varios recipientes.

En estas situaciones la empresa deberá tener un sistema contra incendio dotado de agua y espuma química del tipo AR-AFFF.

La selección del tamaño de los extintores para riesgos Clase B, y la distancia máxima de separación se pueden obtener de la tabla 30.

Tabla 30
Tamaño y localización de extintores para riesgos Clase B

TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN DE EXTINTORES PARA RIESGOS DE CLASE B						
Tipo de extintor (clasificación)	TIPO DE RIESGO CLASE B					
	Ligero (bajo)		Riesgo ordinario (moderado)		Riesgo extra (alto)	
	Área máxima de protección (m ²)	Distancia máxima de traslado del extintor (m)	Área máxima de protección (m ²)	Distancia máxima de traslado del extintor (m)	Área máxima de protección (m ²)	Distancia máxima de traslado del extintor (m)
5B	167.00	9.15				
10B	465.00	15.25	167.00	9.15		
20B			465.00	15.25		
40B					167.00	9.15
80B					465.00	15.25

Fuente: (NFPA 10, 2007) Tabla 6.3.1.1.
Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Un extintor tipo B cubre menos área que un extintor tipo A, debido a que un incendio con líquido inflamable es más peligroso, la intensidad de fuego alcanzada por un líquido inflamable es casi inmediata.

11.3.3. Capacidad y ubicación de extintores para fuegos tipo C.

Para riesgos de incendio eléctricos, se debe seleccionar extintores que no posean agentes conductivos, el más común es el de dióxido de carbono, también se puede utilizar extintores de polvo químico o con agentes halogenados. Mientras sea posible en el caso de un flagelo se deberá cortar la entrada de energía, de tal manera que este incendio se convierte en tipo A, o tipo B.

11.3.4. Distribución de extintores para fuegos tipo D

Para riesgos de fuegos originados por metales combustibles se debe seleccionar los extintores de acuerdo a:

- Las recomendaciones del fabricante.
- La presencia de viruta, que arde más fácil que un cuerpo compacto.
- La máxima distancia que puede cubrir este tipo de equipo es de 23 metros.

11.3.5. Distribución de extintores tipo K.

En el caso de existir materiales combustibles del tipo K como: aceites y grasas comestibles se deberá colocar extintores Clase K.

La distancia máxima que cubren estos extintores es de 9,15 m.

12.SISTEMA DE PROTECCIÓN POR ROCIADORES AUTOMÁTICOS “*SPRINKLER*”

Los rociadores automáticos llamados también “*sprinkler*”, son dispositivos de protección activa, actúan cuando el sensor detecta un incremento significativo de temperatura descargando grandes cantidades de agua que permiten extinguir o controlar el flagelo, e impiden su propagación a otras áreas creando un manto de agua que detiene la transmisión de calor.

Existen una gran variedad de rociadores en el mercado, será el estudio técnico el que defina el tipo más adecuado de acuerdo a los materiales existentes.

Los rociadores a instalarse en la destilería pueden ser de dos tipos:

- a) **Rociadores de control.-** Controlan el incendio y aíslan impidiendo la propagación, son óptimos para instalarse en los tanques de almacenamiento.
- b) **Rociadores modo de supresión.-** el objetivo es suprimir el incendio. Se clasifican en:
 - Rociadores de respuesta rápida.
 - Rociadores de respuesta estándar, que se subdividen en colgantes y en montantes.

12.1. Características de un rociador.

Para una correcta selección de los rociadores se debe tener presente las siguientes características descritas en la norma (NFPA 13, 2013):

- a) **Sensibilidad térmica:** es la rapidez de respuesta con que actúa el dispositivo una vez que detecta el incendio. La medida de este factor es el Índice de tiempo de respuesta (RTI)
 - Los rociadores que ofrecen una rápida respuesta, el valor del RTI es ≤ 50 m/seg.
 - Los rociadores de respuesta estándar: RTI ≥ 80 m/seg

- b) La temperatura de activación, se debe seleccionar dependiendo del tipo de material presente en la empresa.
- c) El diámetro de abertura del rociador.
- d) Dirección en que es instalada los rociadores
- e) Otras condiciones.

Las ventajas en el uso de los rociadores son:

- a) Ofrecer seguridad a las personas que laboran, o a los organismos de auxilio, evitan que las personas se expongan a la presencia del fuego.
- b) Evitan que existan pérdidas humanas.
- c) Su rápida actuación evita pérdidas económicas por daño a la infraestructura.
- d) Ayudan a la detección temprana del flagelo, accionan sistemas de alerta, y descargan gran cantidad de agua sobre la zona afectada.
- e) Ante la presencia de humo los rociadores enfrían el área y dan tiempo al personal para una adecuada evacuación, o intervención.

El sistema de rociadores propuesto para la destilería es del tipo de sistema de tubería húmeda.

12.2. Sistema de tubería húmeda:

Los sistemas de rociadores trabajan con una red contra incendio provista de agua a presión, ante la amenaza de fuego estos se activan y el agua fluye inmediatamente alimentada por la bomba propia de la red.

La instalación de los rociadores debe realizarse en base a las normas (NFPA 13, 2013), y (NFPA 14, 2013).

La empresa de alcohol para sus operaciones utiliza combustibles líquidos (bunker, diésel), la selección de rociadores deberá ser adecuados para los riesgos originados por estos combustibles.

Para la clasificación del riesgo de alcohol se utiliza la norma (NFPA 30, 2013): Código de líquidos inflamables, según esta norma el alcohol es un líquido combustible de Clase IB, estos líquidos deben poseer un punto de inflamación por debajo de 22,8 °C, y el punto de ebullición superior a 37,8 °C., el punto de inflamación del etanol es 13° C, y el punto de ebullición es 78° C

Para los cálculos de estos sistemas se tomarán en cuenta las siguientes áreas: las torres de destilación, tanques de almacenamiento, zona de despacho, y los tanques de almacenamiento de combustibles. Para los cálculos del sistema hidráulico de los rociadores, se tendrá en consideración la presión y densidad de los líquidos, así como la clase de rociador a utilizar, el número requerido para brindar una eficaz protección, y la ubicación

para asegurarse que al momento de accionar toda el área afectada sea inundada por el agua esparcida por el rociador.

La norma (NFPA 30, 2013) código de líquidos inflamables, en la sección 4-8 describe medios de protección y control de incendios, y en el punto 4-8.2 recomienda el tipo y diámetro de la boquilla de los rociadores automáticos.

Analizando la tabla 31, los riesgos existentes en la empresa por la capacidad de almacenamiento son superiores a los valores expuestos, por tal motivo el tipo de rociador que se deberá instalar es de orificio extra grande, con tiempo de respuesta rápida.

Se utilizarán rociadores del tipo EC 25 rociadores de cobertura extendida por área – densidad, con conector de 1” NTP, de la marca TYCO, ideal para riesgos extraordinarios, la cobertura máxima de protección es de 196 ft² (14 ft x 14 ft), 18,2 m² (4,27 m x 4,27 m). El factor de k = 363 l/min. Bar^{0,5} (25,2 usgpm/psi^{0,5}).

Se considera instalar los ramales en circuitos cerrados de 2” conectados a la red contra incendio de 4”, la ubicación de los rociadores será en forma transversal a los ejes de las áreas asignadas.

Tabla 31.
Protección: rociadores de agua - espuma para líquidos inflamables.

Tabla 4-8.2(d) - Protección mediante rociadores de agua-espuma Almacenamiento a granel o en estibas Recipientes metálicos (Para líquidos no miscibles o líquidos miscibles con concentraciones de líquidos inflamables > 50%)									
Recipientes no aliviadores									
Clase de Tipo de rociador líquido	Tamaño y disposición de recipientes	Máx. altura de almacen. (pies)	Máx. altura techo (pies)	Techo				Notas	Ref. ensayo de incendio ⁴
				Tipo de rociador		Densidad (gpm/pie ²)	Área de diseño (pies ²) ³		
				Orificio ¹	Respuesta ²				
IB, IC, II, o IIIA	≤ 5 gal en cajas de cartón	11	30	OG u OEG	RS o RR	0,4	3000	(2)	1
	≤ 5 gal sin cajas de cartón	12	30	STD u OG	RS o RR	0,3	3000	(2)	2
	> 5 gal ≤ 60 gal	5 (1 fila)	30	STD u OG	RS	0,3	3000		3
Recipientes aliviadores									
IB, IC, II, o IIIA	> 5 gal ≤ 60 gal	6 ½ (2 filas)	30	STD u OG	RS	0,3	3000	(1)	4
	Tanques portátiles	2 filas máx.	30	STD u OG	RS	0,3	3000		5

Unidades del SI: 1 gal = 3,8L; 1 pie = 0,3m; 1 pie² = 0,093m²; 1 gpm/pie² = 40,7 Lpm/m².

1 Se prefieren los rociadores con orificios mayores cuando se los instala de acuerdo con la norma NFPA 13, Norma para la instalación de sistemas de rociadores.

STD = Orificio standard; OG = Orificio grande; OEG = Orificio extra grande.

2 RS = Respuesta standard; RR = Respuesta rápida. Si los dos están listados, se prefiere RR.

3 Rociadores de techo de alta temperatura .

4 Ver Apéndice D-2, Tabla 4-8.2(d), para referencias a los ensayos de incendio sobre los que se basan los criterios de protección indicados en esta tabla.

NOTAS:

1. Barriles o tambores colocados sobre estibas con ranuras abiertas, sin relleno protector, para permitir el alivio de la presión de los tambores ubicados en los niveles inferiores.

2. El área de diseño puede reducirse a 2000 pies² si se emplea un sistema de espuma y agua precebado instalado de acuerdo con la norma NFPA 16A, Norma para Sistemas Rociadores de Espuma y Agua de Rociadores Cerrados, y mantenido de acuerdo con la norma NFPA 25, Norma para la Inspección, Ensayo y Mantenimiento de los sistemas de Protección contra Incendio a Base de Agua

Fuente. (NFPA 30, 2013), Tabla 4-8.2 (d)

12.3. Características de descarga de los rociadores.

El tipo y tamaño de orificios existente en los rociadores influyen en el factor K de la descarga relativa, y se puede seleccionar de acuerdo a la tabla 32.

Tabla 32

Características de descarga de los rociadores

CARACTERÍSTICAS DE DESCARGA DE LOS ROCIADORES				
Diámetro nominal del orificio		Factor K ⁻¹	% Descarga nominal de 1/2 pulgada	Tipo De Rosca (NPT)
(Pulgadas)	(mm)			
1/4	6.40	1,3-1,5	25	½ pulgada NPT
5/16	8.00	1,8-2,0	33.3	½ pulgada NPT
3/8	9.50	2,6-2,9	50	½ pulgada NPT
7/16	11.00	4,0-4,4	75	½ pulgada NPT
1/2	12.70	5,3-5,8	100	½ pulgada NPT
17/32	13.50	7,4-8,2	140	¾ pulgada NPT o ½ pulgada NPT
5/8	15.50	11,0-11,5	200	¾ pulgada NPT o ½ pulgada NPT
3/4	19.00	13,5-14,5	250	¾ pulgada NPT

K es la constante en la fórmula $Q = k\sqrt{p}$ Para unidades SI: $Q_m = k_m\sqrt{p_m}$
 Donde: Q = caudal en gpm Donde: Q_m= caudal en L/min
 p = presión en lb/pulg² p_m= presión en bar
 K_m= 14K

Fuente: NFPA 13. Tabla 2-2.2.
 Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Para mejor selección de los rociadores se debe tener presente la temperatura a la que estos equipos se activan automáticamente. Estos rociadores tienen los brazos del armazón pintados según el código de color, como se indica en la tabla 33.

Tabla 33.

Rangos de temperatura, clasificación y código de color

Temperatura Máxima en el techo		Ámbito de Temperatura		Clasificación de Temperatura	Código de Color	Color de la Ampolla de Vidrio
°F	°C	°F	°C			
100	38	135 a 170	57 a 77	Ordinaria	Sin Color o Negro	Naranja o Rojo
150	66	175 a 225	79 a 107	Intermedia	Blanco	Amarillo o Verde
225	107	250 a 300	121 a 149	Alta	Azul	Azul
300	149	325 a 375	163 a 191	Extra Alta	Rojo	Violeta
375	191	400 a 475	204 a 246	Extra Muy Alta	Verde	Negro
475	246	500 a 575	260 a 302	Ultra Alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra Alta	Naranja	Negro

Fuente: (NFPA 13, 2013)

La red contra incendio debe ser tubos de acero con costura, que cumplan las especificaciones ANSI o ASTM A53, según lo dispuesto por la (NFPA 13, 2013), en la tabla 2-3.1 Materiales.

La selección de los rociadores se hará de acuerdo a las cualidades de diseño y funcionamiento, se tendrá en cuenta dos clases de rociadores según el tamaño de la gota formada:

- a) **Los rociadores de gota grande:** Estos rociadores poseen un orificio de gran tamaño, permitiendo que las gotas formadas tengan la masa suficiente para penetrar las llamas formadas por fuegos con gran cantidad de combustible, la acción de este rociador radica en el peso de la gota.
- b) **Rociadores de supresión temprana y respuesta rápida (ESFR):**
Su funcionamiento se basa en el principio de los rociadores de gota grande, la principal diferencia radica en la fuerza con la que se lanza el agua, provocando la pulverización, cubre con mayor facilidad la superficie del fuego.

12.4. Requisitos para la instalación de los rociadores.

- a) Deben cubrir la totalidad de la empresa.
- b) Los rociadores deben cubrir máximo el área de diseño.
- c) La selección de los rociadores debe permitir que los niveles de desempeño en el tiempo de activación y la distribución sean los óptimos.
- d) Los accesorios de la red deben ser de fácil acceso para los respectivos controles y mantenimientos.
- e) La selección de los rociadores debe establecerse en base del área a protegerse de acuerdo al nivel de riesgo (ver tabla 34).

Tabla 34.
Rociadores: superficie máxima de protección

ROCIADORES: Superficie máxima de protección	
Nivel de riesgo	Área máxima de protección
Riesgo Leve	52.000 Pies ² (4.831 m ²)
Riesgo Ordinario	52.000 Pies ² (4 831 m ²)
Riesgo Extra	
Sistema Tabulado	25.000 Pies ² (2.323 m ²)
Sistema Hidráulicamente calculado	40.000 Pies ² (3.716 m ²)
Almacenamiento - en Pilas de Gran Altura (tal como se define en 1-4.2 NFPA 13) y Almacenamiento cubierto por otras normas NFPA	40.000 Pies ² (3.716 m ²)

Fuente: (NFPA 13, 2013)

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

- f) La distancia mínima de un rociador a otro debe ser de 1,8 m.
- g) La distancia máxima de un rociador a otro debe ser de 4 m.
- h) La presión mínima de operación de un rociador es 7 psi (0,5 bar).

- i) Para el nivel de riesgo existente en la destilería se determina de acuerdo a la norma (NFPA 30, 2013), el alcohol es catalogado riesgo IB.
- j) Otro factor a tener presente es el nivel de riesgo basado en la cantidad de líquidos inflamables y líquidos combustibles existentes en la destilería.
- k) El área máxima de protección permitida por cada rociador no debe exceder de 400 pies² (36m²).

12.5. Determinación de la carga de fuego.

Para la determinación de la carga de fuego se debe considerar:

- Tipo de producto almacenado.
- Área de almacenamiento.
- Peso del producto almacenado.
- Calor específico del material combustible.

La carga de fuego es el equivalente a tener Kg madera/m² en las áreas de riesgo.

La carga de fuego se calcula mediante la fórmula:

$$Q_c = \frac{C_c \times P}{4.500 \times A} = \frac{\text{Kg madera}}{\text{m}^2}$$

Q_c= Carga de combustible.

C_c= calor de combustión Kcal/Kg.

P= peso del material combustible en Kg.

A= Área en m².

El factor de 4.500 representa las Kilocalorías generadas por un Kg de madera seca.

Con el valor de la Carga combustible se determina el nivel de riesgo de acuerdo a la norma (NFPA 30, 2013, pág. Tabla 35).

Tabla 35

Valoración del nivel de riesgo por la cantidad de carga combustible

Valoración del nivel de riesgo carga combustible	
Nivel	Valor carga combustible (Kg madera/m ²)
Bajo	Hasta 35
Medio	De 35 a 75
Alto	Mayor a 75

Fuente: (NFPA 30, 2013)

Elaborado por: Julio Cajamarca C

12.6. Caudal necesario de agua para el sistema de rociadores.

Después de haber seleccionado las áreas que ameritan la instalación del sistema de rociadores y los tipos de equipos a utilizar es necesario calcular el caudal de agua requerido para el accionamiento de este sistema

La fórmula para el cálculo del caudal necesario de agua para el sistema de rociadores es:

$$Q = A \times \rho$$

Q = Es el caudal total necesario de agua del sistema para combatir un incendio, y se expresa en gpm, o lpm.

A = Área total del lugar donde opera los rociadores, se mide en m² o ft².

ρ = Densidad de diseño de los rociadores, es la relación entre el caudal del rociador y el área de operación de cada rociador, se mide en gpm.

12.7. Cálculo del número adecuado de rociadores.

El número de rociadores a instalarse se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$n_r = \frac{A_t}{A_r}$$

n_r = Número de rociadores a instalarse.

A_t = Área total de operación de los rociadores

A_r = Área de cobertura de un rociador.

Para el cálculo del caudal del rociador se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_r = k\sqrt{p}$$

Q_r = Caudal del rociador en gpm.

k = Constante del rociador

p = Presión de operación del rociador en psi

Para el cálculo del número de rociadores que se debe instalar por cada ramal en áreas de forma rectangular se utiliza la ecuación:

$$N_{rociadores\ por\ ramal} = \frac{1,2\sqrt{A_t}}{s}$$

En donde A_t = Área total del sector a proteger con los rociadores.

s = distancia máxima entre rociadores

13. CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LOS ROCIADORES.

Para el cálculo hidráulico se tomará como referencia el procedimiento descrito en la Norma (NFPA 13, 2013) y (NFPA 15, 2013), que se describe a continuación:

13.1. Resistencia a la fricción (NFPA 13, 2013).

El agua al ser bombeada por las tuberías sufre siempre una caída de presión, que es debida a los siguientes aspectos:

- La fricción del agua en contacto con las paredes de la tubería.
- El rozamiento que se produce entre las partículas de agua debido a las turbulencias que se producen en el recorrido o los cambios de velocidad originados en los accesorios instalados.
- Las longitudes equivalentes de los accesorios y válvulas instalados en el sistema. Estos valores se obtienen de la tabla 37.

Para el cálculo de las pérdidas por presión se utilizará la fórmula de Hazen y Williams:

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}}$$

ΔP = resistencia a la fricción en psi.

Q = flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción de Hazen y Williams, para tuberías de acero negro ASTM A 53 el valor es de 120 (ver tabla 36).

d = diámetro interno real de la tubería (pulgadas).

Tabla 36
Coeficiente C de Hazen y Williams

Valores C de Hazen-Williams	
Tubería o tubo	Valor C
Fundición de hierro o fundición dúctil sin recubrimiento interior	100
Acero negro (sistemas de tubería seca, incluyendo de preacción)	100
Acero negro (sistemas de tubería húmeda, incluyendo diluvio)	120
Galvanizada (toda)	120
Plástico (listada), toda	150
Fundición de hierro o fundición dúctil, revestida de cemento	140
Cobre o acero inoxidable	150

Fuente: (NFPA 13, 2013): Tabla 6-4.4.5
Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Tabla 37
Longitudes equivalentes de accesorios y válvulas - Tuberías acero Cédula 40

Tabla 8.5.2.1 Carta de Equivalencias de Longitudes de Tubería														
Accesorios y Válvulas Expresados en Pies Equivalentes (m)														
Accesorios y Válvulas	¾"		1"		1 ¼"		1 ½"		2"		2 ½"		3"	
	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m
Codos de 45°	1	0.3	1	0.3	1	0.3	2	0.6	2	0.6	3	0.9	3	0.9
Codo Estándar de 90°	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5	6	1.8	7	2.1
Codo de Vuelta Larga 90°	1	0.3	2	0.6	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5
Te o Cruz (Flujo a 90°)	4	1.2	5	1.5	6	1.8	8	2.4	10	3.1	12	3.7	15	4.6
Válvula de Compuerta	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	1	0.3	1	0.3
Válvula Mariposa	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1.8	7	2.1	10	3.1
Válvula de Retención*	4	1.2	5	1.5	7	2.1	9	2.7	11	3.4	14	4.3	16	4.9

Accesorios y Válvulas Expresados en Pies Equivalentes (m)														
Accesorios y Válvulas	3½"		4"		5"		6"		8"		10"		12"	
	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m
Codo de 45°	3	0.9	4	1.2	5	1.5	7	2.1	9	2.7	11	3.4	13	4.0
Codo Estándar de 90°	8	2.4	10	3.1	12	3.7	14	4.3	18	5.5	22	6.7	27	8.2
Codo de Vuelta Larga 90°	5	1.5	6	1.8	8	2.4	9	2.7	13	4.0	16	4.9	18	5.5
Te o Cruz (Flujo a 90°)	17	5.2	20	6.1	25	7.6	30	9.2	35	10.7	50	15.3	60	18.3
Válvula de Compuerta	1	0.3	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5	6	1.8
Válvula Mariposa	-	-	12	3.7	9	2.7	10	3.1	12	3.7	19	5.8	21	6.4
Válvula de Retención	19	5.8	22	6.7	27	8.2	32	9.8	45	13.7	55	16.8	65	19.8

*Debido a las variaciones en el diseño de las válvulas retención oscilante, las equivalencias de tubería indicados en la carta anterior son un promedio

Notas:

1. Use la equivalencia de valor pies (m) para el "codo estandar" en cualquier giro abrupto de 90° tal como el tipo atornillado. Para el "codo de vuelta larga" en cualquier giro de 90° como bridas, soldadura o juntas mecánicas tipo codo.
2. Para diámetros internos diferentes a tubería de acero Cédula 40 la equivalencia en pies mostrados debe multiplicada en la fórmula siguiente:

$$\left[\frac{\text{Diámetro interno actual}}{\text{Diámetro interno de la tubería de acero Cédula 40}} \right]^{4.87} = \text{Factor}$$

Fuente: (NFPA 15, 2013)

$$Q_{rociador} = A \text{ cobertura rociador (m}^2) \times \rho \text{ densidad } \left(\frac{lpm}{m^2} \right)$$

$$Q_{rociador} = lpm \times \frac{1 \text{ galón}}{3,785 \text{ l}} = gpm$$

$$P_{rociador} = \left(\frac{Q_{rociador} \text{ gpm}}{k} \right)^2 = psi$$

Estos valores de Q obtenidos corresponden a la cantidad inicial de agua requerida para el rociador ubicado en el punto más lejano del área de operación. (NFPA, 2012, págs. 8-318)

Para el valor de la longitud total del tramo expresado en metros se aplica la fórmula:

$$L_{total} = L \text{ tubería} + L \text{ accesorios}$$

En la tabla 37, se encuentra los valores de los diámetros internos para los diferentes diámetros de tuberías.

Tabla 38
Dimensiones de las tuberías de acero

Tamaño Nominal de Tubería	Diámetro Externo		Cédula 10 ¹			Cédula 30			Cédula 40		
			Diámetro Interno		Espesor de Pared	Diámetro Interno		Espesor de Pared	Diámetro Interno		Espesor de Pared
	Pulg.	(mm)	Pulg.	(mm)	Pulg. (mm)	Pulg. (mm)	Pulg. (mm)	Pulg. (mm)	Pulg. (mm)	Pulg. (mm)	
1	1.315 (33.4)		1.097 (27.9)	0.109 (2.8)					1.049 (26.6)	0.133 (3.4)	
1¼	1.660 (42.2)		1.442 (36.6)	0.109 (2.8)					1.380 (35.1)	0.140 (3.6)	
1½	1.900 (48.3)		1.682 (42.7)	0.109 (2.8)					1.610 (40.9)	0.145 (3.7)	
2	2.375 (60.3)		2.157 (54.8)	0.109 (2.8)					2.067 (52.5)	0.154 (3.9)	
2½	2.875 (73.0)		2.635 (66.9)	0.120 (3.0)					2.469 (62.7)	0.203 (5.2)	
3	3.500 (88.9)		3.260 (82.8)	0.120 (3.0)					3.068 (77.9)	0.216 (5.5)	
3½	4.000 (101.6)		3.760 (95.5)	0.120 (3.0)					3.548 (90.1)	0.226 (5.7)	
4	4.500 (114.3)		4.260 (108.2)	0.120 (3.0)					4.026 (102.3)	0.237 (6.0)	
5	5.563 (141.3)		5.295 (134.5)	0.134 (3.4)					5.047 (128.2)	0.258 (6.6)	
6	6.625 (168.3)		6.357 (161.5)	0.134 ² (3.4)					6.065 (154.1)	0.280 (7.1)	
8	8.625 (219.1)		8.249 (209.5)	0.188 ² (4.8)	8.071 (205.0)	0.277 (7.0)					
10	10.75 (273.1)		10.37 (263.4)	0.188 ² (4.8)	10.14 (257.6)	0.307 (7.8)					

¹ Cédula 10 definida para tamaño nominal de tubería de 5" (127mm) por ASTM A 135 Standard Specification for Electric-Resistance-Welded Steel Pipe.
² Esesor de pared especificado en 5.3.2.

Fuente: (NFPA 15, 2013)

13.2. Cálculo de la presión de velocidad.

La presión de velocidad llamada también presión dinámica es la generada por un fluido al pasar del estado de reposo al de movimiento por la acción de una presión considerable generando la presencia de velocidad.

Para el cálculo de la presión de la velocidad se emplea la fórmula expresada en la norma (NFPA 13, 2013, pág. 74):

$$Pv = \frac{0,001123 Q^2}{D^4} = psi$$

En donde:

Pv = Presión de velocidad en psi.

Q = Flujo en gpm

D = Diámetro interno en Pulg.

13.3. Cálculo de la velocidad del fluido.

Cálculo de la velocidad del fluido: $v = \frac{Q}{a}$

Siendo:

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm.

a = Sección de la tubería (m²) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2}$$

d = Diámetro interior de la tubería expresado en mm

13.4. Cálculo de la presión normal.

La presión normal se calcula por medio de la fórmula expresada en (NFPA 15, 2013, pág. 29):

$$P_n = P_t - P_v = \text{psi}$$

Siendo:

P_n = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

P_t = Presión total en psi.

P_v = Presión de velocidad en psi.

13.5. Pérdidas de presión debido a la fricción:

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = \text{psi}$$

13.6. Presión estática (Suay, 2010, pág. 282):

$$P_h = 0.098 * h$$

P_h = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes cotas o alturas (bar)

h = Altura vertical en metros.

13.7. Puntos de conexión hidráulica.

Los cálculos para los caudales y presiones en los puntos de conexión hidráulica se harán en los accesorios tipo T, se deben compensar o corregir de acuerdo a las presiones más altas. Para esto se utilizará la fórmula expresada en la norma (NFPA 15, 2013, pág. 30):

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}$$

13.8. Descarga de los rociadores.

El caudal de la descarga de los rociadores se calcula mediante la siguiente fórmula (NFPA 15, 2013, pág. 30)

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

Siendo:

Q = Caudal desde la boquilla en gpm.

K = Coeficiente K de la boquilla.

P = Presión total en psi para el flujo Q

14. SISTEMA DE PROTECCIÓN BOCAS DE INDENCIO EQUIPADAS (BIE)

Constituyen los sistemas de hidrantes.

Existen diez hidrantes instalados en la destilería, de los cuales solo cuatro se encuentran con espuma química AR - AFFF, y el alcance de las mangueras es de 15 metros.

El sistema actual de la red contra incendio está compuesto por:

- Sistemas de alimentación de agua a la red, el agua puede ser captada del canal perimetral existente en caso de ser extremadamente necesario, o de una bomba de inmersión cuya capacidad es 1500 gpm.
- Posee la bomba contra incendio, y una bomba Jockey para mantener la red con una presión constante.
- La red de distribución de agua.

Para definir el sistema de protección de la empresa, se sectoriza de la siguiente manera:

- a) El área de calderos y turbinas.
- b) El área ocupada por la destilería y los tanques de producción diario.
- c) El área de despacho de alcohol.
- d) El área de almacenamiento de alcohol.

En el plano de los hidrantes se encuentra el layout general de la planta y la distribución de la red contra incendio.

La presión de trabajo debe ser de 70 psi que es lo mínimo requerido de acuerdo a la NFPA 14. Se procederá a realizar los cálculos de caudales requeridos para este sistema en los hidrantes de mayor distancia.

Los hidrantes ubicados en la empresa corresponden de acuerdo a la (NFPA 14, 2013, págs. 22,23) a un sistema de Clase III (ver tabla 39), y el diámetro instalado es de 45 mm correspondiente a un nivel de riesgo intrínseco del local de clase alto según la siguiente tabla 40.

Tabla 39
Selección de hidrantes según el Tipo de Clase

SISTEMAS CLASE PARA SELECCIÓN DE LOS HIDRANTES	
CLASE I	Compuesto por mangueras de 2 ½ pulgadas (65mm), en las siguientes instalaciones: 1. En los descansos de escaleras. 2. En los muros adyacentes de las salidas horizontales. 3. En edificios que no sean galerías cubiertas.
CLASE II	Compuesto por mangueras de 1 ½ pulgadas (38mm), la distancia máxima de recorrido por cada piso o nivel no puede exceder de 39, 7 metros.
CLASE III	Incluyen las mangueras de 1 ½ y 2 pulgadas como en las clases anteriores. Las instalaciones están protegidas por un sistema de rociadores del tipo ramal o abierto, cuyo suministro de agua termina en o varios bocas de incendio (BIE) La red instalada cubre el perímetro del área a proteger mediante un sistema de tubería húmeda. La red está conectada a un sistema de tubería seca

Fuente: (NFPA 14, 2013, págs. 22, 23)
Elaborado por: Julio Cajamarca C

Tabla 40
Nivel de riesgo intrínseco - diámetro del BIE

Nivel intrínseco del riesgo	Diámetro del BIE requerido	Simultaneidad de operación	Tiempo máximo de operación
BAJO	DN 25 mm	2	1 hora
MEDIO	DN 45mm	2	1 hora
ALTO	DN 45mm	3	1 hora

Fuente: (NFPA 14, 2013)
Elaborado por: Julio Cajamarca C

Los hidrantes se encuentran ubicados a una altura máxima de 1,5 m, y a una distancia máxima de 5 metros de las salidas de cada área de peligro.

El estudio de los hidrantes se basará en determinar la situación actual y los planteamientos requeridos para que este sistema cubra en la totalidad las áreas de riesgo.

14.1. Elementos de un BIE, y sus características.

Los hidrantes están compuestos de:

- a) Lanza – boquilla.
Es el componente colocado al extremo externo de la manguera y su función es la de regular el flujo de agua y aire a la mezcla agua - espuma
- b) Manguera.
Es un tubo flexible provisto de racores que permiten la conexión a la lanza, la válvula o a otra manguera.
- c) Racor.
Es un acople metálico que permite una rápida conexión de mangueras, lanzas y válvulas.
- d) Válvula.
El accionamiento de este equipo permite que exista el ingreso o el corte de agua a la manguera para nuestro caso será una válvula de bronce con rosca de 1 ½” de tipo globo, de accionamiento manual.
- e) Manómetro.
Este elemento se coloca en varias partes de la red y servirá para medir la presión existente del sistema.
- f) Soportes.
Estos componentes fijan la manguera en el hidrante.
- g) Estante.
Es un armario en cuyo interior se encuentra los componentes del BIE, sirve para proteger los componentes del deterioro ocasionado por el ambiente. En su interior también se localiza la lanza.

14.2. Caudal de descarga de un hidrante.

La siguiente ecuación determina el caudal (Q) que debe dar una BIE, en el momento de su accionamiento.

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

P = presión de llegada y su unidad está en bar.

Q = caudal de trabajo del hidrante y se expresa en lpm (lts/min).

K = factor del hidrante

El coeficiente K está en función del diámetro de la boquilla de salida y de la presión de trabajo (ver tabla 41, y 42).

Tabla 41
Coeficiente K para una BIE 25

Caudal mínimo y coeficiente K en función de la presión. Para BIE - 25				
Diámetro de la boquilla de salida de la lanza	Caudal mínimo Q (lpm)			Coeficiente K
	P = 2 bar	P = 4 bar	P = 6 bar (87psi)	
4	12	18	22	9
5	18	26	31	13
6	24	34	41	17
7	31	44	53	22
8	39	56	68	28
9	46	66	80	33
10	59	84	105	42
12	90	128	156	64

Fuente: (Suay, 2010, pág. 263)
Elaborado por: Julio Cajamarca C

Tabla 42
Coeficiente K para una BIE 45

Caudal mínimo y coeficiente K en función de la presión. Para BIE - 45				
Diámetro de la boquilla de salida de la lanza	Caudal mínimo Q (lpm)			Coeficiente K
	P = 2 bar	P = 4 bar	P = 6 bar (87psi)	
9	66	92	112	46
10	78	110	135	55
11	93	131	162	68
12	100	140	171	72
13	120	170	208	85

Fuente: (Suay, 2010, pág. 64)
Elaborado por: Julio Cajamarca C

El área de cobertura de un BIE será de 20 metros de un hidrante con respecto a otro, el largo de las mangueras contra incendio para una BIE de 45 mm es de 15 metros y se deberá considerar que el chorro del agua llega a una distancia de 5 metros.

La distancia de 5 metros es la aconsejada por los bomberos y es la separación mínima que debe tener el brigadista con respecto a la línea de fuego.

Capítulo 2. CÁLCULOS Y RESULTADOS

1. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR EL MÉTODO DE “GRETENER”

1.1. Nivel de riesgo de incendio en la destilería

Los criterios para el cálculo del nivel de riesgo en el área de destilería son:

- La construcción es del tipo V la estructura de la destilería es de gran tamaño, posee varios pisos o niveles, y su estructura facilita la propagación del fuego.
- Para el cálculo del factor q. El poder calorífico del alcohol etílico es de 25,1 MJ/Kg (valor tomado de la tabla 1.4 del anexo 1)
- La cantidad existente de alcohol en el área es de 30.000 kg, y su densidad es 0.804 Kg/lt
- El valor del área de destilería es de 224 m²
- La carga de incendio mobiliaria se calcula (tabla 43):

$$Q_m = 25,1 \frac{MJ}{Kg} * 30.000Kg = \frac{753.000 MJ}{224 m^2} = 3.362 \frac{MJ}{m^2}$$

Con el valor de 3.362 MJ/m² en la tabla 6 se obtiene el valor de q = 1,8

Tabla 43
Carga combustibles de diferentes áreas de la destilería

VALORACIÓN DE LA CARGA DE INCENDIO MOBILIARIA								
Área	Dimension (metros)		Material combustible	Cantidad de material			Poder calorífico MJ/Kg	Carga de combustible
	Lado 1	Lado 2		ÁREA (m2)	Máxima Kg	Existente Kg		
Columnas de destilación	16.0	14.0	Alcohol etílico	224.0	30,000.0	30,000.0	25.1	3,361.6
BODEGA	11.0	8.0	Aceites	88.0		5,000.0	42.0	2,386.4
Tanques de producción diaria	15.0	10.0	Alcohol etílico	150.0	70,000.0	40,000.0	25.1	6,693.3
Área de despacho de alcohol	11.5	15.0	Alcohol etílico	172.5	60,000.0	60,000.0	25.1	8,730.4
Área Tanque #7 Alcohol anhidro	25.0	25.0	Alcohol etílico	625.0	400,000.0	150,000.0	25.1	6,024.0
Área Tanque # 1 Alcohol neutro	25.5	15.8	Alcohol etílico	402.9	800,000.0	200,000.0	25.1	12,459.7
Área Tanque # 2 Alcohol neutro	29.0	25.5	Alcohol etílico	739.5	800,000.0	200,000.0	25.1	6,788.4

Elaborado por: Julio Cajamarca C

- Calculo del factor c (grado de combustibilidad).
El punto de inflamabilidad del etanol es de 13°C, según la CEA, el grado de inflamabilidad es 1,6 (para líquidos con punto de inflamación menor a 21°C), ver tabla 7.
- Para obtener el valor de r (peligro de humos).

El etanol al arder no produce humo, pero los vapores alcohólicos son peligrosos desplazan el oxígeno y pueden producir asfixia. Se toma el valor de 1.2, de la tabla 8 (peligro de humo grande).

- Peligro de corrosión, factor k.

En caso de incendio el nivel de toxicidad por los desprendimientos de vapores alcohólicos aumenta, se considera el peligro del tipo grande con un valor de 1.2., dato obtenido de la tabla 9.

- Carga térmica inmobiliaria, factor i.

La construcción de la destilería es de estructura metálica. Por ese motivo se toma el valor 1 de la tabla 10 correspondiente a estructura portante de hormigón, ladrillo, acero, otros metales.

- Factor e, nivel de planta o altura útil.

Se tiene en consideración para la aplicación de este factor: existe 8 niveles en la destilería y la altura es de 27 metros. Factor e= 1,9 (ver tabla 13 factor e para edificios de varias plantas).

- Factor g, superficie de la destilería.

La destilería posee 8 niveles, para el cálculo del tamaño del compartimiento, se debe sumar todas las áreas de cada uno de los niveles:

Superficie total: $Superficie\ total = \text{área del nivel} * \#niveles$

$$Superficie\ total = 224 * 8 = 1.792\ m^2$$

La relación l: b se obtiene: largo de cada nivel=16 m, ancho de cada nivel=14 m.

$$l: b = \frac{16}{14} = \frac{1.1}{1}$$

Con estos datos el valor de g obtenido es igual a 1,2 (ver tabla 14)

- **Cálculo del peligro potencial p**

$$P = q * c * r * k * i * e * g$$

$$P = 1.8 * 1.6 * 1.2 * 1.2 * 1 * 1.9 * 1.2 = 9,4556$$

- **Cálculo de medidas normales (n), tabla 15.**

a) Factor n1: La empresa cuenta con extintores portátiles, pero no son los suficientes, por ese motivo se toma el valor de 0,9

b) Factor n2: La empresa cuenta con Hidrantes pero no son los suficientes, existen 6 hidrantes sin conexión a espuma química, y no abarcan todas las superficies de riesgo, por ese motivo se toma el valor de 0,8.

c) Factor n3: Como reservas de agua la red contra incendio puede tomar agua del canal perimetral existente, o de los pozos profundos. La bomba contra incendio trabaja a 150 psi de presión, con un caudal de 500 gpm. Por estos datos se toma como valor 1,0.

d) Factor n4: La distancia entre las mangueras y las áreas que debe cubrir en caso de un incendio es inferior 70 metros. El valor del factor es 1.0.

e) Factor n5: Instrucción del personal. Existe brigadas contra incendio que deben mejorar en su capacitación. El valor es de 1.0.

$$N = n1 * n2 * n3 * n4 * n5 = 0,9 * 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,0$$

$$N = 0,72$$

➤ **Cálculo de medidas especiales (s), tabla 16.**

- a) Factor s1, detección del fuego: la empresa no posee sistemas de vigilancia para incendios, se toma el valor de 1,0.
- b) Factor s2, métodos de transmisión de alarma: la empresa no posee sistemas de transmisión de alarma, se toma el valor de 1,0. Al no estar listado esta situación en la tabla se debe tomar el valor más bajo del método y que es 1,0 para efectos de cálculo.
- c) Factor s3, organismos de intervención en caso de emergencia: la empresa posee un grupo de intervención o brigada menor a 10 personas, y su intervención sería únicamente durante las horas de trabajo, por este motivo el valor a tener en cuenta es igual a 1,0 (si no se encuentra dentro del listado de la tabla el valor a tenerse en cuenta es 1,0).
- d) Factor s4, tiempo de intervención de los organismos externos: en el Cantón La Troncal, existe un Cuerpo de Bomberos profesionales, que cuenta con varias unidades de socorro, autobombas y equipo profesional en constante capacitación profesional, se le puede considerar del nivel 4, y la distancia entre el Cuerpo de Bomberos y la empresa es menor a 5 km, en las pruebas realizadas en conjunto el tiempo de respuesta ha sido de aproximadamente 6 min. Con estos datos el valor de s4 es igual a 1,0. (si no se encuentra dentro del listado de la tabla el valor a tenerse en cuenta es 1,0)
- e) Factor s5, sistemas de extinción instalados: la empresa cuenta con sistemas de protección que no brindan la cobertura total de las áreas asignadas, por este motivo se toma el valor de 1,0.
- f) Factor s6, sistemas de evacuación de calor y humo: las instalaciones de la empresa son lugares abiertos, por este motivo no existirían concentraciones de humo o fuego, tomándose el valor de 1,2 para este factor. Los sistemas de evacuación de humos automáticos o manuales se instalan en instalaciones cerradas.

$$\text{Medidas especiales } S = s1 * s2 * s3 * s4 * s5 * s6 = 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1 * 1,2$$

$$\text{Medidas especiales } S = 1,2$$

➤ **Cálculo del factor de las medidas de la construcción (f), tabla 17**

- a) Factor f1, Estructuras portantes: La estructura metálica está formado por canales, vigas, correas tipo G, cuyas dimensiones son superiores a 150 cm, por este motivo se toma como resistencia al fuego los valores superiores a 90 min, según las tablas de la (NTP 39, 1983, pág. Tabla II.7). El valor de f1=1,3

- b) Factor f2, se toma el valor para f90 y más. El valor f2 = 1,15
- c) Factor f3, la estructura es de tipo V, y no se encuentran protegidas por sistemas de extinción automática, el fuego puede propagarse hacia los niveles superiores sin ofrecer mayor resistencia, se considera el valor para f<30 con un número de pisos mayor a 2. Factor f3 = 1.

Se toma en consideración la estructura tipo V, debido a que son estructuras que no presentan resistencia al fuego.

- d) Factor f4, no existen células cortafuegos. Se toma el valor de f4 = 1.

$$\text{Medidas inherentes a la construcción } F = f1 * f2 * f3 * f4 = 1,3 * 1,15 * 1,0 * 1,0$$

$$\text{Medidas inherentes a la construcción } F = 1,495$$

➤ **Exposición al riesgo (factor B)**

$$B = \frac{q * c * r * k * i * e * g}{N * S * F} = \frac{P}{N * S * F}$$

$$B = \frac{9,46}{0,72 * 1,2 * 1,495} = \frac{9,456}{1,2916} = 7,32$$

➤ **Peligro de activación (factor A), tabla 18**

La empresa representa un riesgo medio de activación de incendio, se trabaja con líquidos inflamables, y no existe gran presencia de vapores que serían los responsables de activar una emergencia. Factor A = 1,2

➤ **Riesgo de incendio efectivo**

$$R = B * A = 7,32 * 1,2 = 8,78$$

➤ **Verificación de la seguridad en la empresa. Nivel de riesgo aceptado Ru.**

$$Ru = Rn * P_{HE}$$

Rn = Es el factor de riesgo normal para las personas = 1,3

P_{HE} = Para calcular: se tiene en consideración los valores para la categoría 3 (se cataloga como establecimientos diversos), el número de personas máximo en el área de trabajo es de 10 personas y el número de pisos es 7.

Con estos datos el valor de P_{HE} = 0.7 (ver tabla 19).

$$Ru = 1,3 * 0,7 = 0,91$$

Se considera como exposición a un riesgo normal de las personas el valor de P_{HE}=1

➤ **Cálculo de la seguridad contra incendio.**

$$\gamma = \frac{Ru}{R} = \frac{0,91}{8,78} = 0,104$$

Para valorar este dato se debe tener en consideración:

El factor γ es: {
 < 1 existe riesgo
 = 1 riesgo normal
 > 1 riesgo bajo

En este caso el nivel de riesgo es insuficiente, el valor es inferior a 1, es necesario evaluar condiciones que mejoren este nivel de riesgo.

Tabla 44
Nivel de riesgo por el método de "GREENER": DESTILERÍA

FÁBRICA DE ALCOHOL			
UBICACIÓN: LA TRONCAL		Fecha: 18 de abril del 2016	
ÁREA: DESTILERÍA		SITUACIÓN DEL ANÁLISIS: ACTUAL	
Compartimento cortafuego (en caso de existir):		Largo l = 16.00 m	
		Ancho b = 14.00 m	
Tipo de edificio:		AB = 224.00 m ²	
V		l : b = 1 : 1	
Factor	CONCEPTO		VALOR
q	Factor Carga incendio mobiliaria	Qm = 3362 MJ/m ²	1.80
c	Combustibilidad de los materiales		1.60
r	Peligro por humos de materiales combustibles		1.20
k	Peligro por corrosión o toxicidad		1.20
i	Carga térmica inmobiliaria		1.00
e	Nivel de la planta en relación a la altura útil		1.90
g	Dimensión de la superficie del compartimento		1.20
P	PELIGRO POTENCIAL	P = q · c · r · k · l · e · g	9.456
n ₁	Extintores portátiles existentes en la empresa		0.90
n ₂	Hidrantes internos, Bocas de Incendio Equipadas (BIE) - Insuficientes		0.80
n ₃	Fiabilidad de fuentes de agua disponibles		1.00
n ₄	Longitud de conductos para transportar agua para extinción		1.00
n ₅	Instrucción de personal en materia de extinción		1.00
N	MEDIDAS NORMALES	N = n₁ · n₂ · n₃ · n₄ · n₅	0.72
s ₁	Sistema para detección temprana de fuego		1.00
s ₂	Sistema para transmisión de alarma temprana		1.00
s ₃	Intervención de bomberos en el caso de emergencia		1.00
s ₄	Tiempo requerido para la intervención de bomberos oficiales		1.00
s ₅	Instalación de sistemas de extinción requeridos		1.00
s ₆	Instalación de sistemas para evacuación de humo		1.20
S	MEDIDAS ESPECIALES	S = s₁ · s₂ · s₃ · s₄ · s₅ · s₆	1.20
f ₁	Resistencia de la estructura de hormigón	F > 90 min	1.30
f ₂	Resistencia de las fachadas	F > 30 min	1.15
f ₃	Resistencia al fuego de pisos estructura metálica	F < 30 min	1.00
f ₄	• Separación de plantas		
	• Comunicaciones con pasos verticales y aberturas		
f ₄	Dimensiones de los compartimentos o células cortafuegos	AZ =	1.00
	• Comunicaciones verticales entre pisos existentes	AF/AZ =	
F	MEDIDAS DE LA CONSTRUCCIÓN	F = f₁ · f₂ · f₃ · f₄	1.495
B	Exposición al riesgo por fuego	B = P / (N · S · F)	7.32
A	Peligro de activación o probabilidad de ocurrencia		1.20
R	RIESGO INCENDIO EFECTIVO	R = B · A	8.78
P _{HE}	Clasificación al riesgo de las personas expuestas	Compartimento 3	0.70
R _U	Riesgo de incendio normal aceptado	p = 7 R _U = 1,3 · P _{HE}	0.91
γ	FACTOR DE LA SEGURIDAD CONTRA EL INCENDIO	γ = R_U / R	0.10
RESUMEN DE CÁLCULOS			
1.	Valor por exposición de riesgo al fuego		7.32
2.	Valor del riesgo de incendio efectivo		8.78
3.	Valor del coeficiente de seguridad contra incendios		0.10
4.	La seguridad efectiva contra incendios del área analizada		INSUFICIENTE

Elaborado por: Julio Cajamarca C

1.2. Nivel de riesgo de incendio: bodega de repuestos (método de “GRETENER”)

Tabla 45
Nivel de riesgo por el método de “GRETENER”: BODEGA DE REPUESTOS

FÁBRICA DE ALCOHOL		
UBICACIÓN: LA TRONCAL		Fecha: 18 de abril del 2016
ÁREA: BODEGA DE REPUESTOS		SITUACIÓN DEL ANÁLISIS: ACTUAL
Compartimento cortafuego(en caso de existir):		Largo l = 11.00 m Ancho b = 8.00 m
Tipo de edificio:		AB = 88.00 m ² l : b = 1 : 1
G		
Factor	CONCEPTO	VALOR
q	Factor Carga incendio mobiliaria	Qm = 2386 MJ/m ² 1.70
c	Combustibilidad de los materiales	1.60
r	Peligro por humos de materiales combustibles	1.20
k	Peligro por corrosión o toxicidad	1.20
i	Carga térmica mobiliaria	1.00
e	Nivel de la planta en relación a la altura útil (edificio de 2 plantas altura menor a 7m)	1.30
g	Dimensión de la superficie del compartimento	0.40
P	PELIGRO POTENCIAL	P = q · c · r · k · l · e · g 2.037
n ₁	Extintores portátiles existentes en la empresa	0.90
n ₂	Hidrantes internos, Bocas de Incendio Equipadas (BIE) - No existe para esta zona	0.80
n ₃	Fiabilidad de fuentes de agua disponibles	1.00
n ₄	Longitud de conductos para transportar agua para extinción	0.95
n ₅	Instrucción de personal en materia de extinción	1.00
N	MEDIDAS NORMALES	N = n₁ · n₂ · n₃ · n₄ · n₅ 0.68
s ₁	Sistema para detección temprana de fuego	1.00
s ₂	Sistema para transmisión de alarma temprana	1.00
s ₃	Intervención de bomberos en el caso de emergencia	1.00
s ₄	Tiempo requerido para la intervención de bomberos oficiales	1.00
s ₅	Instalación de sistemas de extinción requeridos	1.00
s ₆	Instalación de sistemas para evacuación de humo (la bodega es un lugar cerrado, y no cuenta con este sistema)	1.00
S	MEDIDAS ESPECIALES	S = s₁ · s₂ · s₃ · s₄ · s₅ · s₆ 1.00
f ₁	Resistencia de la estructura de hormigón	F > 90 min 1.30
f ₂	Resistencia de las fachadas	F > 90 min 1.15
f ₃	Resistencia al fuego de pisos estructura metálica (dos pisos estructura tipo G) • Separación de plantas • Comunicaciones con pasos verticales y aberturas	F < 30 min 1.05
f ₄	Dimensiones de los compartimentos o células cortafuegos (la bodega es un sitio cerrado por paredes de hormigón-mixta) • Comunicaciones verticales entre pisos existentes (no existen vitrales)	AZ < 100 m ² AF/AZ < 5% 1.10
F	MEDIDAS DE LA CONSTRUCCIÓN	F = f₁ · f₂ · f₃ · f₄ 1.727
B	Exposición al riesgo por fuego	B = P / (N · S · F) 1.72
A	Peligro de activación o probabilidad de ocurrencia (medio)	1.20
R	RIESGO INCENDIO EFECTIVO	R = B · A 2.07
P _{H.E}	Clasificación al riesgo de las personas expuestas (se tiene en consideración como establecimientos diversos - y ocupación de 5 personas)	Compartimento 3 pisos = 2 0.85
R _U	Riesgo de incendio normal aceptado	R _U = 1,3 · P _{H.E} 1.11
Y	FACTOR DE LA SEGURIDAD CONTRA EL INCENDIO	γ = R_U / R 0.53
RESUMEN DE CÁLCULOS		
1.	Valor por exposición de riesgo al fuego	1.72
2.	Valor de el riesgo de incendio efectivo	2.07
3.	Valor del coeficiente de seguridad contra incendios	0.53
4.	La seguridad efectiva contra incendios del área analizada	INSUFICIENTE

Elaborado por: Julio Cajamarca C

1.3. Nivel de riesgo de incendio en los tanques de almacenamiento de producción diaria (método de “GRETENER”)

Tabla 46

Nivel de riesgo por el método de “GRETENER”: Bodega de repuestos

FÁBRICA DE ALCOHOL		
UBICACIÓN: LA TRONCAL		Fecha: 18 de abril del 2016
ÁREA: TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCCIÓN DIARIA		SITUACIÓN DEL ANÁLISIS: ACTUAL
Compartimento cortafuego (en caso de existir):		Largo l = 15.00 m Ancho b = 10.00 m
Tipo de edificio:		AB = 150.00 m ²
V	El área de almacenamiento tiene 150 m ² , es de 1 piso y no posee resistencia al fuego	l : b = 1 : 1
Factor	CONCEPTO	VALOR
q	Factor Carga incendio mobiliaria	Qm = 6693 MJ/m ²
c	Combustibilidad de los materiales	1.60
r	Peligro por humos de materiales combustibles	1.20
k	Peligro por corrosión o toxicidad	1.20
i	Carga térmica inmobiliaria (las construcciones son de planchas de acero y estructura metálica)	1.00
e	Nivel de la planta en relación a la altura útil (Qm mediano, y altura máxima 10 m)	1.90
g	Dimensión de la superficie del compartimento	0.40
P	PELIGRO POTENCIAL	P = q · c · r · k · i · e · g
		3.502
n ₁	Extintores portátiles existentes en la empresa	0.90
n ₂	Hidrantes internos, Bocas de Incendio Equipadas (BIE) - Insuficientes	0.80
n ₃	Fiabilidad de fuentes de agua disponibles	1.00
n ₄	Longitud de conductos para transportar agua para extinción (<70 m)	1.00
n ₅	Instrucción de personal en materia de extinción	1.00
N	MEDIDAS NORMALES	N = n₁ · n₂ · n₃ · n₄ · n₅
		0.72
s ₁	Sistema para detección temprana de fuego	1.00
s ₂	Sistema para transmisión de alarma temprana	1.00
s ₃	Intervención de bomberos en el caso de emergencia	1.00
s ₄	Tiempo requerido para la intervención de bomberos oficiales	1.00
s ₅	Instalación de sistemas de extinción requeridos	1.00
s ₆	Instalación de sistemas para evacuación de humo	1.20
S	MEDIDAS ESPECIALES	S = s₁ · s₂ · s₃ · s₄ · s₅ · s₆
		1.20
f ₁	Resistencia de la estructura de hormigón	F > 90 min
		1.30
f ₂	Resistencia de las fachadas	F > 90 min
		1.15
f ₃	Resistencia al fuego de pisos estructura metálica. Existe 1 sola planta y es tipo V • Separación de plantas • Comunicaciones con pasos verticales y aberturas	F < 30 min
		1.00
f ₄	Dimensiones de los compartimentos o células cortafuegos • Comunicaciones verticales entre pisos existentes. El área es abierta, no posee ventanas	AZ= 150 AF/AZ=
		1.00
F	MEDIDAS DE LA CONSTRUCCIÓN	F = f₁ · f₂ · f₃ · f₄
		1.495
B	Exposición al riesgo por fuego	B = P / (N · S · F)
		2.71
A	Peligro de activación o probabilidad de ocurrencia (en el área existe líquido inflamable)	
		1.20
R	RIESGO INCENDIO EFECTIVO	R = B · A
		3.25
P _{HE}	Clasificación al riesgo de las personas expuestas (establecimientos diversos)	Compartimento 3
	Número máximo de personas expuestas = 3	p = 1
R _U	Riesgo de incendio normal aceptado	R _U = 1,3 · P _{HE}
		1.30
Y	FACTOR DE LA SEGURIDAD CONTRA EL INCENDIO	γ = R_U / R
		0.40
RESUMEN DE CÁLCULOS		
1.	Valor por exposición de riesgo al fuego	2.71
2.	Valor del riesgo de incendio efectivo	3.25
3.	Valor del coeficiente de seguridad contra incendios	0.40
4.	La seguridad efectiva contra incendios del área analizada	INSUFICIENTE

Elaborado por: Julio Cajamarca C

1.4. Nivel de riesgo de incendio en el área de despacho de alcohol (método de “GREENER”)

Tabla 47
Nivel de riesgo por el método de “GREENER”: DESPACHO DE ALCOHOL

FÁBRICA DE ALCOHOL		
UBICACIÓN: LA TRONCAL		Fecha: 18 de abril del 2016
ÁREA: DESPACHO DE ALCOHOL		SITUACIÓN DEL ANÁLISIS: ACTUAL
Compartimento cortafuego (en caso de existir):		Largo l = 15.00 m Ancho b = 11.50 m
Tipo de edificio:		AB = 172.50 m ²
V	El área de almacenamiento tiene 172.5 m ² , es de 2 piso y no posee resistencia al fuego	l : b = 1 : 1
Factor	CONCEPTO	VALOR
q	Factor Carga incendio mobiliaria	Qm = 8730 MJ/m ² 2.10
c	Combustibilidad de los materiales	1.60
r	Peligro por humos de materiales combustibles	1.20
k	Peligro por corrosión o toxicidad	1.20
i	Carga térmica inmobiliaria (las construcciones son de planchas de acero y estructura metálica)	1.00
e	Nivel de la planta en relación a la altura útil (Qm mediano, y altura máxima 7 m)	1.30
g	Dimensión de la superficie del compartimento	0.40
P	PELIGRO POTENCIAL	P = q · c · r · k · l · e · g 2.516
n ₁	Extintores portátiles existentes en la empresa	0.90
n ₂	Hidrantes internos, Bocas de Incendio Equipadas (BIE) - Insuficientes	0.80
n ₃	Fiabilidad de fuentes de agua disponibles	1.00
n ₄	Longitud de conductos para transportar agua para extinción (<70 m)	1.00
n ₅	Instrucción de personal en materia de extinción	1.00
N	MEDIDAS NORMALES	N = n₁ · n₂ · n₃ · n₄ · n₅ 0.72
s ₁	Sistema para detección temprana de fuego	1.00
s ₂	Sistema para transmisión de alarma temprana	1.00
s ₃	Intervención de bomberos en el caso de emergencia	1.00
s ₄	Tiempo requerido para la intervención de bomberos oficiales	1.00
s ₅	Instalación de sistemas de extinción requeridos	1.00
s ₆	Instalación de sistemas para evacuación de humo	1.20
S	MEDIDAS ESPECIALES	S = s₁ · s₂ · s₃ · s₄ · s₅ · s₆ 1.20
f ₁	Resistencia de la estructura de hormigón	F > 90 min 1.30
f ₂	Resistencia de las fachadas	F > 90 min 1.15
f ₃	Resistencia al fuego de pisos estructura metálica. Existe 1 sola planta y es tipo V • Separación de plantas • Comunicaciones con pasos verticales y aberturas	F < 30 min 1.00
f ₄	Dimensiones de los compartimentos o células cortafuegos • Comunicaciones verticales entre pisos existentes. El área es abierta, no posee ventanas	AZ= 172.5 AF/AZ= 1.00
F	MEDIDAS DE LA CONSTRUCCIÓN	F = f₁ · f₂ · f₃ · f₄ 1.495
B	Exposición al riesgo por fuego	B = P / (N · S · F) 1.95
A	Peligro de activación o probabilidad de ocurrencia (en el área existe líquido inflamable)	1.20
R	RIESGO INCENDIO EFECTIVO	R = B · A 2.34
P _{HE}	Clasificación al riesgo de las personas expuestas (establecimientos diversos)	Compartimento 3 0.85
R _U	Número máximo de personas expuestas = 10 Riesgo de incendio normal aceptado	p = 2 R _U = 1,3 · P _{HE} 1.11
γ	FACTOR DE LA SEGURIDAD CONTRA EL INCENDIO	γ = R_U / R 0.47
RESUMEN DE CÁLCULOS		
1.	Valor por exposición de riesgo al fuego	1.95
2.	Valor del riesgo de incendio efectivo	2.34
3.	Valor del coeficiente de seguridad contra incendios	0.47
4.	La seguridad efectiva contra incendios del área analizada	INSUFICIENTE

Elaborado por: Julio Cajamarca C

1.5. Nivel de riesgo de incendio en el área de almacenamiento de alcohol anhidro # 7 (método de "GREENER")

Tabla 48

Nivel de riesgo por el método de "GREENER": TANQUE # 7 DE ALCOHOL ANHIDRO

FÁBRICA DE ALCOHOL		
UBICACIÓN: LA TRONCAL		Fecha: 19 de abril del 2016
ÁREA: TANQUE # 7 ALCOHOL ANHIDRO		SITUACIÓN DEL ANÁLISIS: ACTUAL
Compartimento cortafuego (en caso de existir):		Largo l = 25.00 m Ancho b = 25.00 m
Tipo de edificio:		AB = 625.00 m ²
V	El área del tanque tiene 625 m ² , y el tanque mide 9 m de altura y no posee resistencia al fuego	l : b = 1 : 1
Factor	CONCEPTO	VALOR
q	Factor Carga incendio mobiliaria	Qm = 6024 MJ/m ²
c	Combustibilidad de los materiales	2.00
r	Peligro por humos de materiales combustibles	1.60
k	Peligro por corrosión o toxicidad	1.20
i	Carga térmica inmobiliaria (las construcciones son de planchas de acero y estructura metálica)	1.20
j	Nivel de la planta en relación a la altura útil (el tanque tiene 9 m de altura)	1.00
e	Dimensión de la superficie del compartimento	1.30
g		0.40
P	PELIGRO POTENCIAL	P = q · c · r · k · l · e · g
		2.396
n ₁	Extintores portátiles existentes en la empresa	0.90
n ₂	Hidrantes internos, Bocas de Incendio Equipadas (BIE) - Insuficientes	0.80
n ₃	Fiabilidad de fuentes de agua disponibles	1.00
n ₄	Longitud de conductos para transportar agua para extinción (<70 m)	1.00
n ₅	Instrucción de personal en materia de extinción	1.00
N	MEDIDAS NORMALES	N = n₁ · n₂ · n₃ · n₄ · n₅
		0.72
s ₁	Sistema para detección temprana de fuego	1.00
s ₂	Sistema para transmisión de alarma temprana	1.00
s ₃	Intervención de bomberos en el caso de emergencia	1.00
s ₄	Tiempo requerido para la intervención de bomberos oficiales	1.00
s ₅	Instalación de sistemas de extinción requeridos	1.00
s ₆	Instalación de sistemas para evacuación de humo	1.20
S	MEDIDAS ESPECIALES	S = s₁ · s₂ · s₃ · s₄ · s₅ · s₆
		1.20
f ₁	Resistencia de la estructura de hormigón	F > 90 min
		1.30
f ₂	Resistencia de las fachadas	F > 90 min
		1.15
f ₃	Resistencia al fuego de pisos estructura metálica. Existe 1 sola planta y es tipo V • Separación de plantas • Comunicaciones con pasos verticales y aberturas	F < 30 min
		1.00
f ₄	Dimensiones de los compartimentos o células cortafuegos • Comunicaciones verticales entre pisos existentes. El área es abierta, no posee ventanas	AZ= 625 AF/AZ=
		0.60
F	MEDIDAS DE LA CONSTRUCCIÓN	F = f₁ · f₂ · f₃ · f₄
		0.897
B	Exposición al riesgo por fuego	B = P / (N · S · F)
		3.09
A	Peligro de activación o probabilidad de ocurrencia (en el área existe líquido inflamable)	
		1.20
R	RIESGO INCENDIO EFECTIVO	R = B · A
		3.71
P _{HE}	Clasificación al riesgo de las personas expuestas (establecimientos diversos)	Compartimento 3
	Número máximo de personas expuestas = 3	p = 1
R _U	Riesgo de incendio normal aceptado	R _U = 1,3 · P _{HE}
		1.30
Y	FACTOR DE LA SEGURIDAD CONTRA EL INCENDIO	γ = R_U / R
		0.35
RESUMEN DE CÁLCULOS		
1.	Valor por exposición de riesgo al fuego	3.09
2.	Valor del riesgo de incendio efectivo	3.71
3.	Valor del coeficiente de seguridad contra incendios	0.35
4.	La seguridad efectiva contra incendios del área analizada	INSUFICIENTE

Elaborado por: Julio Cajamarca C

1.6. Nivel de riesgo de incendio en el área de almacenamiento de alcohol neutro # 1 (método de "GREENER")

Tabla 49

Nivel de riesgo por el método de "GREENER": Tanque # 1 de alcohol neutro

FÁBRICA DE ALCOHOL		
UBICACIÓN: LA TRONCAL		Fecha: 19 de abril del 2016
ÁREA: TANQUE # 1 ALCOHOL NEUTRO		SITUACIÓN DEL ANÁLISIS: ACTUAL
Compartimento cortafuego (en caso de existir):		Largo l = 25.50 m Ancho b = 15.80 m
Tipo de edificio:		AB = 402.90 m ²
V	El área del tanque tiene 402,9 m ² , y el tanque mide 10 m de altura y no posee resistencia al fuego	l : b = 2 : 1
Factor	CONCEPTO	VALOR
q	Factor Carga incendio mobiliaria	Qm = 12460 MJ/m ² 2.20
c	Combustibilidad de los materiales	1.60
r	Peligro por humos de materiales combustibles	1.20
k	Peligro por corrosión o toxicidad	1.20
i	Carga térmica inmobiliaria (las construcciones son de planchas de acero y estructura metálica)	1.00
e	Nivel de la planta en relación a la altura útil (el tanque tiene 10 m de altura)	1.30
g	Dimensión de la superficie del compartimento	0.40
P PELIGRO POTENCIAL		P = q · c · r · k · l · e · g 2.636
n ₁	Extintores portátiles existentes en la empresa	0.90
n ₂	Hidrantes internos, Bocas de Incendio Equipadas (BIE) - Insuficientes	0.80
n ₃	Fiabilidad de fuentes de agua disponibles	1.00
n ₄	Longitud de conductos para transportar agua para extinción (<70 m)	1.00
n ₅	Instrucción de personal en materia de extinción	1.00
N MEDIDAS NORMALES		N = n₁ · n₂ · n₃ · n₄ · n₅ 0.72
s ₁	Sistema para detección temprana de fuego	1.00
s ₂	Sistema para transmisión de alarma temprana	1.00
s ₃	Intervención de bomberos en el caso de emergencia	1.00
s ₄	Tiempo requerido para la intervención de bomberos oficiales	1.00
s ₅	Instalación de sistemas de extinción requeridos	1.00
s ₆	Instalación de sistemas para evacuación de humo	1.20
S MEDIDAS ESPECIALES		S = s₁ · s₂ · s₃ · s₄ · s₅ · s₆ 1.20
f ₁	Resistencia de la estructura de hormigón	F > 90 min 1.30
f ₂	Resistencia de las fachadas	F > 90 min 1.15
f ₃	Resistencia al fuego de pisos estructura metálica. Existe 1 sola planta y es tipo V, y cuenta con protección de hidrantes. • Separación de plantas • Comunicaciones con pasos verticales y aberturas	F < 30 min 1.00
f ₄	Dimensiones de los compartimentos o células cortafuegos • Comunicaciones verticales entre pisos existentes. El área es abierta, no posee ventanas	AZ= 402.9 AF/AZ= 1.00
F MEDIDAS DE LA CONSTRUCCIÓN		F = f₁ · f₂ · f₃ · f₄ 1.495
B	Exposición al riesgo por fuego	B = P / (N · S · F) 2.04
A	Peligro de activación o probabilidad de ocurrencia (en el área existe líquido inflamable)	1.20
R RIESGO INCENDIO EFECTIVO		R = B · A 2.45
P _{HE}	Clasificación al riesgo de las personas expuestas (establecimientos diversos)	Compartimento 3 1.00
R _U	Número máximo de personas expuestas = 10 Riesgo de incendio normal aceptado	p = 1 R _U = 1,3 · P _{HE} 1.30
Y FACTOR DE LA SEGURIDAD CONTRA EL INCENDIO		Y = R_U / R 0.53
RESUMEN DE CÁLCULOS		
1.	Valor por exposición de riesgo al fuego	2.04
2.	Valor del riesgo de incendio efectivo	2.45
3.	Valor del coeficiente de seguridad contra incendios	0.53
4.	La seguridad efectiva contra incendios del área analizada	INSUFICIENTE

Elaborado por: Julio Cajamarca C

1.7. Nivel de riesgo de incendio en el área de almacenamiento de alcohol neutro # 2 (método de "GREENER")

Tabla 50

Nivel de riesgo por el método de GREENER: Tanque # 2 de alcohol neutro

FÁBRICA DE ALCOHOL		
UBICACIÓN: LA TRONCAL		Fecha: 19 de abril del 2016
ÁREA: TANQUE # 2 ALCOHOL NEUTRO		SITUACIÓN DEL ANÁLISIS: ACTUAL
Compartimento cortafuego (en caso de existir):		Largo l = 29.00 m Ancho b = 29.50 m
Tipo de edificio:		AB = 855.50 m ²
V	El área del tanque tiene 855,5 m ² , y el tanque mide 10 m de altura y no posee resistencia al fuego	l : b = 1 : 1
Factor	CONCEPTO	VALOR
q	Factor Carga incendio mobiliaria	Qm = 6788 MJ/m ² 2.00
c	Combustibilidad de los materiales	1.60
r	Peligro por humos de materiales combustibles	1.20
k	Peligro por corrosión o toxicidad	1.20
i	Carga térmica inmobiliaria (las construcciones son de planchas de acero y estructura metálica)	1.00
e	Nivel de la planta en relación a la altura útil (el tanque tiene 10 m de altura)	1.30
g	Dimensión de la superficie del compartimento	0.80
P	PELIGRO POTENCIAL	P = q · c · r · k · l · e · g 4.792
n ₁	Extintores portátiles existentes en la empresa	0.90
n ₂	Hidrantes internos, Bocas de Incendio Equipadas (BIE) - Insuficientes	0.80
n ₃	Fiabilidad de fuentes de agua disponibles	1.00
n ₄	Longitud de conductos para transportar agua para extinción (<70 m)	1.00
n ₅	Instrucción de personal en materia de extinción	1.00
N	MEDIDAS NORMALES	N = n₁ · n₂ · n₃ · n₄ · n₅ 0.72
s ₁	Sistema para detección temprana de fuego	1.00
s ₂	Sistema para transmisión de alarma temprana	1.00
s ₃	Intervención de bomberos en el caso de emergencia	1.00
s ₄	Tiempo requerido para la intervención de bomberos oficiales	1.00
s ₅	Instalación de sistemas de extinción requeridos	1.00
s ₆	Instalación de sistemas para evacuación de humo	1.20
S	MEDIDAS ESPECIALES	S = s₁ · s₂ · s₃ · s₄ · s₅ · s₆ 1.20
f ₁	Resistencia de la estructura de hormigón	F > 90 min 1.30
f ₂	Resistencia de las fachadas	F > 90 min 1.15
f ₃	Resistencia al fuego de pisos estructura metálica. Existe 1 sola planta y es tipo V, y cuenta con protección de hidrantes. • Separación de plantas • Comunicaciones con pasos verticales y aberturas	F < 30 min 1.00
f ₄	Dimensiones de los compartimentos o células cortafuegos • Comunicaciones verticales entre pisos existentes. El área es abierta, no posee ventanas	AZ= 402.9 AF/AZ= 1.00
F	MEDIDAS DE LA CONSTRUCCIÓN	F = f₁ · f₂ · f₃ · f₄ 1.495
B	Exposición al riesgo por fuego	B = P / (N · S · F) 3.71
A	Peligro de activación o probabilidad de ocurrencia (en el área existe líquido inflamable)	1.20
R	RIESGO INCENDIO EFECTIVO	R = B · A 4.45
P _{HE}	Clasificación al riesgo de las personas expuestas (establecimientos diversos)	Compartimento 3 1.00
R _U	Número máximo de personas expuestas = 10 Riesgo de incendio normal aceptado	p = 1 R _U = 1,3 · P _{HE} 1.30
Y	FACTOR DE LA SEGURIDAD CONTRA EL INCENDIO	Y = R_U / R 0.29
RESUMEN DE CÁLCULOS		
1.	Valor por exposición de riesgo al fuego	3.71
2.	Valor del riesgo de incendio efectivo	4.45
3.	Valor del coeficiente de seguridad contra incendios	0.29
4.	La seguridad efectiva contra incendios del área analizada	INSUFICIENTE

Elaborado por: Julio Cajamarca C

1.8 Resumen de cálculos del nivel de “GRETENER”

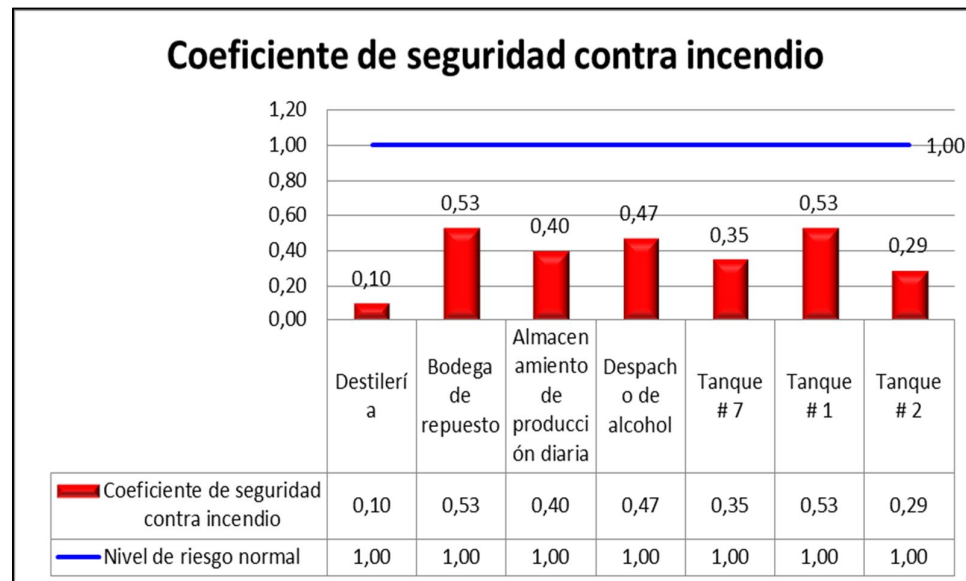
A continuación se presenta un resumen de los cálculos de riesgo de incendio, en donde se observa que todas las áreas analizadas poseen un coeficiente de seguridad contra incendio menor a 1.

Tabla 51
Resumen de los niveles de riesgo por incendio (GRETENER)

RESUMEN DE CÁLCULOS: NIVEL DE RIESGO POR EL MÉTODO DE GRETENER			
Área	Exposición de riesgo al fuego	Riesgo de incendio efectivo	Coficiente de seguridad contra incendio
Destilería	7.32	8.78	0.10
Bodega de repuesto	1.72	2.07	0.53
Almacenamiento de producción diaria	2.71	3.25	0.40
Despacho de alcohol	1.95	2.34	0.47
Tanque # 7	3.09	3.71	0.35
Tanque # 1	2.04	2.45	0.53
Tanque # 2	3.71	4.45	0.29

Elaborado por: Julio Cajamarca C

Tabla 52
Gráfico del nivel de riesgo contra incendio (GRETENER)



Elaborado por: Julio Cajamarca C

2. CÁLCULOS DE LAS EXPLOSIONES TIPO “BLEVE”

En la empresa existen tanques a presión con gases en estado líquido como es el caso de CO₂, acetileno, amoníaco, hidrógeno, nitrógeno, propano, de estos tipos de gases el anhídrido carbónico no es una sustancia inflamable pero se considera para estos cálculos debido a las cantidades almacenadas (existe dos tanques de 80.000 Kg cada uno) que podría originar una explosión del tipo “BLEVE”.

En la empresa también existen calderos, los más grandes son los de marca HURST, y su capacidad es de 850 BHP, con una presión máxima de trabajo de 300 psi.

El análisis para el cálculo de riesgo por explosión de tipo “BLEVE”, se realizó para cada componente.

Para efectos de los cálculos se considera la existencia promedio en cada tanque (ver tabla 54).

En el laboratorio se utiliza hidrógeno en el área de cromatografía.

Los gases inflamables utilizados en operaciones de mantenimiento en la empresa son: acetileno y propano.

Estos gases son considerados debido a que su explosión podría originar por efecto dominó explosiones de mayor gravedad, y además porque su uso implica riesgos para las personas que laboran cerca.

Los trabajos de soldadura que se realizan cerca de materiales combustibles como el alcohol etílico, bunker, diésel, pueden generar una fuente de ignición, o por efectos de la explosión permitir que existan fallas en los calderos.

En estos cálculos se procedió a obtener los valores del diámetro de onda expansiva, altura de la bola de fuego, el tiempo que duraría la explosión en alcanzar su distancia más lejana de afectación, la intensidad media de radiación y la velocidad de reacción que afectaría a las personas durante esta reacción.

Para el caso del CO₂, se calculará la altura de la proyección de la nube, teniendo en cuenta el peligro que representa, este gas desplaza el oxígeno lo que ocasiona muertes por asfixia.

2.1. Cálculos de la radiación térmica

A continuación se realizará los cálculos para un caldero HURST 800 BHP.

La cantidad de agua para operación del caldero es de 12580 kg (12,58 m³).

2.2. Diámetro de la onda presión o de la bola de fuego (D):

$$D = 6,48 * W^{0,325}$$

W= la cantidad total de sustancia expresada en (Kg).

$$D = 6.48 * 12580^{0.325}$$

$$D = 139,3 \text{ m}$$

2.3. Altura de la bola de fuego (H):

$$H = 0,75 * D = 0,75 * 139,3$$

$$H = 0,75 * 139,3$$

$$H = 104,5 \text{ m}$$

2.4. Duración de la bola de fuego:

$$t = 0,852 * W^{0.26} = 0,852 * 12.580^{0.26}$$

$$t = 0,852 * 12.580^{0.26}$$

$$t = 9,92 \text{ segundos}$$

2.5. Intensidad media de irradiación recibida (NTP 293, 1991):

$$I = 828 * \frac{W^{0,771}}{D^2}$$

$$I = 828 * \frac{12.580^{0,771}}{139,3^2}$$

$$I = 61,79 \frac{\text{Kw}}{\text{m}^2}$$

Según la Directriz Básica para la elaboración de los planos especiales del sector químico (BOE 6-2-91), el área de calderos se considera crítica, debido a los valores de $I = 61,79 \text{ KW/m}^2$, y $t=9,92$ segundos.

Se deberá implementar medidas de protección que garanticen condiciones favorables en el trabajo.

2.6. Velocidad de reacción:

$$\text{Velocidad reacción} = \frac{D}{t}$$

$$\text{Velocidad reacción} = \frac{139,3}{9,92}$$

$$\text{Velocidad reacción} = 14,05 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En la Tabla 53, se presenta el resumen de los cálculos para una explosión tipo “BLEVE” para los todos los recipientes a presión existentes.

Tabla 53
Cálculo de valores en caso de una explosión tipo BLEVE

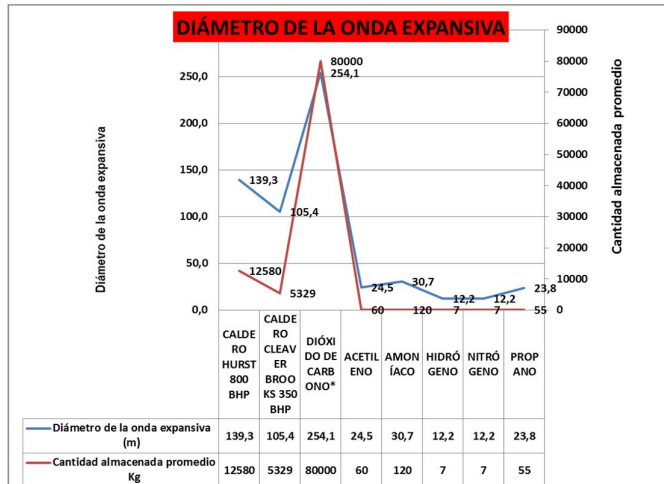
BLEVE										
COMBUSTIBLE	Capacidad por tanque de almacen. Kg	# tanques	Cantidad máxima de almacen.	Cantidad almacenada promedio Kg	Diámetro de la onda expansiva (m)	Altura de la onda expansiva/ bola de fuego (m)	Duración de la onda expansiva/ bola de fuego (s)	Intensidad media de radiación térmica KW/m²	Dosis radiación térmica recibida personas expuestas W/m²	Velocidad de reacción (m/s)
CALDERO HURST 800 BHP	12,580.0	2	25,160.0	12,580.0	139.3	104.5	9.9	61.8	2.4	14.0
CALDERO CLEAVER BROOKS 350 BHP	5,329.0	2	10,658.0	5,329.0	105.4	79.0	7.9	55.7	1.7	13.3
DIÓXIDO DE CARBONO*	80,000.0	2	160,000.0	80,000.0	254.1	190.6	16.0	N/A	N/A	15.8
ACETILENO	60.0	2	120.0	60.0	24.5	18.4	2.5	32.4	0.3	9.9
AMONÍACO	60.0	3	180.0	120.0	30.7	23.0	3.0	35.2	0.3	10.4
HIDRÓGENO	7.0	2	14.0	7.0	12.2	9.1	1.4	25.0	0.1	8.6
NITRÓGENO	7.0	2	14.0	7.0	12.2	9.1	1.4	25.0	0.1	8.6
PROPANO	55.0	4	220.0	55.0	23.8	17.9	2.4	32.0	0.2	9.9

* El dióxido de carbono no es inflamable por las características que posee como líquido en licuefacción se considera

Elaborado por: Julio Cajamarca C

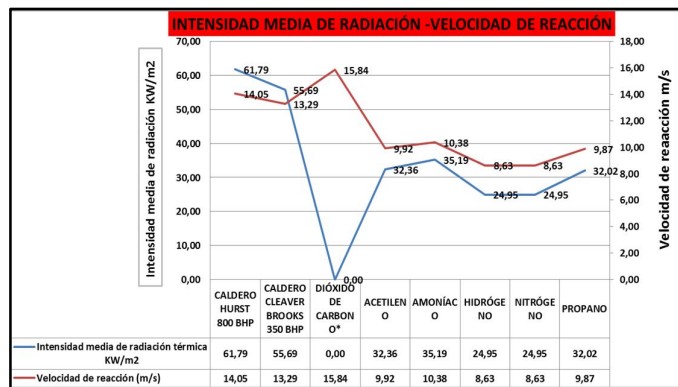
De los resultados obtenidos y presentados en la tabla 54 se puede analizar que los mayores peligros por la presencia de una explosión tipo BLEVE, radica en los procesos de generación de vapor (calderas), y en el almacenamiento de CO₂.

Tabla 54
Diámetro de la onda de expansión



Elaborado por: Julio Cajamarca C

Tabla 55
Intensidad media de radiación - velocidad de reacción de la explosión



Elaborado por: Julio Cajamarca C

En el caso de las calderas HURST, producirían graves efectos para la empresa, debido al diámetro de onda expansiva (139,3 m) y con generación de gran cantidad de calor (61,79 KW/m²).

El tiempo de duración de la reacción es de pocos segundos (9,92 s), lo que no permitiría la adecuada evacuación de los trabajadores.

Se deberá tomar las precauciones del caso para minimizar y controlar efectivamente el riesgo.

Los efectos negativos en las calderas se agravan por la presencia de la intensidad de calor que puede afectar zonas aledañas como en el Ingenio el área de bagazo, o la bodega de azúcar.

Otro factor de gran importancia que puede generar una explosión BLEVE constituye el tanque de CO₂.

Se analizan los efectos de otros gases utilizados en el laboratorio y mantenimiento, a pesar de que el diámetro calculado es inferior comparado con los calderos y los tanques de almacenamiento del dióxido de carbono, la intensidad media de radiación térmica es significativa, en caso de producirse un estallido podría convertirse en una fuente de ignición provocando incendios en otras áreas de la planta, en base a los datos obtenidos es necesario tomar precauciones tanto en el almacenamiento como en el uso.

3. CONSECUENCIAS A LAS PERSONAS POR EXPOSICIÓN A UNA EXPLOSIÓN BLEVE.

Una explosión BLEVE es causante de graves consecuencias ocasionados por la onda de presión y la radiación térmica.

La energía generada por la onda de presión provoca graves daños, lesiones y pérdidas de vidas humanas. Entre las lesiones más graves se mencionan las afectaciones al tímpano, muertes por hemorragia pulmonar, y los posibles daños ocasionados por los impactos contra obstáculos.

A continuación se detalla los cálculos realizados para los efectos ocasionados por el caldero HURST:

3.1. Muertes por hemorragia pulmonar:

$$Pr = -77,1 + 6,91 \ln P$$

P = sobrepresión máxima Pascal (Newton/m²)

$$P \text{ máxima caldero} = 300 \text{ psi} * \frac{6.894,76 \frac{N}{m^2}}{1 \text{ psi}} = 2'068.428 \frac{N}{m^2}$$

$$Pr = -77,1 + 6,91 \ln 2'068.428 = 23,93$$

Con el valor de Pr, se obtiene el valor de porcentaje de afectados en la explosión mediante la tabla de equivalencia de PROBIT, descrito en la tabla 25 (NTP 291, 1991, pág. 2), resultaría el 100% de trabajadores que se encuentren en esa área al momento del accidente.

Número de personas con posibles daños por hemorragia = # trabajadores x % afectados/100.

$$\# \text{ Personas con posibles daños por hemorragia} = 15 * \frac{100\%}{100} = 15$$

3.2. Afectación por rotura de tímpano:

$$Pr = -15,6 + 1,93 \ln 2'068.428 = 12,47$$

Con este valor, se obtiene el porcentaje de afectados de la tabla 25, y equivale al 100%.

Número de personas con posibles afectaciones de tímpano = # trabajadores x % afectados/100

$$\# \text{ Personas con posibles afectaciones de tímpano} = 15 * \frac{100\%}{100} = 15$$

3.3. Muerte por impacto de la persona contra obstáculos:

$$Pr = -46,1 + 4,82 \ln J$$

J = Impulso originado por presión y el tiempo (N.s/m²).

$$J = 2'068.428 \frac{N}{m^2} * 9,92 s$$

$$J = 20'518.806 \frac{Ns}{m^2}$$

$$Pr = -46,1 + 4,82 \ln 20'518.806 = 35,05$$

Con este valor, se obtiene el porcentaje de afectados en la tabla 25, y equivale al 100%.

Número de personas con probabilidad de muerte = # trabajadores x % afectados/100

$$\# \text{ Personas con probabilidad de muerte} = 15 * \frac{100\%}{100} = 15$$

3.4. Lesiones por impacto del cuerpo:

$$Pr = -39,1 + 4,45 \ln J$$

$$Pr = -39,1 + 4,45 \ln 20518806 = 35,82$$

Con este valor de Pr , se obtiene el porcentaje de afectados en la tabla 25, y equivale al 100%.

Número de personas con posibles lesiones por impacto = # trabajadores x % afectados/100.

$$\# \text{ Personas con posibles lesiones por impacto} = 15 * \frac{100\%}{100} = 15$$

En la Tabla 56, se recoge los cálculos realizados para el nivel de afectación de las personas presentes en caso de generarse la “**BLEVE**”.

Tabla 56
Consecuencias originadas por la exposición a una explosión BLEVE

CONSECUENCIAS ORIGINADAS POR LA EXPOSICIÓN A UNA EXPLOSIÓN BLEVE																		
COMBUSTIBLE	Número de personas expuestas por área	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO	PRESIÓN (N/m2)	Probabilidad de daño por hemorragia pulmonar PR	% Población afectada (tabla Probit)	Número de personas con posibles daños por hemorragia	Probabilidad de afectación por rotura del tímpano PR	% Población afectada por rotura de tímpano (tabla Probit)	Número de personas con posibles afectaciones del tímpano	Probabilidad de muerte por impacto PR	% Muerte por impacto (tabla probit)	Número probable de personas fallecidas por explosión	Probabilidad de lesiones por impacto del cuerpo PR	% Lesiones por impacto del cuerpo (tabla probit)	Número de personas con posibles lesiones por impacto	Duración de la onda expansiva/bola de fuego (s)	Diámetro de la onda expansiva (m)	
CALDERO HURST 800 BHP	15	300 psi	2,068,428	23.39	100	15	12.47	100	15	35.05	100	15	35.82	100	15	9.92	139.3	
CALDERO CLEAVER BROOKS 350 BHP	15	150 psi	1,034,214	18.60	100	15	11.13	100	15	30.63	100	15	31.74	100	15	7.93	105.4	
DIÓXIDO DE CARBONO*	6	18 bar	1,800,000	22.43	100	6	12.20	100	6	36.70	100	6	37.34	100	6	16.04	254.1	
ACETILENO	6	2.200 psi	15,168,472	37.15	100	6	16.31	100	6	37.96	100	6	38.50	100	6	2.47	24.5	
AMONÍACO	6	2.200 psi	15,168,472	37.15	100	6	16.31	100	6	38.83	100	6	39.31	100	6	2.96	30.7	
HIDRÓGENO	8	2.200 psi	15,168,472	37.15	100	8	16.31	100	8	35.26	100	8	36.02	100	8	1.41	12.2	
NITRÓGENO	8	2.200 psi	15,168,472	37.15	100	8	16.31	100	8	35.26	100	8	36.02	100	8	1.41	12.2	
PROPANO	6	2.200 psi	15,168,472	37.15	100	6	16.31	100	6	37.85	100	6	38.40	100	6	2.4	23.8	

* El dióxido de carbono no es inflamable por las características que posee como líquido en licuefacción se considera

Fuente: PRODUCARGO S.A.
Elaborado por: Julio Cajamarca C

4. CÁLCULO DEL NÚMERO ÓPTIMO DE EXTINTORES (Ver tabla 57).

A continuación se detallan los criterios para la selección del tipo de rociador y el cálculo del número mínimo a instalarse:

4.1. Áreas de trabajo

La fábrica se divide en áreas de trabajo, y estas están conformadas por la unión de varias zonas (ver tabla 57).

Las dimensiones de la destilería son: largo = 34,07m, y ancho = 20,80 m, y está compuesto de 7 pisos

$$\text{Área} = \text{Largo} * \text{ancho} = 34,07 * 20,8 = 708,66 \text{ m}^2$$

Para el cálculo del área total de la destilería se aplica: $At = A \text{ piso} * \# \text{pisos} = 708,66 * 7$

$$A_{total} = 4.960,6 \text{ m}^2$$

4.2. Evaluación del nivel de riesgo

La evaluación del nivel de riesgo existente se realiza de acuerdo a la Tabla 29 (NFPA 10, 2007, pág. Tabla E.3.4.), en esta área existe más de 5 galones de alcohol. Por este motivo el tipo de riesgo es extra (alto).

4.3. Selección del tipo de extintor

De acuerdo a la Tabla 27 se escoge el tipo de extintor adecuado para el área.

El alcohol es un líquido inflamable, por ese motivo se selecciona los extintores para la clase de fuego tipo B, se podrá utilizar extintores de PQS o de dióxido de carbono. Debido a la presencia de motores, la mejor selección sería extintores de CO₂, preserva más los sistemas eléctricos.

4.4. Selección del tamaño y localización de extintores

Para esta selección se puede utilizar:

La tabla 29. Tamaño y localización de extintores para riesgo de clase A,

La tabla 30. Tamaño y localización de extintores para riesgo de clase B.

Para el área de destilería se utilizará la tabla para riesgo clase B. El riesgo de esta área es extra alto, y en vista que existen 8 pisos para mejor movilidad se escoge los extintores tipo 40B, el área máxima de protección es de 167 m², y la distancia máxima de recorrido que un operador deberá hacer con el extintor en mano es de 9,15m.

Los extintores tipo K solo se utilizarán en la zona del comedor y su aplicación será máximo para una distancia de 9,15 metros.

4.5. Cálculo del número de extintores

Para el cálculo del número de extintores de cualquier clase se utiliza la fórmula:

$$\text{Número de extintores} = \frac{\text{Área de la empresa}}{\text{Área máxima protegida por el extintor}}$$

$$\# \text{ Extintores destilería} = \frac{4.960,6 \text{ m}^2}{167 \text{ m}^2}$$

$$\# \text{ Extintores destilería} = 29,7$$

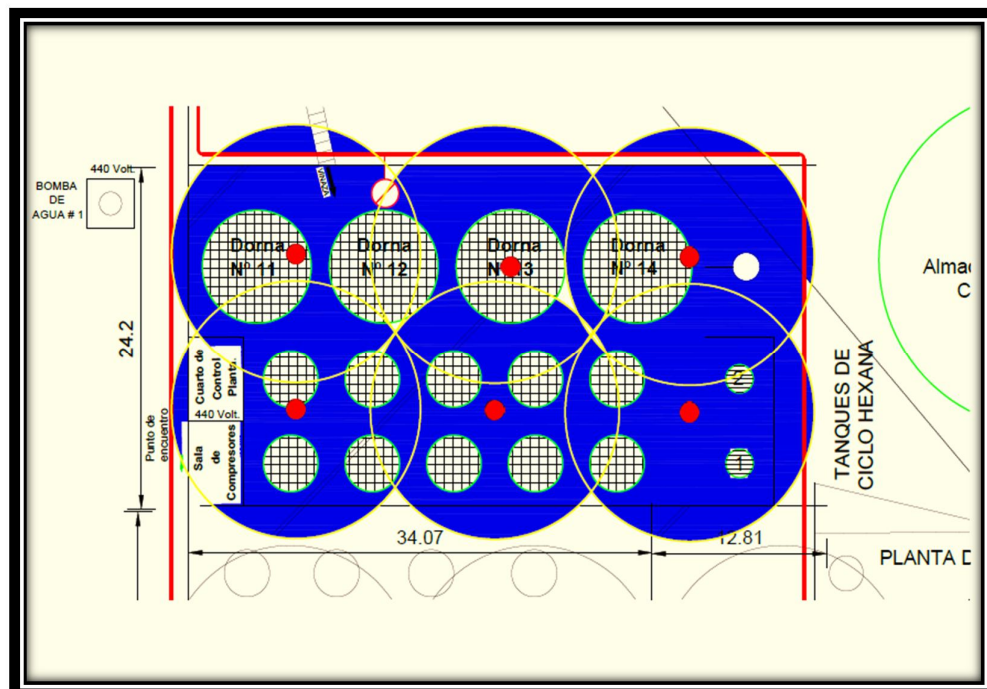
La normativa manifiesta que en caso de existir decimales se redondea al número entero superior, entonces para el área de destilería se necesita 30 extintores del tipo 40B.

4.6. Localización de extintores

Los extintores se localizarán de acuerdo a la distancia máxima de traslado detallado para cada tipo, como ejemplo ver Ilustración 10.

Ilustración 10

Representación de los extintores localizados en la nave de fermentación



Elaborado por: Julio Cajamarca C

Tabla 57
Cálculo del número óptimo de extintores

CÁLCULO DEL NÚMERO ÓPTIMO DE EXTINTORES PARA LA DESTILERÍA											
Código Área	NOMBRE DEL AREA	Código Zona	NOMBRE DE ZONA	DIMENSIONES (m)			CÁLCULO DEL ÁREA (m ²)	NIVEL DE RIESGO	Tipo de extintor	Área máxima de aplicación extintor	N° extintores requeridos
				LADO 1 (Largo)	LADO 2 (ancho)	N° PISOS					
N	BODEGA DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y RECICLAJE	N-01	Bodega de aceite	6.00	8.50	1	51.0	ALTO	40B	167.0	1
		N-02	Recipientes vacíos	21.00	15.00	1	315.0	ALTO	40B	167.0	2
		N-03	Almacenamiento de vinaza								
		N-04	Repuestos recuperables								
		N-05	Bodega desechos peligrosos								
		N-06	Material relleno								
		N-07	Químicos tratamiento calderos								
		N-08	Normal propil - Aditivo fuel								
		N-09	Productos reciclaje								
		N-10	Vías de circulación								
M	BODEGA GENERAL	M-01	Bodega de tuberías y planchas									12.85	7.50	1	96.4	ALTO	20A	1045.1	1
		M-02	Bodega materiales CONSEP	10.14	7.50	1	76.1	ALTO	40B	167.0	1
		M-03	Bodega de insumos								
		M-04	Bodega de repuesto y pinturas								
		M-05	Área de reciclaje								
		M-06	Vías de circulación								
		M-07	Cartelera								
		M-08	Canal Perimetral								
L	TALLERES DE MANTENIMIENTO	L-01	Taller mecánico									12.75	7.50		95.6	ALTO	40A	1045.1	1
		L-02	Taller Eléctrico	7.50	6.25	1	46.9	ALTO	20A	1045.1	1
		L-03	Bodega de motores usados								
		L-04	Oficinas								
		L-05	BAÑOS								
		L-06	Bomba Contra incendio								
		L-07	Canal Perimetral								
		L-08	Vías de circulación								
K	PLANTA FUERZA - CALDERO - TURBO GENERACIÓN - ALMACENAMIENTO	K-01	Depósito de bunker									34.44	26.57	1	915.1	ALTO	20B	167.0	6
		K-02	Recepción de bunker								
		K-03	Sistemas de motobombas de bunker								
		K-04	Sistemas de calentadores de bunker								
		K-05	Hidrante								
		K-06	Químicos tratamiento agua de calderos								
		K-07	Depósito de diesel	35.20	25.30	1	890.6	MEDIO	20B	167.0	6
		K-08	Área de reciclaje								
		K-09	Generador Eléctrico para biofertilizante								
		K-10	Ablandadores de agua								
		K-11	Vías de circulación								
		K-12	Cuarto de transformadores								
		K-13	Generación eléctrica y tableros de distribución	6.78	4.20	1	28.5	ALTO	80B	465.0	1
		K-14	Grupo electrógeno planta de alcohol	4.06	3.33	1	13.5	ALTO	80B	465.0	1
		K-15	Hidrante	25.65	13.68	1	350.9	NINGUNO	20B	167.0	3
		K-16	Taller de suelda # 1								
		K-17	Taller de suelda # 2								
		K-18	Bomba de Inmersión								
H	CLARIFICACIÓN	H-1	Canal perimetral y espacios libres	22.91	19.89	1	455.7	ALTO	40A	1045.1	1
		H-2	Torres de agua de enfriamiento								
		H-3	Áreas verdes								
		H-4	Tanques de almacenamiento y diques de ácido sulfúrico								
		H-5	Sistema de Clarificación								
		H-6	Caseta de Clarificación								
		H-7	Sistema de pesaje de melaza								
G	Planta concentradora de Biofertilizante	G-1	Cabina de comando y sistema	19.25	11.75	1	226.2	ALTO	40A	1045.1	1
		G-2	Planta Concentradora								
		G-3	Motores y bombas								
F	AREA DE FERMENTACIÓN	F-1	Pisos y canales	46.17	24.20	2	2234.6	ALTO	40B	167.0	14
		F-2	Motores, bombas e intercambiadores								
		F-3	Cuarto de control de Fermentación								
		F-4	Sala de compresores								
		F-5	Torres de lavado de CO2								
		F-6	Oficina de supervisores								
		F-7	Tablero de comando								
		F-8	Sistema de recepción de melaza								

CÁLCULO DEL NÚMERO ÓPTIMO DE EXTINTORES PARA LA DESTILERIA											
Código Área	NOMBRE DEL AREA	Código Zona	NOMBRE DE ZONA	DIMENSIONES (m)			CÁLCULO DEL ÁREA (m ²)	NIVEL DE RIESGO	Tipo de extintor	Área máxima de aplicación extintor	N° extintores requeridos
				LADO 1 (Largo)	LADO 2 (ancho)	N° PISOS					
E	DESTILERÍA	E-1	Pisos y canales	20.80	34.07	7	4960.6	ALTO	40B	167.0	30
		E-2	Motores, bombas e intercambiadores								
		E-3	Tanques de producción diaria								
		E-4	Área de reciclaje								
		E-5	Instalaciones eléctricas								
		E-6	Estación de operación de destilería								
		E-7	Panel de destilería								
		E-8	Panel de control de FRILLI								
		E-9	Centrífugas								
		E-10	Hidrante								
		E-11	Caseta de centrífuga								
		E-12	Cajas de agua								
		E-13	Medidores de transferencia								
I	AREA DE ALMACENAMIENTO: MELAZA- BIOFERTILIZANTE Y ETANOL ANHIDRO	I-1	Tanques de melaza y diques de contención	33.66	29.05	1	977.8	BAJO	40B	167.0	6
		I-2	Tanque de alcohol Anhidro y dique de contención								
		I-3	Tanque de vinaza concentrada								
		I-4	Torre de enfriamiento de amoniaco								
O	TORRES DE ENFRIAMIENTO	O-1	Torres de enfriamiento	29.01	13.69	1	397.1	ALTO	20B	167.0	3
		O-2	Motores, bombas, y panel de control								
		O-3	Vías de circulación								
B	AREAS VERDES	B-1	ARAES VERDES	100.90	70.00	1	7063.0	ALTO	20A	1045.1	7
		B-2	Pararrayos								
		B-3	Cerramiento perimetral								
C	ALMACENAMIENTO DE ALCOHOL Y MELAZA	A-1	Tanques y diques	112.29	23.97	1	2691.6	ALTO	40B	167.0	17
		A-2	Hidrante								
		A-3	Centro de comando de motores								
		A-4	Bombas de despacho y recepción								
		A-5	Zona de despacho								
		A-6	Área de reciclaje								
		A-7	Tanques y diques de melaza								
J	PLANTA DE CO2	J-1	Almacenamiento de CO2	25.45	22.42	1	570.6	ALTO	20B	167.0	4
		J-2	Planta de producción								
		J-3	Cabina de control								
		J-4	Grupo electrógeno								
		J-5	Área de despacho de CO2								
		J-6	Hidrante								
		J-7	Reciclaje								
D	AREA DE CONTROL DE PESAJE	D-1	Plataforma de pesaje	32.64	19.65	1	641.4	BAJO	20A	1045.1	1
		D-2	Control de pesaje								
		D-3	Reciclaje								
P	GUARDIANÍA	P-1	Caseta de guardianía	22.01	9.39	1	206.7	MEDIO	20A	1045.1	1
		P-2	Puerta de acceso								
R	COMEDOR	R-1	Comedor	9.02	9.00	1	81.2	MEDIO	K	167.0	1
Q	BANOS - VESTIDORES	V-1	Ingreso a planta	21.13	16.23	1	342.9	BAJO	20A	1045.1	1
A	OFICINAS ADMINISTRATIVAS - LABORATORIO	A-1	Oficinas	21.90	11.00	1	240.9	MEDIO	20A	1045.1	1
		A-2	Servidores	5.97	2.17	1	13.0	ALTO	20B	167.0	1
		A-3	Laboratorio - Cromatografía - bodega laboratorio	13.90	5.00	1	69.5	ALTO	20B	167.0	1
		A-4	Garaje	21.90	7.46	1	163.4	ALTO	40A	1045.1	1
		A-5	Bodega de gases para cromatografía	5.46	1.00	1	5.5	ALTO	20B	167.0	1
T	ENFERMERÍA	T-1	ENFERMERÍA	5.00	4.00	1	20.0	MEDIO	20A	1045.1	1
U	ESPACIOS LIBRES Y CARRETERAS	U-1	Carreteras de acceso y tránsito vehicular	100.90	11.20	1	1130.1	BAJO	20A	1041.1	2
		U-2	ZONA DE CHATARRA	30.46	18.42	1	561.1	ALTO	40A	1045.1	1
V	DEPOSITO DE BIOFERTILIZANTES	V-1	ALMACENAMINETO BIOFERTILIZANTES	5.00	5.00	1	25.0	MEDIO	20A	1045.1	1
TOTAL EXTINTORES											123

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

4.7. Cálculo del número óptimo de extintores en la empresa

De acuerdo a la tabla 57, se presenta el resumen de los extintores necesarios en la empresa (ver tabla 58)

Tabla 58
Cálculo del número óptimo de extintores

RESÚMEN DEL NÚMERO ÓPTIMO DE EXTINTORES - DESTILERÍA							
AGENTE	Capacidad (lb)	Tipo de fuego ideal	Clasificación para incendios	Velocidad de flujo (lb/seg)	Tiempo de descarga (seg)	Presión de funcionamiento psi	Cantidad
PQS	10	A	4A-80B:C	0.5	22	195	
PQS	20	A	20A-120B:C	0.8	28	195	17
PQS	100	A	40A-320B:C	1.7	60	195	5
PQS	120	A	40A-320B:C	2.2	60	195	
CO2	5	B	5B:C	0.6	9	850	
CO2	10	B	10B:C	1.0	10	850	
CO2	20	B	20B:C	1.2	17	850	57
CO2	100	B	40B:C	2.5	40	850	40
CO2	120	B	40B:C	2.0	60	850	1
CO2	150	B	80B:C	2.5	60	850	2
Polvo química mojada	6 litros	K	1-A:K	54	0,11 l/seg	100	1
TOTAL							123

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

4.8. Extintores existentes en la empresa

En la Tabla 59, se detalla los extintores existentes en la empresa

Tabla 59
Detalle de extintores existentes.

EXTINTORES EXISTENTES EN DESTILERÍA							
AGENTE	Capacidad (lb)	Tipo de fuego ideal	Clasificación para incendios	Velocidad de flujo (lb/seg)	Tiempo de descarga (seg)	Presión de funcionamiento psi	Cantidad
PQS	10	A	4A-80B:C	0.5	22	195	15
PQS	20	A	20A-120B:C	0.8	28	195	4
PQS	100	A	40A-320B:C	1.7	60	195	3
PQS	120	A	40A-320B:C	2.2	60	195	3
CO2	5	B	5B:C	0.6	9	850	3
CO2	10	B	10B:C	1.0	10	850	16
CO2	20	B	10B:C	1.2	17	850	11
CO2	100	B	40B:C	2.5	40	850	3
CO2	120	B	40B:C	2.0	60	850	1
Polvo química mojada	6 litros	K	1-A:K	54	0,11 l/seg	100	0
TOTAL							59

Elaborado por: Julio Cajamarca C

4.9. Análisis de extintores requeridos.

En la Tabla 60 se detalla el tipo y número de extintores que la empresa requiere para alcanzar el número y la clase óptima de equipos.

Tabla 60
Extintores requeridos en la Destilería

ANÁLISIS DE EXTINTORES REQUERIDOS						
AGENTE	Capacidad (lb)	Tipo de fuego ideal	Clasificación para incendios	N° óptimo extintores	N° existente extintores	N° extintores a requerir
PQS	10	A	4A-80B:C		15	
PQS	20	A	20A-120B:C	17	4	13
PQS	100	A	40A-320B:C	5	3	2
PQS	120	A	40A-320B:C		3	
CO2	5	B	5B:C		3	
CO2	10	B	10B:C		16	
CO2	20	B	20B:C	57	11	46
CO2	100	B	40B:C	40	3	37
CO2	120	B	40B:C	1	1	0
CO2	150	B	80B:C	2	0	2
Polvo química mojada	6 litros	K	1-A:K	1	0	1
TOTAL				123	59	101

Elaborado por: Julio Cajamarca C

5. DISEÑO Y CÁLCULO HIDRÁULICOS DE ROCIADORES.

Para realizar el diseño y cálculos del sistema de protección de incendios por medio de rociadores y gabinetes de manguera en la empresa, se tiene en consideración la valoración de la carga combustible expuesta en las Normas (NFPA 30, 2013), (ver tabla 61), con este valor se determina el nivel de riesgo en el área.

De acuerdo al análisis de riesgo se determina que las áreas a proteger en la empresa por sistemas de rociadores automáticos se clasifican por el tipo en:

5.1. Sistemas de rociadores automáticos:

En las áreas donde existen líquidos inflamables se debe instalar rociadores automáticos de cobertura extendida por área – densidad, para esto se seleccionó el rociador Modelo EC-25 de la marca TYCO.

Las áreas a proteger son:

Destilerías, compuesta de 7 niveles o pisos, se estima que la cantidad de alcohol existente o promedio en este proceso es de 30.000 litros (ver tabla 61).

Almacenamiento de producción diaria, la cantidad promedio existente de alcohol es de 40000 litros (ver tabla 61).

Las áreas correspondientes al caldero y turbinas también serán protegidas por este tipo de rociador (ver tabla 61).

Tabla 61
Valoración de la carga combustible

VALORACIÓN DE LA CARGA COMBUSTIBLE									
Área	Dimensión (metros)			Cantidad de alcohol			Calor de combustión Kcal/Kg	Carga de combustible	Valoración carga combustible
	Lado 1	Lado 2	Radio (tanques cilíndricos)	ÁREA (m ²)	Máxima Kg	Existente Kg			
Columnas de destilación	16	14	NA	224.0	30,000	30,000	6,619	196.99	Riesgo alto
Tanques de producción diaria	15	10	NA	150.0	70,000	40,000	6,619	392.24	Riesgo alto
Área de despacho de alcohol	11.5	15	NA	172.5	60,000	60,000	6,619	511.61	Riesgo alto
Tanque #7 Alcohol anhidro	NA	NA	5.09	81.4	400,000	150,000	6,619	2,710.73	Riesgo alto
Tanque # 1 Alcohol neutro	NA	NA	5.6	98.5	800,000	200,000	6,619	2,985.96	Riesgo alto
Tanque # 2 Alcohol neutro	NA	NA	5.6	98.5	800,000	200,000	6,619	2,985.96	Riesgo alto

Elaborado por: Julio Cajamarca C

5.2. Sistemas de boquillas aspersores

En el caso de existir un incendio será necesario proteger los tanques de almacenamiento, donde se instalarán sistemas de aspersores que se encargarán de mantener las temperaturas bajas, evitando que las condiciones existentes alcancen los valores Límites de inflamabilidad (L.I.I.).

Estas boquillas actúan como rociadores de control.

Las boquillas a diferencia de los rociadores automáticos poseen un deflector abierto, el modelo escogido es: Boquilla Protecto Spray tipo D3 de la marca TYCO.

Tanque de almacenamiento de alcohol anhidro, con un valor promedio de 200.000 litros.

Áreas de tanque de almacenamiento de alcohol, en promedio se almacena 600.000 litros.

Posteriormente para el cálculo del número de rociadores se tratará cada tanque por separado.

5.3. Selección de rociadores.

En la siguiente tabla se establece el tipo de rociadores y las características técnicas necesarias para la realización de los cálculos hidráulicos.

Tabla 62
Rociadores: Datos técnicos

DATOS TÉCNICOS DE LOS ROCIADORES - ASPERSORES											
Área	ÁREA (m2) protección	ROCIADOR - ASPERSOR MARCA TYCO CLASE: COLGANTE						Presión de trabajo psi		Factor k	
		TIPO	modelo	Rosca	Temperatura nominal	Distancia entre rociadores	Cobertura de diseño m2	Mínima	Máxima	lpm. Bar	gpm. psi
Columnas de destilación Niveles 1, 2, y 3	224.0	Automático	EC-25	1" NTP	74-101 °C	4.27	18.2	7.0	175.0	363.0	25.2
Almacenamiento de producción diaria	150.0	Automático	EC-25	1" NTP	74-101 °C	4.27	18.2	7.0	175.0	363.0	25.2
Área de despacho de alcohol	172.5	Manual	EC-25	1" NTP	74-101 °C	4.27	18.2	7.0	175.0	363.0	25.2
Tanque #7 Alcohol anhidro	81.4	Boquilla	D3	1/2" NTP	N/A	3.70	19.60	10.0	175.0	103.7	7.2
Tanque # 1 Alcohol neutro	98.5	Boquilla	D3	1/2" NTP	N/A	3.70	19.60	10.0	175.0	103.7	7.2
Tanque # 2 Alcohol neutro	98.5	Boquilla	D3	1/2" NTP	N/A	3.70	19.60	10.0	175.0	103.7	7.2
Caldero	238.7	Abierto	EC-25	1" NTP	74-101 °C	4.27	18.2	7.0	175.0	363.0	25.2
Turbina	94.1	Abierto	EC-25	1" NTP	74-101 °C	4.27	18.2	7.0	175.0	363.0	25.2

Elaborado por: Julio Cajamarca C

El área de cobertura del rociador EC-25 es de 4,27 m.

Para el cálculo del área de cobertura de diseño de la boquilla D3 se toma como referencia el valor de 2,5 metros de la distancia radial desde el eje de la boquilla. Dato obtenido de las fichas técnicas.

$$\text{Área} = \pi r^2 = \pi, 2,5^2 = 19,6 \text{ m}^2$$

Los criterios para la selección de tipos de rociadores por zonas se tomaron en base al criterio del riesgo existente:

Para el área de destilación se escogió los rociadores del tipo colgante modelo E25.

Para los tanques de almacenamiento se seleccionó boquillas que en caso de emergencia descargarán grandes cantidades de agua sobre la superficie externa, enfriando el recipiente y formando una cortina que impida que exista transferencia de calor.

En la sección de turbinas y calderos, ante la presencia de un incendio, se desconectará el suministro de energía eléctrica, y el incendio se controlará por agua en forma de lluvia proveniente de los rociadores del tipo abierto (operados manualmente).

La red contra incendio instalada es en circuito cerrado con tuberías de 4" conectado a una succión de 6", y los ramales donde se conectarán los rociadores serán de 2".

Para el diseño de instalación de rociadores se realizará el estudio por zonas, en las torres de destilación el cálculo del área se realiza de acuerdo a la fórmula:

$$A = l_1 \times l_2$$

En el área de almacenamiento de alcohol: existen tanques que no poseen el sistema de rociadores o aspersores, para el cálculo del área máxima de cobertura de los aspersores se aplica la fórmula del área de un círculo:

$$A = \pi r^2$$

Cálculo del área de las torres de destilación (posee una forma rectangular), las distancias de los dos lados son:

$$l_1 = 16,0 \text{ m}$$

$$l_2 = 14,0 \text{ m}$$

Área de la torres de destilación:

$$A = 16,0\text{m} \times 14,0\text{m} = 224,0 \text{ m}^2$$

Área del tanque # 7 del alcohol anhidro (tanque cilíndrico): El radio del tanque es 5.09m

$$A = \pi 5,09^2 = 81,4 \text{ m}^2$$

Los valores para el resto de áreas de la empresa donde se colocarán los sistemas de rociadores se resumen en la Tabla 62.

5.4. Cálculo de la densidad de aplicación del agua según el tipo de riesgo existente (NFPA 13, 2013, págs. 13-69).

La carga de fuego llamado también carga de combustible existente en las torres de destilación se calcula:

$$Q_c = \frac{C_c \times P}{4.500 \times A}$$

$$Q_c = \frac{6.619 \text{ Kcal/Kg} \times 30.000 \text{ Kg}}{4.500 \times 224 \text{ m}^2}$$

$$Q_c = 196,99 \frac{\text{Kg madera}}{\text{m}^2}$$

- Q_c = Carga de combustible.
- C_c = calor de combustión del alcohol Kcal/Kg. = 6.619 Kcal/Kg (ver tabla 61)
- P = peso del material combustible en Kg = 30.000 Kg
- A = Área en m^2 = 224 m^2

El factor de 4500 representa las Kilocalorías generadas por un Kg de madera seca.

El cálculo de la carga de fuego para el resto de áreas que necesitan sistemas de rociadores se detalla en la tabla 61.

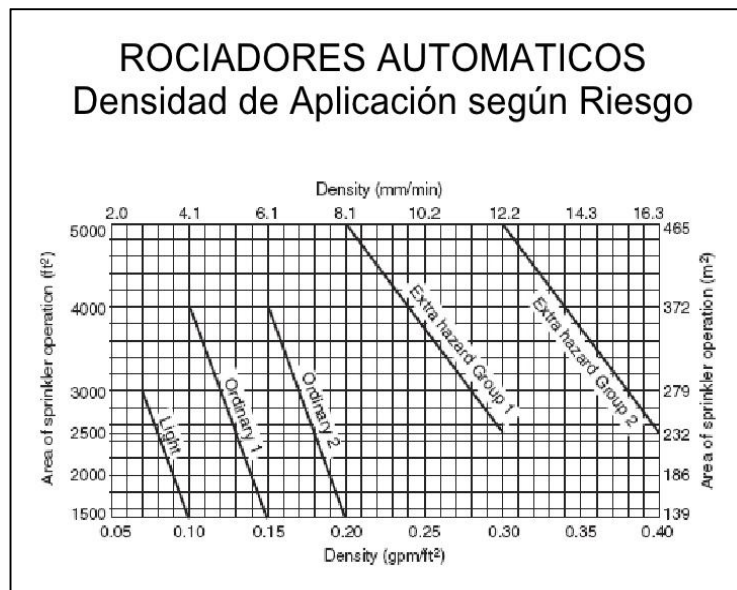
Con los valores de la carga combustible para cada área se procede a valorar el nivel de riesgo, de acuerdo a la tabla 35.

Para el caso del área de destilación la cantidad de carga combustible es de 196,99 Kg madera/m² que corresponde a un nivel de riesgo alto (según la tabla 35, para riesgos mayores a 75 Kg madera/m² es un nivel de riesgo alto)

Para efectos de los cálculos de los caudales de agua que se necesitan en las áreas designadas se toma como criterios:

- La destilería se compone de siete niveles, los sistemas de rociadores se proponen para tres pisos.
- Los pisos son de plancha perforada, el agua liberada puede llegar fácilmente a los niveles inferiores.
- Para que funcione el sistema se necesita menor cantidad de agua y se mantendrá la misma eficacia.
- En los tanques de producción diaria solo se considera los tanques de almacenamiento. Los pasillos y estructuras se protegen con los extintores.
- Se tiene en consideración las áreas del caldero y turbinas, consideradas también de alto riesgo. Se puede provocar un incendio ya sea por problemas eléctricos o por explosiones debido a las presiones que trabajan.

Tabla 63
Densidad de aplicación del agua según el Tipo de Riesgo



Fuente: NFPA 13

Para la zona de las torres de destilación en la tabla 63 se toma el valor correspondiente al cruce de la recta de "Extra hazard Group 1", con el valor del área de 224,0 m².

Para esta selección incide la Norma NFPA 30, que cataloga al alcohol como un líquido inflamable del tipo IB, Para el grupo 2 se considera existencia ambientes explosivos.

El valor obtenido es de 11,8 lt/min/m².

En la Tabla 64 se detalla los valores de la densidad de aplicación del agua.

Tabla 64
Densidad de aplicación - Agua

Densidad de aplicación - Agua			
Área	ÁREA (m ²)	DENSIDAD	
		gpm/ft ²	l/min/m ²
Columnas de destilación Nivel 1	224.0	0.29	11.8
Columnas de destilación Nivel 2	224.0	0.29	11.8
Columnas de destilación Nivel 3	224.0	0.29	11.8
Tanques de producción diaria	150.0	0.31	12.6
Área de despacho de alcohol	172.5	0.32	13
Tanque #7 Alcohol anhidro	81.4	0.35	14.3
Tanque # 1 Alcohol neutro	98.5	0.35	14.3
Tanque # 2 Alcohol neutro	98.5	0.35	14.3
Calderos	238.7	0.29	11.82
Turbinas	94.1	0.33	13.45

Elaborado por: Julio Cajamarca C

5.5. Cálculo del caudal necesario de agua para el sistema de rociadores

Para realizar el cálculo del caudal en la zona de las columnas de destilación se describe:

$$A = 224,0 \text{ m}^2$$

$$\rho = 11,8 \text{ lpm/m}^2 \text{ valor tomado de la tabla 65.}$$

$$Q = A \times \rho = 224,0 \times 11,8$$

$$Q = 2.643,2 \text{ lpm} = 698,3 \text{ gpm}$$

Q = Es el caudal total necesario que requiere el sistema, y se expresa en gpm.

En la tabla 65 se resume el cálculo de los valores de caudal requeridos por cada área.

Tabla 65
Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores

CAUDAL DE AGUA REQUERIDO PARA EL SISTEMA DE ROCIADORES					
Área	ÁREA (m ²)	DENSIDAD		Caudal Q	
		gpm/ft ²	l/min/m ²	gpm	lpm
Columnas de destilación Nivel 1	224.0	0.29	11.8	698.3	2643.2
Columnas de destilación Nivel 2	224.0	0.29	11.8	698.3	2643.2
Columnas de destilación Nivel 3	224.0	0.29	11.8	698.3	2643.2
Tanques de producción diaria	150.0	0.31	12.6	499.3	1890.0
Área de despacho de alcohol	172.5	0.32	13	592.5	2242.5
Tanque #7 Alcohol anhidro	81.4	0.35	14.3	307.5	1163.9
Tanque # 1 Alcohol neutro	98.5	0.35	14.3	372.2	1408.8
Tanque # 2 Alcohol neutro	98.5	0.35	14.3	372.2	1408.8
Calderos	238.7	0.29	11.82	745.4	2821.4
Turbinas	94.1	0.33	13.45	334.4	1265.6
Caudal total				5318.6	20130.8

Elaborado por: Julio Cajamarca C

5.6. Cálculo del número de rociadores por áreas de aplicación.

Se procederá a calcular el número de rociadores por área de la destilería de acuerdo a (Suay, 2010, pág. 269). A continuación se detalla los cálculos para las columnas de destilación:

$$n_r = \frac{A_t}{A_r} = \frac{224}{14,3} = 16$$

n_r = Número de rociadores a instalarse.

A_t = Área total de operación de los rociadores = 224 m²

A_r = Área de cobertura real del rociador = 14,3 m².

En el caso de existir en el resultado decimales, el valor se redondeará al número entero inmediato superior.

El cálculo del área real de cobertura del rociador se obtiene de la siguiente manera:

$$A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{4,27}{2} \right)^2 = 14,32 \text{ m}^2$$

En donde r es el radio de cobertura del rociador instalado.

Para el cálculo del caudal del rociador a nivel de las columnas de destilación, se seleccionó rociadores del tipo automático EC – 25 que posee las siguientes características:

- Conector 1" NTP.
- Rociadores de cobertura extendida.
- Área de cobertura de diseño: 18,2 m² – 196 ft².
- Distancia entre rociador y rociador 4,27 metros.
- Coeficiente k = 363 l/min. Bar – 25,2 gpm. Psi.
- Presión de trabajo para este modelo es 7 psi – 0,59 bar.

Para la correcta ubicación de los extintores se procede al cálculo del número de rociadores por ramal. En el caso del área de las columnas de destilación:

$$N_{rociadores\ por\ ramal} = \frac{1,2\sqrt{A_t}}{s} = \frac{1,2\sqrt{224}}{4,27}$$

$$N_{rociadores\ por\ ramal} = 4,2$$

En donde A_t = Área total del sector a proteger con los rociadores = 224 m².

s = Distancia máxima entre rociadores 4,27 m (dato obtenido de fichas técnicas)

Con estos valores se debe instalar 4 ramales compuestos por 4 rociadores cada uno, con esta disposición los 16 rociadores calculados protegerán toda el área asignada, ver Ilustración 12.

La ubicación de los rociadores se hará en base a un sistema reticulado de tipo malla, en las áreas de forma rectangular, y en el caso de los tanques de almacenamiento se instalarán en forma de circuito cerrado formando un anillo.

Tabla 66
Instalación de rociadores

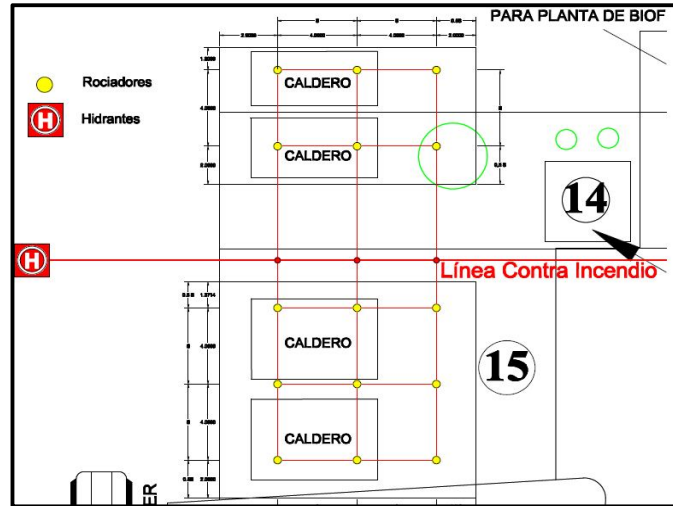
CÁLCULOS PARA LA INSTALACIÓN DE ROCIADORES										
Área	ÁREA TOTAL (m2) At	Distancia separación entre rociadores	Área real de cobertura rociador (m2) Ar	Número de rociadores n _r	Presión de trabajo del rociador (psi)	Factor k del rociador	Densidad gpm	Caudal del rociador Qr (gpm)	N rociadores por ramal	Número de ramales
Columnas de destilación Nivel 1	224.0	4.27	14.32	16.0	7.0	25.2	11.8	44.6	4.2	4
Columnas de destilación Nivel 2	224.0	4.27	14.32	16.0	7.0	25.2	11.8	44.6	4.2	4
Columnas de destilación Nivel 3	224.0	4.27	14.32	16.0	7.0	25.2	11.8	44.6	4.2	4
Tanques de producción diaria	150.0	4.27	14.32	11.0	7.0	25.2	12.6	47.7	3.4	3
Área de despacho de alcohol	172.5	4.27	14.32	13.0	7.0	25.2	13	49.2	3.7	4
Tanque #7 Alcohol anhidro	81.4	3.70	10.75	8.0	10.0	7.2	14.3	40.6	*	*
Tanque # 1 Alcohol neutro	98.5	3.70	10.75	10.0	10.0	7.2	14.3	40.6	*	*
Tanque # 2 Alcohol neutro	98.5	3.70	10.75	10.0	10.0	7.2	14.3	40.6	*	*
Calderos	238.7	4.27	14.32	17.0	7.0	25.2	11.82	44.7	4.3	4
Turbinas	94.1	4.27	14.32	7.0	7.0	25.2	13.45	50.9	2.7	3

* El área de estas zonas son de forma circular

Elaborado por: Julio Cajamarca C

Ilustración 11

Ubicación del sistema de rociadores en el área de calderos



Elaborado por: Julio Cajamarca C

6. CÁLCULO DEL CAUDAL REQUERIDO PARA EL SISTEMA DE HIDRANTES

Para el cálculo del caudal requerido de un hidrante se tiene en consideración los siguientes datos:

$K = 85$ este valor corresponde al de la tabla 42, con un diámetro de la boquilla de 13 mm.

$P = 6$ bar valor requerido por la ley contra incendios.

$$Q = K\sqrt{P} = 85\sqrt{6}$$

$Q = 208$ lpm este es el valor proporcionado por la tabla

$$Q = 54,95 \text{ gpm} (\text{galones por minuto})$$

En la empresa están instalados diez sistemas de hidrantes, por lo que la cantidad total del caudal será:

$$Q_t = 54,95 * 10 = 549,5 \text{ gpm} (2.250,2 \text{ lpm})$$

7. CAUDAL TOTAL REQUERIDO EN LA EMPRESA

Tabla 67

Valor total del caudal requerido

CAUDAL TOTAL REQUERIDO EN LA EMPRESA	
Caudal requerido por el sistema de rociadores	5318,6 gpm
Caudal requerido por el sistema de hidrantes	594,5 gpm
Caudal total	5913,1 gpm

Elaborado por: Julio Cajamarca C

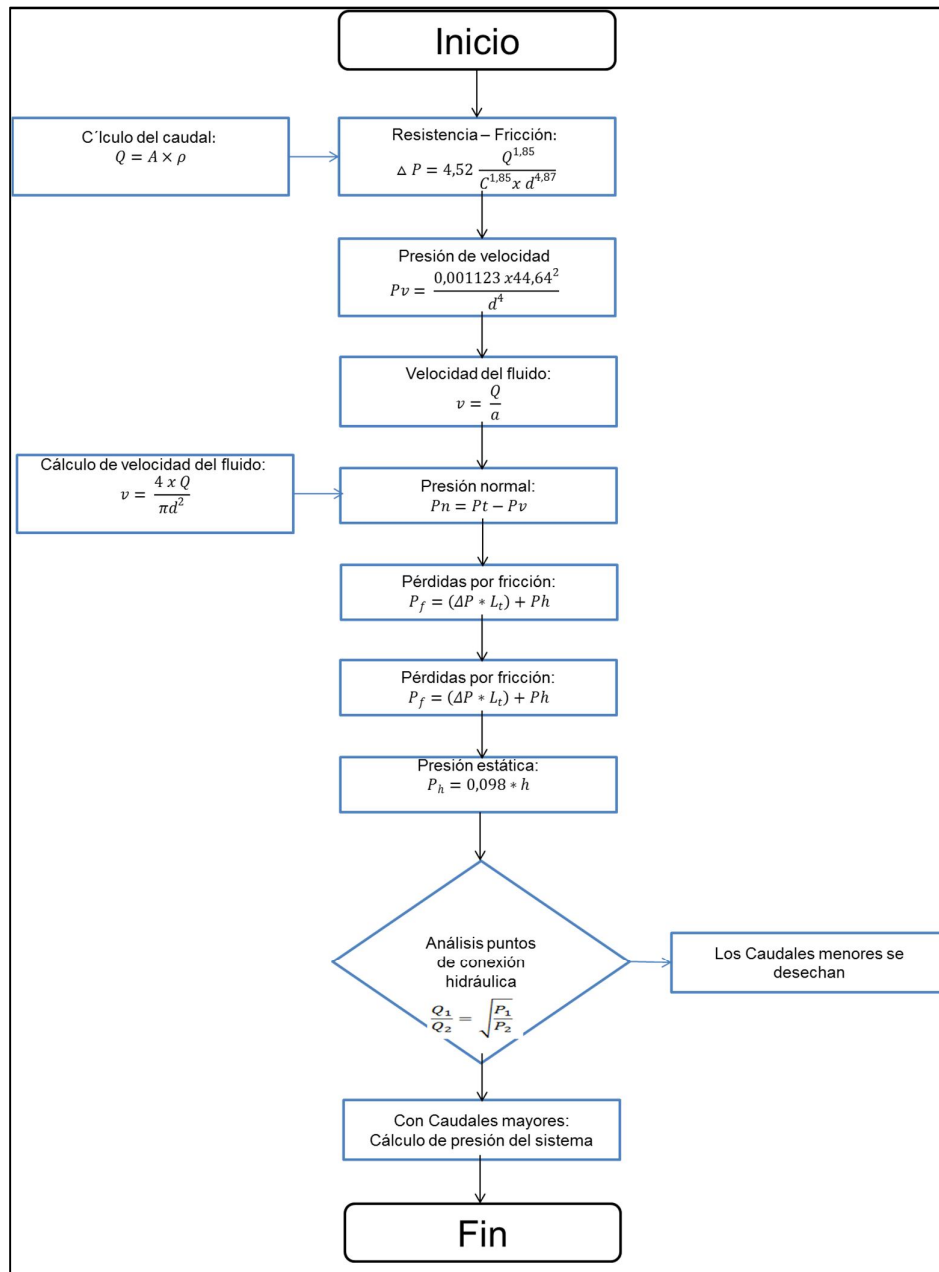
Este caudal es el requerido para accionar todo el sistema simultáneamente, como los sistemas se aplican para evitar que el fuego se propague y llegue a implicar toda la destilería se dividirá por secciones la empresa.

8. CÁLCULO HIDRÁULICOS PARA EL SISTEMA DE ROCIADORES

8.1. Diagrama de proceso de los cálculos hidráulicos

Tabla 68

Flujograma de cálculos hidráulicos



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

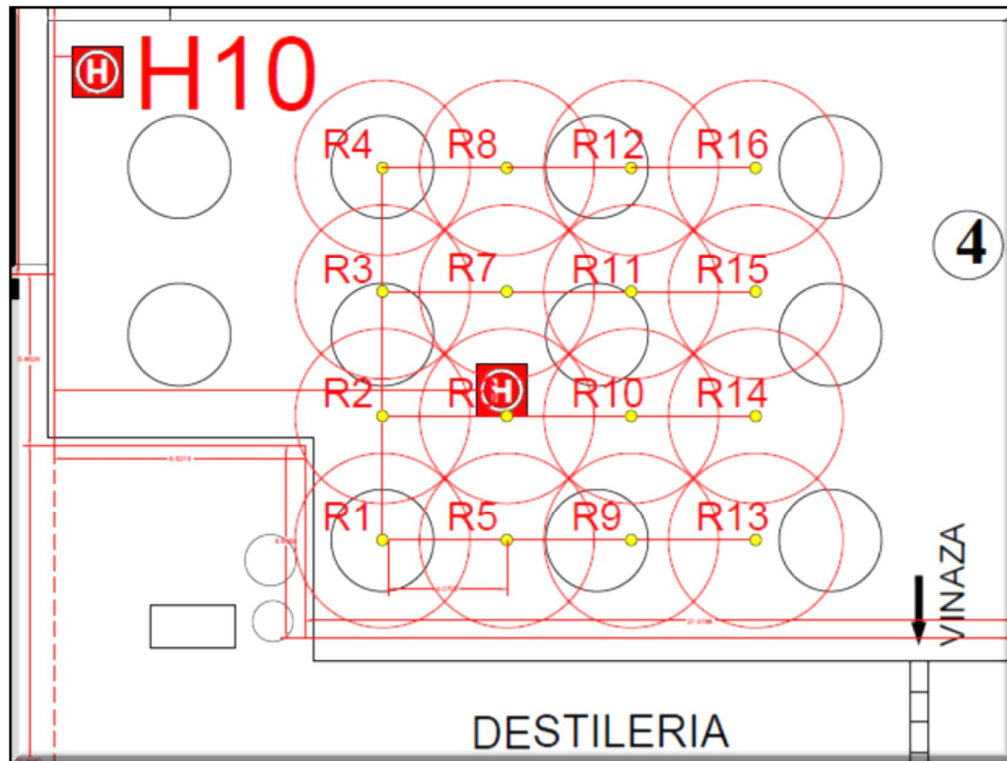
8.2. Cálculo hidráulico para el Nivel 22 de la destilería

Para la realización de los cálculos hidráulicos se considera que se comienza realizando los cálculos para el rociador más alejado en la zona de operación en caso de emergencia.

Por lo tanto la presión total en este rociador corresponderá a la presión mínima del diseño, y el caudal para este punto corresponderá al caudal mínimo del rociador.

Ilustración 12

Nivel 22 de la destilería - Sistema de rociadores



Elaborado por: Julio Cajamarca C

8.2.1. Tramo R4 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R4

Diámetro interior del rociador= 25.4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

$\rho = 11,8 \text{ l/min/m}^2$ (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{rociador}} = A \text{ cobertura rociador (m}^2) \times \rho \text{ densidad } \left(\frac{\text{lpm}}{\text{m}^2} \right) = 14,32 \times 11,8$$

$$= 168,98 \text{ lpm} / 3,785$$

$$Q_{\text{rociador}} = 44,64 \text{ gpm}$$

$$P_{\text{rociador}} = \left(\frac{Q_{\text{rociador}} \text{ gpm}}{k} \right)^2 = \left(\frac{44,64}{25,2} \right)^2$$

$$P_{\text{rociador}} = 3,14 \text{ psi}$$

Este valor de la presión del rociador es inferior a la presión mínima de trabajo dado por el proveedor, por este motivo se tomará el de la ficha técnica que es igual a 7 psi.

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{44,64^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,0172 \text{ psi}$$

$$\Delta P = 0,0172 \text{ psi}$$

ΔP = Resistencia a la fricción en psi (NFPA 13, 2013, pág. 74)

Q = Flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción en las tuberías de acuerdo a Hazen y Williams, para tuberías de acero negro ASTM A 53 de cédula 40 el valor es de 120 (NFPA 13, 2013, págs. Tabla 6-4.4.5.)

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas) = 2,157 pulgadas (54,8 mm)

$$L_{\text{total}} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 0 + 0 = 0 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 \times 44,64^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 44,64^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 0,1034 \text{ psi}$$

P_v = Presión de velocidad en psi.

$$P_t \text{ del tramo} = 7,0 (\text{p de llegada al rociador}) + 0(P_f) + 0(P_h) = 7,0 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 7 - 0,1034$$

$$P_n = 6,8966 \text{ psi}$$

P_n = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

P_t = Presión total del rociador en psi.

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,0172 * 0$$

$$P_f = 0$$

P_f = Pérdida de presión debido a la fricción en psi

$$P_h = 0,098 * h$$

El valor de Ph es igual a 0. En este punto no se toma en cuenta la altura, los cálculos se realizan al nivel de los ramales, las pérdidas por altura se considera desde la bomba hasta la llegada al sistema de rociadores.

Ph = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes alturas (bar)

h = Distancia vertical en metros.

Cálculo de la velocidad del fluido: $v = \frac{Q}{a}$

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm.= 44.64 gpm x 3.785 litros/galón = 168.96 lpm

a = Sección de la tubería (m²)

$$a = \pi d^2 / 4$$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 168,96 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 71.637 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 1,19 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

d = Diámetro interior de la tubería expresado en m = 54,8 mm = 0,0548m

Tabla 69
Longitud equivalente: Columnas de destilación Nivel 3

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS															Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long acce.				
ÁREA: DESTILERÍA NIVEL 22 m																				
Rociador	TUBERÍA			Codós 45°		Codós 90°		Codós 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa						
	Diámetro nominal	Diámetro interno		Longitud	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)			N°	Long. (m)		
	pulg	mm																		
R4	2	2.067	52.5	0													0	0		
R4-R3	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27		
R3-R2	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27		
R2-R1	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27		
R1-R5	2	2.067	52.5	4.27					1	0.9							0.9	5.17		
R8	2	2.067	52.5	0													0	0		
R8-R7	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27		
R7-R6	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27		
R6-R5	2	2.067	52.5	4.27						1	3.1						3.1	7.37		
R16	2	2.067	52.5	0													0	0		
R16-R15	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27		
R15-R14	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27		
R14-R13	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27		
R13-R9	2	2.067	52.5	4.27					1	0.9							0.9	5.17		
R12	2	2.067	52.5	0													0	0		
R12-R11	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27		
R11-R10	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27		
R10-R9	2	2.067	52.5	4.27							1	3.1					3.1	7.37		
R5-E	2	2.067	52.5	2.14							1	3.1					3.1	5.24		
R9-E	2	2.067	52.5	2.14							1	3.1					3.1	5.24		
Tramo E-D	4	4.026	102.3	20.3					2	1.8	1	6.1	1	0.6			10.3	30.6		
Tramo D-A	4	4.026	102.3	104.6					4	1.8	2	6.1	2	0.6			20.6	125.2		
TOTALES				189.0		0		0			5.4			24.6			1.2	0	45.1	234.06
Altura del tramo E-D: h=16,3 m															Altura del tramo D-A: h=5,7 m					

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

El cálculo de la longitud de tuberías y accesorios para esta área se detalla en la tabla 68.

8.2.2. Tramo R4-R3 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R3

Diámetro interior del rociador= 25.4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

$\rho = 11,8 \text{ l/min/m}^2$ (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{área de cobertura del rociador} = 14.32 \text{ m}^2$$

Para el cálculo del caudal en R3 se aplica:

$$Q_r = k \sqrt{P_{t \text{ sale del rociador anterior}} = P_t(7) + P_{f \text{ ramal anterior}}(0)} = 25,2 \sqrt{7}$$

$$Q_r = 66,67 \text{ gpm}$$

Q_r = Caudal del rociador en gpm.

k = Constante del rociador (gpm/psi)

p = Presión de operación del rociador expresado en bar.

$$Q \text{ del tramo R4 - R3} = 44,64 + 66,67 = 111,32 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{111,32^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,09310 \text{ psi}$$

ΔP = Resistencia a la fricción en psi.

Q = Flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción de Hazen y Williams, para tuberías de acero negro ASTM A 53 el valor es de 120.

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas) = 2.157 pulgadas (54,8 mm)

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 4.27 + 0 = 4.27 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 111,32^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 0,6429 \text{ psi}$$

En donde:

P_v = Presión de velocidad en psi.

$$P_t \text{ del tramo} = 7,0(p \text{ de llegada al rociador}) + 0,3975(P_f) + 0(P_h) = 7,398 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 7,398 - 0,6429$$

$$P_n = 6,755 \text{ psi}$$

Siendo:

P_n = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

P_t = Presión total del rociador en psi.

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,09310 * 4,27 = 0,3975 \text{ psi}$$

P_f = Pérdida de presión debido a la fricción en psi

$$P_h = 0,098 * h$$

El valor de P_h es igual a 0. En este punto no se toma en cuenta la altura, los cálculos se realizan al nivel de los ramales, las pérdidas por altura se considera desde la bomba hasta la llegada al sistema de rociadores.

P_h = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes cotas (bar)

h = Distancia vertical en metros.

Cálculo de la velocidad del fluido: $v = \frac{Q}{a}$

Siendo:

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 111,32 gpm x 3,785 litros/galón = 421,35 lpm

a = Sección de la tubería (m^2) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 421,35 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 178,644 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times m^2} \times \frac{1m^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 2,98 \frac{m}{s}$$

d = diámetro interior de la tubería expresado en m = 54,8 mm = 0,0548m

8.2.3. Tramo R3-R2 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R2

Diámetro interior del rociador = 25.4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

ρ = 11,8 l/min/m² (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{Área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

Para el cálculo del caudal en R2 se aplica:

$$Q_r = k \sqrt{P_{t \text{ sale del rociador anterior}} = P_t(7,0) + P_{f \text{ ramal anterior}}(0,3975)} = 25,2 \sqrt{7,3975}$$

$$Q_r = 68,54 \text{ gpm}$$

Q_r = Caudal del rociador en gpm.

k = Constante del rociador

p = Presión de operación del rociador expresado en bar.

$$Q \text{ del tramo R3 - R2} = 68,54 + 111,32 = 179,86 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{179,86^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,2262 \text{ psi}$$

ΔP = Resistencia a la fricción en psi

Q = Flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción de Hazen y Williams, para tuberías de acero negro ASTM A 53 el valor es de 120.

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas)

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 4,27 + 0 = 4,27 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 179,86^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 1,6782 \text{ psi}$$

En donde:

P_v = Presión de velocidad en psi.

d = Diámetro interno real en pulgadas de la tubería = 2,157 pulgadas (54,8 mm)

$$P_t \text{ del tramo} = 7,398 \text{ (p de llegada al rociador)} + 0,9657(P_f) + 0(P_h) = 8,3637 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 8,3637 - 1,6782 =$$

$$P_n = 6,6855 \text{ psi}$$

Siendo:

P_n = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

P_t = Presión total del rociador en psi.

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,2262 * 4,27 = 0,9657 \text{ psi}$$

Pf = Pérdida de presión debido a la fricción en psi

$$P_h = 0,098 * h$$

El valor de Ph es igual a 0. En este punto no se toma en cuenta la altura, los cálculos se realizan al nivel de los ramales, las pérdidas por altura se considera desde la bomba hasta la llegada al sistema de rociadores.

Ph = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes cotas (bar)

h = Distancia vertical en metros.

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 179,86 gpm x 3,785 litros/galón = 680,77 lpm

a = Sección de la tubería (m²) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 680,77 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 288,635 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 4,81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

d = Diámetro interior de la tubería expresado en m = 54,8 mm = 0,0548m

8.2.4. Tramo R2-R1 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R1

Diámetro interior del rociador = 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

$\rho = 11,8 \text{ l/min/m}^2$ (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

Para el cálculo del caudal en R1 se aplica:

$$Q_r = k \sqrt{P_t \text{ sale del rociador anterior} = P_t (7,398) + P_{f \text{ ramal anterior}} (0,9657)} = 25,2 \sqrt{8,3637}$$

$$Q_r = 72,88 \text{ gpm}$$

Qr = Caudal del rociador en gpm.

k = Constante del rociador

p = Presión de operación del rociador expresado en bar.

$$Q \text{ del tramo R2 - R1} = 179,86 + 72,88 = 252,73 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{252,73^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,4244 \text{ psi}$$

ΔP = Resistencia a la fricción en psi

Q = Flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción de Hazen y Williams, para tuberías de acero negro ASTM A 53 el valor es de 120.

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas)

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 4,27 + 0 = 4,27 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 252,73^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 3,314 \text{ psi}$$

En donde:

Pv = Presión de velocidad en psi.

d = Diámetro interno real en pulgadas de la tubería = 2,157 pulgadas (54,8 mm)

$$P_t \text{ del tramo} = 8,363 (\text{p de llegada al rociador}) + 1,812(P_f) + 0(P_h) = 10,175 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 10,175 - 3,314 = 6,862$$

$$P_n = 6,862 \text{ psi}$$

Siendo:

Pn = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

Pt = Presión total del rociador en psi.

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,4244 * 4,27 = 1,8122 \text{ psi}$$

Pf = Pérdida de presión debido a la fricción en psi

$$P_h = 0,098 * h$$

El valor de Ph es igual a 0. En este punto no se toma en cuenta la altura, los cálculos se realizan al nivel de los ramales, las pérdidas por altura se considera desde la bomba hasta la llegada al sistema de rociadores.

Ph = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes cotas (bar)

h = Distancia vertical en metros.

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 252,73 gpm x 3,785 litros/galón = 965,58 lpm

a = Sección de la tubería (m²) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 965,58 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 405,575 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 6,76 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

d = diámetro interior de la tubería expresado en m = 54,8 mm = 0,0548m

8.2.5. Tramo R1-R5 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida TYCO B-1 agua-espuma) N° R5

Diámetro interior del rociador = 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 63 Datos técnicos de los rociadores)

$\rho = 11,8 \text{ l/min/m}^2$ (Tabla N° 66 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{Área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

Para el cálculo del caudal en R5 se aplica:

$$Q_r = k \sqrt{P_{t \text{ sale del rociador anterior}} = P_t(8,363) + P_{f \text{ ramal anterior}}(1,812)} = 25,2 \sqrt{10,175}$$

$$Q_r = 80,38 \text{ gpm}$$

Qr = Caudal del rociador en gpm.

k = Constante del rociador

p = Presión de operación del rociador expresado en bar.

$$Q \text{ del tramo R1 - R5} = 252,73 + 80,38 = 333,11 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{333,11^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,7073 \text{ psi}$$

ΔP = Resistencia a la fricción en psi.

Q = Flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción de Hazen y Williams, para tuberías de acero negro ASTM A 53 el valor es de 120.

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas)

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 4,27 + 0,9 = 5,17 \text{ m}$$

$$Pv = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 333,11^2}{2,157^4}$$

$$Pv = 5,757 \text{ psi}$$

En donde:

Pv = Presión de velocidad en psi.

d = Diámetro interno real en pulgadas de la tubería = 2,157 pulgadas (54,8 mm)

$$P_t \text{ del tramo} = 10,175 \text{ (p de llegada al rociador)} + 3,657(P_f) + 0(Ph) = 13,832 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - Pv = 13,832 - 5,757 = 8,075$$

$$P_n = 8,075 \text{ psi}$$

Siendo:

Pn = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

Pt = Presión total del rociador en psi.

$$P_f = (\Delta P * L_t) + Ph = 0,7073 * 5,17 = 3,6567 \text{ psi}$$

Pf = Pérdida de presión debido a la fricción en psi

$$P_h = 0,098 * h$$

El valor de Ph es igual a 0, en este punto no se toma en cuenta la altura.

Ph = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes cotas (bar)

h = Distancia vertical en metros.

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 333,11 gpm x 3,785 litros/galón = 1.260,82 lpm

a = Sección de la tubería (m²) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 1.260,82 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 534.567,5 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 8,91 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$d = \text{diámetro interior de la tubería expresado en m} = 54,8 \text{ mm} = 0,0548 \text{ m}$$

Los valores de presión y caudal calculados para este último ramal se deberán tener presentes para el cálculo final de este nivel.

Con el rociador R5 se termina el primer ramal, a continuación se procede a calcular valores para el ramal comprendido entre los rociadores R8 a R5

8.2.6. Tramo R8 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R8

Diámetro interior del rociador= 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

$\rho = 11,8 \text{ l/min/m}^2$ (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{Área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{rociador}} = A \text{ cobertura rociador (m}^2) \times \rho \text{ densidad } \left(\frac{\text{lpm}}{\text{m}^2} \right) = 14,32 \times 11,8$$

$$= 168,98 \text{ lpm} / 3,785 = 44,64 \text{ gpm}$$

$$P_{\text{rociador}} = \left(\frac{Q_{\text{rociador gpm}}}{k} \right)^2 = \left(\frac{44,64}{25,2} \right)^2 = 3,14 \text{ psi}$$

Este valor de la presión del rociador es inferior a la presión mínima de trabajo dado por el proveedor, por este motivo se tomará el de la ficha técnica que es igual a 7 psi.

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{44,64^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,0172 \text{ psi}$$

ΔP = Resistencia a la fricción en psi.

Q = Flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción de Hazen y Williams, para tuberías de acero negro ASTM A 53 el valor es de 120.

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas) = 2,157 pulgadas (54,8 mm)

$$L_{\text{total}} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 0 + 0 = 0 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 \times 44,64^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 44,64^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 0,1034 \text{ psi}$$

En donde:

P_v = Presión de velocidad en psi.

$$P_t \text{ del tramo} = 7,0 (\text{p de llegada al rociador}) + 0(P_f) + 0(P_h) = 7,0 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 7 - 0,1034$$

$$P_n = 6,8966 \text{ psi}$$

Siendo:

P_n = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

P_t = Presión total del rociador en psi.

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,0172 * 0 = 0$$

P_f = Pérdida de presión debido a la fricción en psi

$$P_h = 0,098 * h$$

El valor de P_h es igual a 0, en este punto no se toma en cuenta la altura.

P_h = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes cotas (bar)

h = Distancia vertical en metros.

Cálculo de la velocidad del fluido: $v = \frac{Q}{a}$

Siendo:

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 44,64 gpm x 3,785 litros/galón = 168,96 lpm

a = Sección de la tubería (m^2) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 * Q}{\pi d^2} = \frac{4 * 168,96 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 71,637 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} * m^2} * \frac{1 m^3}{1.000 \text{ litros}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 1,19 \frac{m}{s}$$

d = Diámetro interior de la tubería expresado en m = 54,8 mm = 0,0548m

8.2.7. Tramo R8-R7 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R7

Diámetro interior del rociador = 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 63 Datos técnicos de los rociadores)

ρ = 11,8 l/min/ m^2 (Tabla N° 66 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{Área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

Para el cálculo del caudal en R3 se aplica:

$$Q_r = k \sqrt{P_t \text{ sale del rociador anterior} = P_t(7) + P_f \text{ ramal anterior}(0)}$$

$$Q_r = 25,2 \sqrt{7}$$

$$Q_r = 66,67 \text{ gpm}$$

Q_r = Caudal del rociador en gpm.

k = Constante del rociador

p = Presión de operación del rociador expresado en bar.

$$Q \text{ del tramo R4 - R3} = 44,64 + 66,67 = 111,32 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{111,32^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,09310 \text{ psi}$$

ΔP = Resistencia a la fricción en psi.

Q = Flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción de Hazen y Williams, para tuberías de acero negro ASTM A 53 el valor es de 120.

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas) = 2,157 pulgadas (54,8 mm)

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 4,27 + 0 = 4,27 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 111,32^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 0,6429 \text{ psi}$$

En donde:

P_v = Presión de velocidad en psi.

$$P_t \text{ del tramo} = 7,0(p \text{ de llegada al rociador}) + 0,3975(P_f) + 0(P_h)$$

$$P_t \text{ del tramo} = 7,398 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 7,398 - 0,6429$$

$$P_n = 6,755 \text{ psi}$$

Siendo:

P_n = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

P_t = Presión total del rociador en psi.

$$P_f = (\Delta P * L_t) + Ph = 0,09310 * 4,27 = 0,3975 \text{ psi}$$

P_f = Pérdida de presión debido a la fricción en psi

$$P_h = 0,098 * h$$

El valor de P_h es igual a 0, en este punto no se toma en cuenta la altura.

P_h = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes cotas (bar)

h = Distancia vertical en metros.

Cálculo de la velocidad del fluido: $v = \frac{Q}{a}$

Siendo:

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 111,32 gpm x 3,785 litros/galón = 421,35 lpm

a = Sección de la tubería (m^2) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 421,35 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 178,644 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times m^2} \times \frac{1m^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 2,98 \frac{m}{s}$$

d = Diámetro interior de la tubería expresado en m = 54,8 mm = 0,0548m

8.2.8. Tramo R7-R6 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R6

Diámetro interior del rociador = 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

ρ = 11,8 l/min/ m^2 (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{Área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

Para el cálculo del caudal en R2 se aplica:

$$Q_r = k \sqrt{P_t \text{ sale del rociador anterior} = P_t(7.0) + P_f \text{ ramal anterior}(0,3975)} = 25,2 \sqrt{7,3975}$$

$$Q_r = 68,54 \text{ gpm}$$

Q_r = Caudal del rociador en gpm.

k = Constante del rociador

p = Presión de operación del rociador expresado en bar.

$$Q \text{ del tramo } R3 - R2 = 68,54 + 111,32 = 179,86 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{179,86^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,2262 \text{ psi}$$

ΔP = Resistencia a la fricción en psi

Q = Flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción de Hazen y Williams, para tuberías de acero negro ASTM A 53 el valor es de 120.

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas)

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 4,27 + 0 = 4,27 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 179,86^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 1,6782 \text{ psi}$$

En donde:

P_v = Presión de velocidad en psi.

d = Diámetro interno real en pulgadas de la tubería = 2,157 pulgadas (54,8 mm)

$$P_t \text{ del tramo} = 7,398 (\text{p de llegada al rociador}) + 0,9657(P_f) + 0(P_h) = 8,3637 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 8,3637 - 1,6782 =$$

$$P_n = 6,6855 \text{ psi}$$

Siendo:

P_n = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

P_t = Presión total del rociador en psi.

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,2262 * 4,27 = 0,9657 \text{ psi}$$

P_f = Pérdida de presión debido a la fricción en psi

$$P_h = 0,098 * h$$

El valor de P_h es igual a 0, en este punto no se toma en cuenta la altura.

P_h = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes cotas (bar)

h = Distancia vertical en metros.

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 179,86 gpm x 3,785 litros/galón = 680,77 lpm

a = Sección de la tubería (m^2) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 680,77 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 288,635 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times m^2} \times \frac{1 m^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 4,81 \frac{m}{s}$$

d = Diámetro interior de la tubería expresado en m = 54,8 mm = 0,0548m

8.2.9. Tramo R2-R1 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R1

Diámetro interior del rociador = 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

ρ = 11,8 l/min/ m^2 (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{Área de cobertura del rociador} = 14,32 m^2$$

Para el cálculo del caudal en R1 se aplica:

$$Q_r = k \sqrt{P_{t \text{ sale del rociador anterior}} = P_t(7,398) + P_{f \text{ ramal anterior}}(0,9657)}$$

$$Q_r = 25,2 \sqrt{8,3637} = 72,88 \text{ gpm}$$

Q_r = Caudal del rociador en gpm.

k = Constante del rociador

p = Presión de operación del rociador expresado en bar.

$$Q \text{ del tramo R2 - R1} = 179,86 + 72,88 = 252,73 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{252,73^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,4244 \text{ psi}$$

ΔP = Resistencia a la fricción en psi

Q = Flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción de Hazen y Williams, para tuberías de acero negro ASTM A 53 el valor es de 120.

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas)

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 4,27 + 3,1 = 7,37 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 252,73^2}{2,157^4} = 3,314 \text{ psi}$$

En donde:

P_v = Presión de velocidad en psi.

d = Diámetro interno real en pulgadas de la tubería = 2,157 pulgadas (54,8 mm)

$$P_t \text{ del tramo} = 8,363 \text{ (p de llegada al rociador)} + 3,1278(P_f) + 0(P_h) = 11,4908 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 11,4908 - 3,314 = 8,1768$$

$$P_n = 8,1768 \text{ psi}$$

Siendo:

P_n = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

P_t = Presión total del rociador en psi.

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,4244 * 7,37 = 3,1278 \text{ psi}$$

P_f = Pérdida de presión debido a la fricción en psi

$$P_h = 0,098 * h$$

El valor de P_h es igual a 0, en este punto no se toma en cuenta la altura.

P_h = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes cotas (bar)

h = Distancia vertical en metros.

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 252,73 gpm x 3,785 litros/galón = 965,58 lpm

a = Sección de la tubería (m^2) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 965,58 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 405,575 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times m^2} \times \frac{1 m^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

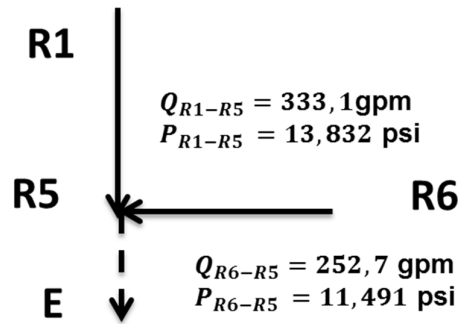
$$v = 6,76 \frac{m}{s}$$

$$d = \text{Diámetro interior de la tubería expresado en m} = 54,8 \text{ mm} = 0,0548 \text{ m}$$

Los valores de presión y caudal calculados para este último ramal se deberán tener presentes para el cálculo del caudal para esta conexión hidráulica.

En este punto del área de operación existe una conexión hidráulica producido por la presencia del accesorio tipo T, se procederá a realizar los cálculos de los caudales totales mediante un ajuste según lo dispuesto en las normas (NFPA 13, 2013, pág. 74), y (NFPA 15, 2013, pág. 30)

Se deja igual el caudal Q_{R1-R5} , y se procede a obtener un nuevo caudal R6-R5 mediante la fórmula:



$$\frac{Q_{R6-R5}}{Q_{R1-R5}} = \sqrt{\frac{P_{R6-R5}}{P_{R1-R5}}}$$

$$\frac{Q_{R6-R5}}{333.1} = \sqrt{\frac{11.491}{13.832}}$$

$$Q_{R5-R6} = 303.61$$

Se deja igual el caudal de Q_{R6-R5} , y se obtiene un nuevo caudal corregido de Q_{R1-R5} mediante:

$$\frac{Q_{R1-R5}}{Q_{R6-R5}} = \sqrt{\frac{P_{R6-R5}}{P_{R5-R6}}}$$

$$\frac{Q_{R1-R5}}{252.7} = \sqrt{\frac{13.832}{11.491}}$$

$$Q_{R1-R5} = 277.25$$

Para calcular los caudales más grandes, a cada nuevo caudal se le suma el caudal del tramo puesto que conserva el valor anterior:

$$Q_{R1-R5} \text{ nuevo} + Q_{R6-R5} \text{ anterior} = 277,25 + 252,7 = 529,95 \text{ gpm}$$

$$Q_{R6-R5} \text{ nuevo} + Q_{R1-R5} \text{ anterior} = 303,61 + 333,1 = 636,71 \text{ gpm}$$

Para los siguientes cálculos se utiliza el caudal más grande obtenido ($Q_{R6-R5} = 636,71 \text{ gpm}$).

El objetivo principal del sistema de rociadores es actuar antes de que exista un incendio declarado, por este motivo el cálculo hidráulico para los niveles de la destilería se considera que el sistema actuaría dos ramales seguidos lo que permitiría la extinción del incendio, o evitar su propagación con la ayuda de las brigadas existentes o la del Cuerpo de Bomberos.

Para hallar las pérdidas de carga para los tramos comunes instalados se tiene presente las siguientes consideraciones:

El caudal necesario deberá considerarse el calculado para el punto de conexión hidráulico.

La presión de operación se asumirá el mayor valor en este punto de conexión.

Con estos valores se procederá a calcular las pérdidas por fricción y la altura dinámica de todas las tuberías y dispositivos instalados desde la bomba contra incendio hasta los rociadores.

8.2.10. Tramo R5-E línea contra incendio.

Q= 636,71 gpm

P= 13,832

Diámetro interno efectivo de una tubería de 2" cédula 40= 2,157 pulg (58,8 mm)

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{636,71^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 2,3447 \text{ psi}$$

ΔP = Resistencia a la fricción en psi.

Q = Flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción de Hazen y Williams (NFPA 13, 2013, pág. 77), para tuberías de acero negro ASTM A 53 el valor es de 120.

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas)

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 2,14 + 3,1 = 524 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 636,71^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 21,031 \text{ psi}$$

En donde:

P_v = Presión de velocidad en psi.

$$P_{del \ tramo} = 13,832 \text{ (} p \text{ de la línea)} + 12,286 \text{ (} P_f \text{)} + 0 \text{ (} P_h \text{)} = 26,118 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 26,118 - 2,031 = 5,087 \text{ psi}$$

$$P_n = 68,39 \text{ psi}$$

Siendo:

P_n = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

P_t = Presión total de la línea en psi.

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 2,3447 * 5,24 + 0 = 12,286 \text{ psi}$$

P_f = Pérdida de presión debido a la fricción en psi

$$P_h = 0,098 * h = 0,0968 * 0m = 0$$

P_h = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes cotas (bar)

h = Distancia vertical en metros.

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm.=636,71 gpm x 3,785 litros/galón = 2.409,95 lpm

a = Sección de la tubería (m^2) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 * Q}{\pi d^2} = \frac{4 * 2.40995 \text{ lpm}}{\pi (0,0548m)^2} = 1'021.779 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} * m^2} * \frac{1m^3}{1.000 \text{ litros}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 17,04 \frac{m}{s}$$

d = Diámetro interior de la tubería expresado en m = 54,8 mm = 0,0548m

8.2.11. Tramo E-D línea contra incendio.

Diámetro interno efectivo de una tubería de 4" cédula 40= 4.026 pulg (102,3 mm)

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} * d^{4,87}} = 4,52 \frac{636,71^{1,85}}{120^{1,85} * 4,026^{4,87}}$$

$$\Delta P = 0,1123 \text{ psi}$$

ΔP = Resistencia a la fricción en psi.

Q = Flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción de Hazen y Williams (NFPA 13, 2013, pág. 77), para tuberías de acero negro ASTM A 53 el valor es de 120.

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas)

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 20,3 + 10,3 = 30,6 \text{ m}$$

$$Pv = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 636,71^2}{4,026^4}$$

$$Pv = 1,7329 \text{ psi}$$

Pv = Presión de velocidad en psi.

$$P_t \text{ del tramo} = 26,118(p \text{ de la línea}) + 26,320 (Pf) + 22,885(Ph) = 75,323 \text{ psi}$$

$$Pn = Pt - Pv = 75,323 - 1,7329 = 73,590 \text{ psi}$$

$$Pn = 73,590 \text{ psi}$$

Pn = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

Pt = Presión total de la línea en psi.

$$Pf = (\Delta P * L_t) + Ph = 0,1123 * 30,6 + 22,885 = 26,320 \text{ psi}$$

Pf = Pérdida de presión debido a la fricción en psi

$$Ph = 0,098 * h = 0,0968 * 16,3m = 1,578 \text{ bar} * \frac{14,5038 \text{ psi}}{1 \text{ bar}} = 22,88 \text{ psi}$$

Ph = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes cotas (bar)

h = Distancia vertical en metros.

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm.= 636,71 gpm x 3,785 litros/galón = 2.409,95 lpm

a = Sección de la tubería (m²) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 2.409,95 \text{ lpm}}{\pi (0,1023 \text{ m})^2} = 293.201,6 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 4,89 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$d = \text{Diámetro interior de la tubería expresado en m} = 102,3 \text{ mm} = 0,1023 \text{ m}$$

8.2.12. Tramo D-A línea contra incendio.

Diámetro interno efectivo de una tubería de 4" cédula 40= 4,026 pulg (102,3 mm)

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{636,71^{1,85}}{120^{1,85} \times 4,026^{4,87}} = 0,1123 \text{ psi}$$

ΔP = Resistencia a la fricción en psi.

Q = Flujo en galones por minuto (gpm)

C = Coeficiente de pérdida por fricción de Hazen y Williams (NFPA 13, 2013, pág. 77), para tuberías de acero negro ASTM A 53 el valor es de 120.

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas)

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 104,6 + 20,6 = 125,2 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 636,71^2}{4,026^4}$$

$$P_v = 1,7329 \text{ psi}$$

Pv = Presión de velocidad en psi.

$$P_t \text{ del tramo} = 75,32 \text{ (p de la línea)} + 22,06 \text{ (Pf)} + 8,0 \text{ (Ph)} = 105,38 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 71,28 - 2,89 = 68,39 \text{ psi} = 68,39 \text{ psi}$$

Siendo:

Pn = Presión normal en psi (es el valor obtenido para el rociador)

Pt = Presión total de la línea en psi.

$$P_f = (\Delta P * L_t) + Ph = 0,1123 * 125,2 + 8,0 = 22,06 \text{ psi}$$

Pf = Pérdida de presión debido a la fricción en psi

$$P_h = 0,098 * h = 0,0968 * 5,7 \text{ m} = 0,55188 \text{ bar} * \frac{14,5038 \text{ psi}}{1 \text{ bar}} = 8,0 \text{ psi}$$

Ph = Presión estática de dos puntos conectados entre sí a diferentes cotas (bar)

h = Distancia vertical en metros.

v = Velocidad media (m/s)

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 636,71 gpm x 3,785 litros/galón = 2.409,95 lpm

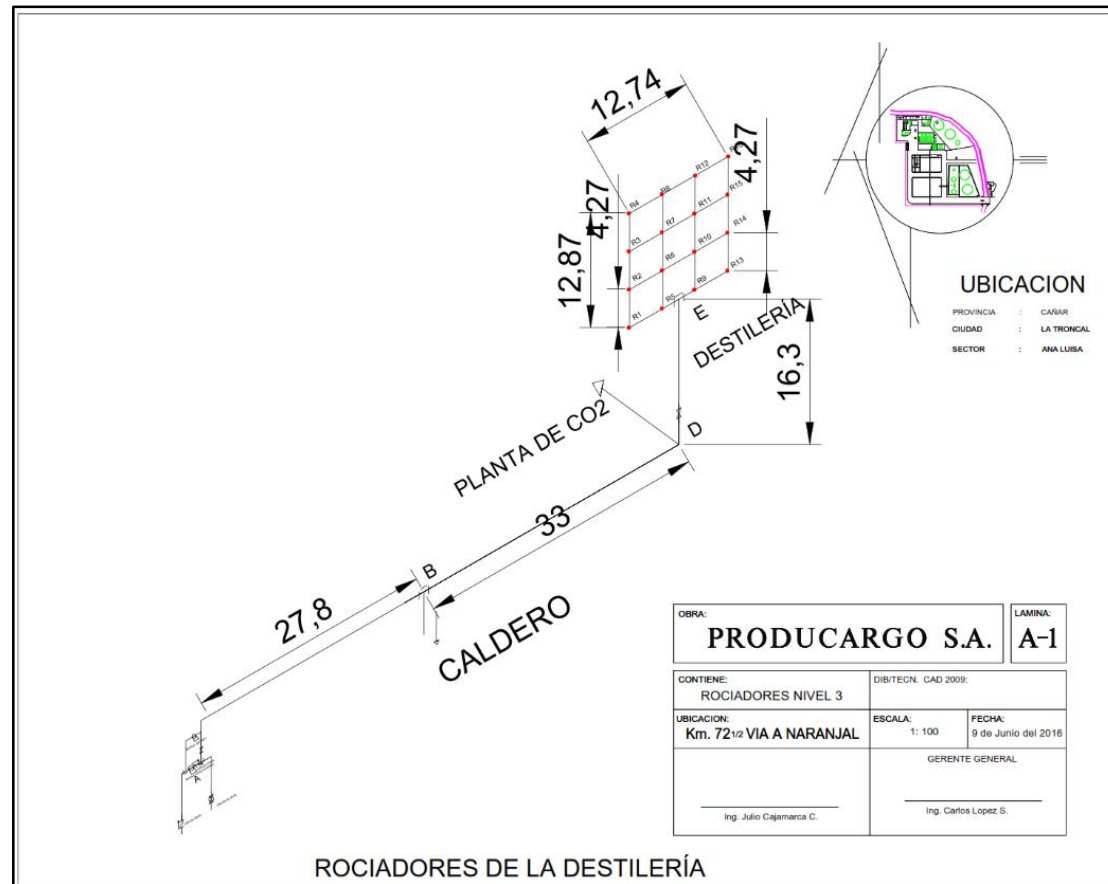
a = Sección de la tubería (m²) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 2.409,95 \text{ lpm}}{\pi (0,1023 \text{ m})^2} = 293.201,6 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 4,89 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

d = Diámetro interior de la tubería expresado en m = 102,3 mm = 0,1023m

Plano 1 Isométrico:
Sistema de rociadores: nivel 3 de Destilería



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Tabla 70
Cálculos hidráulicos del nivel 3 de destilería

CÁLCULOS HIDRÁULICOS ROCIADORES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODO NFPA13															
FECHA		ÁREA DESTILERÍA: NIVEL 3 (22m de altura)													
LONGITUD ENTRE RAMALES		4.27	DENSIDAD APLICACIÓN			11.8 L/min m	SUPERFICIE TOTAL		224 m ²		ROCIADOR TIPO:				
DISTANCIA ENTRE ROCIADORES		4.27	AREA COBERTURA REAL ROCIADOR			14.3 m ²	AREA DE DISEÑO		224 m ²		MODELO EC-25				
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS	CAUDAL (gpm)	DIAM. TUB. Pulg.	ACCESORIOS (m)			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)	RESISTENCIA A LA FRICCION psi	DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL		Coef K	VELOC m/s g		
			uds	TIPO	Long. Equiv. vAcce			Pf	Pn	Pt	Pv				
01	R4	2.157	0	T	0	TUBERÍA	0	C=	120	Pt	7	Pt	7.00	25.2	1.19
			0	C	0	A		Ph		Pv	0.10339				
			0	Va	0	ACCES									
			0	Vc	0	TOTAL		0.00	0.0172	DP	Pf	0.000	Pn			6.897
02	R4-R3	2.157	0	T	0	TUBERÍA	4.27	C=	120	Pt	7.000	Pt	7.398	25.2	2.98
			0	C	0	A		Ph		Pv	0.643				
			0	Va	0	ACCES									
			0	Vc	0	TOTAL		4.27	0.0931	DP	Pf	0.3975	Pn			6.755
03	R3-R2	2.157	0	T	0	TUBERÍA	4.27	C=	120	Pt	7.398	Pt	8.363	25.2	4.81
			0	C	0	A		Ph		Pv	1.678				
			0	Va	0	ACCES									
			0	Vc	0	TOTAL		4.27	0.2262	DP	Pf	0.9657	Pn			6.685
04	R2-R1	2.157	0	T	0	TUBERÍA	4.27	C=	120	Pt	8.363	Pt	10.175	25.2	6.76
			0	C	0	A		Ph		Pv	3.314				
			0	Va	0	ACCES									
			0	Vc	0	TOTAL		4.27	0.4244	DP	Pf	1.812	Pn			6.862
05	R1-R5	2.157	0	T	0	TUBERÍA	4.27	C=	120	Pt	10.175	Pt	13.832	25.2	8.91
			1	C	0.9	A		Ph		Pv	5.75671				
			0	Va	0	ACCES									
			0	Vc	0	TOTAL		5.17	0.7073	DP	Pf	3.657	Pn			8.075
06	R8	2.157	1	T	0	TUBERÍA	0	C=	120	Pt	7.000	Pt	7.000	25.2	1.19
			0	C	0	A		Ph		Pv	0.10339				
			0	Va	0	ACCES									
			0	Vc	0	TOTAL		0.00	0.0172	DP	Pf	0.000	Pn			6.8966
07	R8-R7	2.157	0	T	0	TUBERÍA	4.27	C=	120	Pt	7.000	Pv	0.643	25.2	2.98
			0	C	0	A		Ph		Pv	0.643				
			0	Va	0	ACCES									
			0	Vc	0	TOTAL		4.27	0.0931	DP	Pf	0.398	Pn			6.755
08	R7-R6	2.157	0	T	0	TUBERÍA	4.27	C=	120	Pt	7.398	Pt	8.363	25.2	4.81
			0	C	0	A		Ph		Pv	1.67815				
			0	Va	0	ACCES									
			0	Vc	0	TOTAL		4.27	0.2262	DP	Pf	0.9657	Pn			6.685
09	R6-R5	2.157	1	T	3.1	TUBERÍA	4.27	C=	120	Pt	8.363	Pt	11.491	25.2	6.76
			0	C	0	A		Ph		Pv	3.31362				
			0	Va	0	ACCES									
			0	Vc	0	TOTAL		7.37	0.4244	DP	Pf	3.127	Pn			8.177

Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m) Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)

CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES														
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES	CAUDAL (L/Min)	DIAM. TUB.	ACCESORIOS			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA	PERDIDA de CARGA bar/metro	DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL		Coef K	VELOC.	
			uds	TIPO	Long. Equiv. Acces.			Pf	Pn	Pt	Pv			
10	R5-E	2.157	1	T	3.1	LONG. TUBERÍA	2.14	C=	120	Pt	13.832	Pt	26.118	17.04
			0	C	0	A		Ph		Pv	21.0311			
			0	Va	0	ACCES								
			0	Vc	0	TOTAL		5.24	2.3447	DP	Pf	12.286	Pn		5.087
11	TRAMO E-D	4.026	1	T	6.1	LONG. TUBERÍA	20.3	C=	120	Pt	26.118	Pt	75.323	4.89
			2	C	1.8	A		Ph		Pv	1.73288			
			0	Va	0	ACCES								
			1	Vc	0.6	TOTAL		30.6	0.1123	DP	Pf	26.320	Pn		73.590
12	TRAMO D-A	4.026	2	T	6.1	LONG. TUBERÍA	104.6	C=	120	Pt	75.32	Pt	105.38	4.89
			4	C	1.8	A		Ph		Pv	1.73288			
			0	Va	0	ACCES								
			2	Vc	0.6	TOTAL		125.2	0.1123	DP	Pf	22.06	Pn		103.650

CAUDAL DE DEMANDA	L/min	GPM	m3 HORA	PRESION MINIMA	PSI	BAR
	2410	636.7	145		105.38	7.3

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

8.3. Cálculos hidráulicos para el Nivel 2 (14 metros de altura)

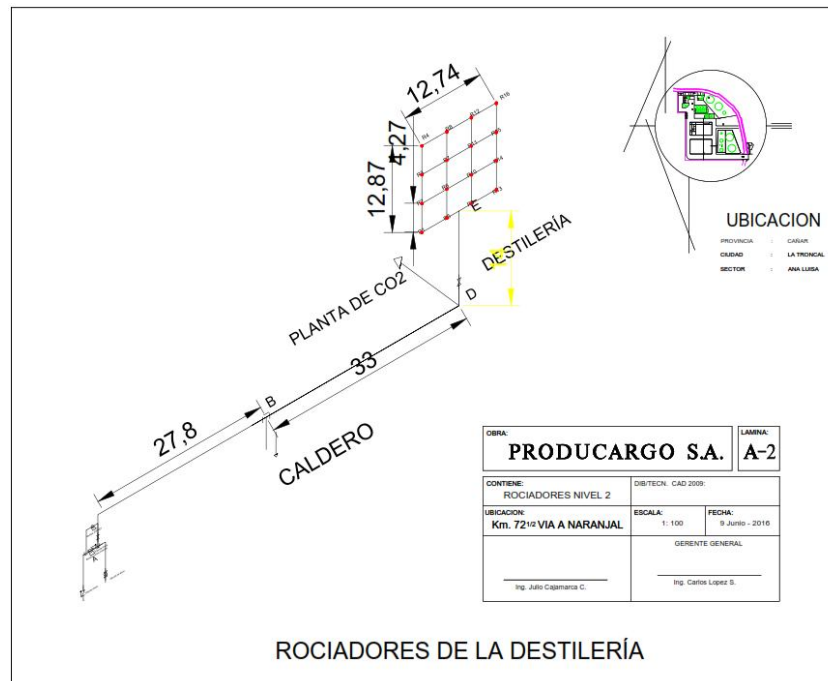
Tabla 71
Longitud equivalente: Columnas de destilación Nivel 2

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS															Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long acce.	
ÁREA: DESTILERÍA NIVEL 14 m																	
Rociador	TUBERÍA			Codos 45°		Codos 90°		Codos 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa			
	Díametro nominal	Diámetro interno		N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°			Long. (m)
	pulg	mm	Longitud														
R4	2	2.067	52.5	0												0	0
R4-R3	2	2.067	52.5	4.27												0	4.27
R3-R2	2	2.067	52.5	4.27												0	4.27
R2-R1	2	2.067	52.5	4.27												0	4.27
R1-R5	2	2.067	52.5	4.27				1	0.9							0.9	5.17
R8	2	2.067	52.5	0												0	0
R8-R7	2	2.067	52.5	4.27												0	4.27
R7-R6	2	2.067	52.5	4.27												0	4.27
R6-R5	2	2.067	52.5	4.27						1	3.1					3.1	7.37
R16	2	2.067	52.5	0												0	0
R16-R15	2	2.067	52.5	4.27												0	4.27
R15-R14	2	2.067	52.5	4.27												0	4.27
R14-R13	2	2.067	52.5	4.27												0	4.27
R13-R9	2	2.067	52.5	4.27				1	0.9							0.9	5.17
R12	2	2.067	52.5	0												0	0
R12-R11	2	2.067	52.5	4.27												0	4.27
R11-R10	2	2.067	52.5	4.27												0	4.27
R10-R9	2	2.067	52.5	4.27						1	3.1					3.1	7.37
R5-E	2	2.067	52.5	2.14						1	3.1					3.1	5.24
R9-E	2	2.067	52.5	2.14						1	3.1					3.1	5.24
Tramo E-D	4	4.026	102.3	12.3				2	1.8	1	6.1	1	0.6			10.3	22.6
Tramo D-A	4	4.026	102.3	104.6				4	1.8	2	6.1	2	0.6			20.6	125.2
TOTALES				181.0			0	0	5.4	24.6	1.2		0		0	45.1	226.06

Altura del tramo E-D: h=16,3 m Altura del tramo D-A: h=5,7 m

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Plano 2 Isométrico: Sistema de rociadores del nivel 2 de Destilería



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Tabla 72

Cálculos hidráulicos: nivel 2 de destilería

CÁLCULOS HIDRÁULICOS ROCIADORES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODO NFPA13																
FECHA		21/08/2016														
		ÁREA DESTILERÍA: NIVEL 2 (14m de altura)														
LONGITUD ENTRE RAMALES		4.27		DENSIDAD APLICACIÓN		11.8 L/min m		SUPERFICIE TOTAL		224 m ²		ROCIADOR TIPO:				
DISTANCIA ENTRE ROCIADORES		4.27		ÁREA COBERTURA REAL ROCIADOR		14.3 m ²		ÁREA DE DISEÑO		224 m ²		MODELO EC-25				
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS		CAUDAL (gpm)	DIAM. TUB. Pulg	ACCESORIOS (m)			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)	RESISTENCIA A LA FRICCION psi		DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL	Coef K	VELOC m/sg		
01		R4	q= 0	2.157	0 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 0	ACCES 0	TOTAL 0.00	C= 120	Pf 7	Pv 7.00	25.2	1.19
02		R4-R3	q= 66.67	2.157	0 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 0	TOTAL 4.27	C= 120	Pf 7.000	Pv 7.398	25.2	2.98
03		R3-R2	q= 68.54	2.157	0 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 0	TOTAL 4.27	C= 120	Pf 7.398	Pv 8.363	25.2	4.81
04		R2-R1	q= 72.88	2.157	0 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 0	TOTAL 4.27	C= 120	Pf 8.363	Pv 10.175	25.2	6.76
05		R1-R5	q= 80.38	2.157	1 T 0.9	1 C 0.9	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 0.9	TOTAL 5.17	C= 120	Pf 10.175	Pv 13.832	25.2	8.91
06		R8	q= 0.00	2.157	1 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 0	ACCES 0	TOTAL 0.00	C= 120	Pf 7.000	Pv 7.000	25.2	1.19
07		R8-R7	q= 66.67	2.157	0 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 0	TOTAL 4.27	C= 120	Pf 7.000	Pv 7.398	25.2	2.98
08		R7-R6	q= 68.54	2.157	0 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 0	TOTAL 4.27	C= 120	Pf 7.398	Pv 8.363	25.2	4.81
09		R6-R5	q= 72.88	2.157	1 T 3.1	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 3.1	TOTAL 7.37	C= 120	Pf 8.363	Pv 11.491	25.2	6.76
		q= 252.73		2.157	0 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 0	TOTAL 4.27	C= 120	Pf 1.812	Pv 6.862	25.2	6.76
		Q= 44.64	2.157	0 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 0	ACCES 0	TOTAL 0.00	0.0172	DP	Pf 0.000	Pn 6.897	25.2	6.76
		Q= 111.32	2.157	0 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 0	TOTAL 4.27	0.0931	DP	Pf 0.3975	Pn 6.755	25.2	6.76
		Q= 179.86	2.157	0 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 0	TOTAL 4.27	0.2262	DP	Pf 0.9657	Pn 6.685	25.2	6.76
		Q= 333.1	2.157	1 T 0.9	1 C 0.9	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 0.9	TOTAL 5.17	0.7073	DP	Pf 3.657	Pn 8.075	25.2	6.76
		Q= 44.64	2.157	1 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 0	ACCES 0	TOTAL 0.00	0.0172	DP	Pf 0.000	Pn 6.8966	25.2	6.76
		Q= 111.32	2.157	0 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 0	TOTAL 4.27	0.0931	DP	Pf 0.398	Pn 6.755	25.2	6.76
		Q= 179.9	2.157	0 T 0	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 0	TOTAL 4.27	0.2262	DP	Pf 0.9657	Pn 6.685	25.2	6.76
		Q= 252.7	2.157	1 T 3.1	0 C 0	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 4.27	ACCES 3.1	TOTAL 7.37	0.4244	DP	Pf 3.127	Pn 8.177	25.2	6.76
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m)													Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)			
CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES																
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES		CAUDAL (L/Min)	DIAM. TUB.	ACCESORIOS			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA	PERDIDA de CARGA bar/metro		DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL	Coef K	VELOC.		
10		R5-E	q= 636.71	2.157	1 T 3.1	0 C 0	0 Va 3.1	0 Vc 0	TUBERIA 2.14	ACCES 3.1	TOTAL 5.24	C= 120	Pf 13.832	Pv 26.118	17.04	
11		TRAMO E-D	q= 636.71	4.026	2 T 6.1	2 C 1.8	0 Va 10.3	0 Vc 0	TUBERIA 12.3	ACCES 10.3	TOTAL 22.6	C= 120	Pf 26.118	Pv 51.961	4.89	
12		TRAMO D-A	q= 636.71	4.026	2 T 6.1	4 C 1.8	0 Va 20.6	0 Vc 0.6	TUBERIA 104.6	ACCES 20.6	TOTAL 125.2	C= 120	Pf 51.96	Pv 82.02	4.89	
		Q= 636.71	4.026	1 T 0.6	2 C 1.8	0 Va 0	0 Vc 0	TUBERIA 0	ACCES 0	TOTAL 0.00	0.1123	DP	Pf 14.190	Pn 50.228	25.2	6.76
		Q= 636.71	4.026	2 T 6.1	4 C 1.8	0 Va 20.6	0 Vc 0.6	TUBERIA 104.6	ACCES 20.6	TOTAL 125.2	0.1123	DP	Pf 22.06	Pn 80.288	25.2	6.76
CAUDAL DE DEMANDA		L/min	GPM	m3 HORA	PRESION MINIMA			PSI	BAR							
		2410	636.7	145				82.02	5.7							

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

8.4. Cálculos hidráulicos para el Nivel 1 (7 metros de altura)

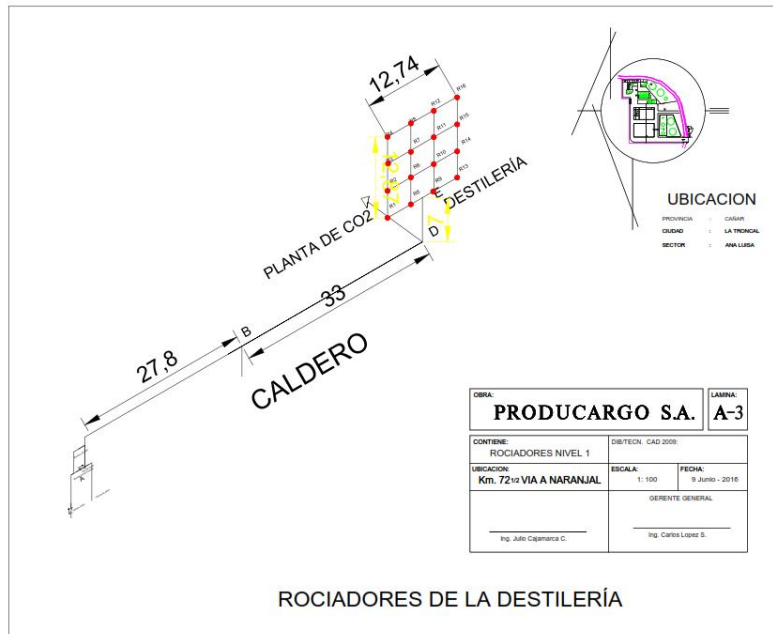
Tabla 73
Longitud equivalente: Columnas de destilación Nivel 1

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS															Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long acce.		
ÁREA: DESTILERÍA NIVEL 7 m																		
Rociador	TUBERÍA			Codos 45°		Codos 90°		Codos 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa				
	Díametro nominal	Díametro interno		Longitud	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)			N°	Long. (m)
	pulg	mm																
R4	2	2.067	52.5	0													0	0
R4-R3	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27
R3-R2	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27
R2-R1	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27
R1-R5	2	2.067	52.5	4.27					1	0.9							0.9	5.17
R8	2	2.067	52.5	0													0	0
R8-R7	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27
R7-R6	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27
R6-R5	2	2.067	52.5	4.27							1	3.1					3.1	7.37
R16	2	2.067	52.5	0													0	0
R16-R15	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27
R15-R14	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27
R14-R13	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27
R13-R9	2	2.067	52.5	4.27					1	0.9							0.9	5.17
R12	2	2.067	52.5	0													0	0
R12-R11	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27
R11-R10	2	2.067	52.5	4.27													0	4.27
R10-R9	2	2.067	52.5	4.27						1	3.1						3.1	7.37
R5-E	2	2.067	52.5	2.14							1	3.1					3.1	5.24
R9-E	2	2.067	52.5	2.14							1	3.1					3.1	5.24
Tramo E-D	4	4.026	102.3	5.3					2	1.8	1	6.1	1	0.6			10.3	15.6
Tramo D-A	4	4.026	102.3	104.6					4	1.8	2	6.1	2	0.6			20.6	125.2
TOTALES				174.0		0		0		5.4		24.6		1.2		0	45.1	219.06

Altura del tramo E-D: h=16,3 m Altura del tramo D-A: h=5,7 m

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Plano 3 Isométrico:
Sistema de rociadores del nivel 1 de Destilería



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Tabla 74

Cálculos hidráulicos: nivel 1 de destilería

CÁLCULOS HIDRÁULICOS ROCIADORES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODO NFPA13														
FECHA		ÁREA DESTILERÍA: NIVEL 1 (7m de altura)												
LONGITUD ENTRE RAMALES		4.27	DENSIDAD APLICACIÓN			11.8 L/min	SUPERFICIE TOTAL		224 m ²	ROCIADOR TIPO:				
DISTANCIA ENTRE ROCIADORES		4.27	AREA COBERTURA REAL ROCIADOR			14.3 m ²	AREA DE DISEÑO		224 m ²	MODELO EC-25				
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS	CAUDAL (gpm)	DIAM. TUB. Pulg	ACCESORIOS (m)			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)	RESISTENCIA A LA FRICCIÓN psi	DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL	Coef K	VELOC m/sg		
			uds	TIPO	LEquív. vAcces.			Pf	Pv					
01	R4	2.157	0	T	0	TUBERÍA	C= 120	Pf	7	Pt	7.00	25.2	1.19	
			0	C	0	ACCES	0	Ph		Pv	0.10339			
			0	Va	0	TOTAL	0.00							
			0	Vc	0		0.0172	DP	Pf	0.000	Pn			6.897
02	R4-R3	2.157	0	T	0	TUBERÍA	C= 120	Pf	7.000	Pt	7.398	25.2	2.98	
			0	C	0	ACCES	0	Ph		Pv	0.643			
			0	Va	0	TOTAL	4.27							
			0	Vc	0		0.0931	DP	Pf	0.3975	Pn			6.755
03	R3-R2	2.157	0	T	0	TUBERÍA	C= 120	Pf	7.398	Pt	8.363	25.2	4.81	
			0	C	0	ACCES	0	Ph		Pv	1.678			
			0	Va	0	TOTAL	4.27							
			0	Vc	0		0.2262	DP	Pf	0.9657	Pn			6.685
04	R2-R1	2.157	0	T	0	TUBERÍA	C= 120	Pf	8.363	Pt	10.175	25.2	6.76	
			0	C	0	ACCES	0	Ph		Pv	3.314			
			0	Va	0	TOTAL	4.27							
			0	Vc	0		0.4244	DP	Pf	1.812	Pn			6.862
05	R1-R5	2.157	0	T	0	TUBERÍA	C= 120	Pf	10.175	Pt	13.832	25.2	8.91	
			1	C	0.9	ACCES	0.9	Ph		Pv	5.75671			
			0	Va	0	TOTAL	5.17							
			0	Vc	0		0.7073	DP	Pf	3.657	Pn			8.075
06	R8	2.157	1	T	0	TUBERÍA	C= 120	Pf	7.000	Pt	7.000	25.2	1.19	
			0	C	0	ACCES	0	Ph		Pv	0.10339			
			0	Va	0	TOTAL	0.00							
			0	Vc	0		0.0172	DP	Pf	0.000	Pn			6.8966
07	R8-R7	2.157	0	T	0	TUBERÍA	C= 120	Pf	7.000	Pt	7.398	25.2	2.98	
			0	C	0	ACCES	0	Ph		Pv	0.643			
			0	Va	0	TOTAL	4.27							
			0	Vc	0		0.0931	DP	Pf	0.398	Pn			6.755
08	R7-R6	2.157	0	T	0	TUBERÍA	C= 120	Pf	7.398	Pt	8.363	25.2	4.81	
			0	C	0	ACCES	0	Ph		Pv	1.67815			
			0	Va	0	TOTAL	4.27							
			0	Vc	0		0.2262	DP	Pf	0.9657	Pn			6.685
09	R6-R5	2.157	1	T	3.1	TUBERÍA	C= 120	Pf	8.363	Pt	11.491	25.2	6.76	
			0	C	0	ACCES	0	Ph		Pv	3.31362			
			0	Va	0	TOTAL	7.37							
			0	Vc	0		0.4244	DP	Pf	3.127	Pn			8.177
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m) Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)														
CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES														
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES	CAUDAL (L/Mn)	DIAM. TUB.	ACCESORIOS			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA	PERDIDA de CARGA bar/metro	DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL	Coef K	VELOC.		
			uds	TIPO	Long. Equív. Acces.			Pf	Pv					
10	R5-E	2.157	1	T	3.1	TUBERÍA	C= 120	Pf	13.832	Pt	26.118	17.04		
			0	C	0	ACCES	2.14	Ph	0.00	Pv	21.0311			
			0	Va	0	TOTAL	3.1							
			0	Vc	0		5.24	2.3447	DP	Pf	12.286		Pn	5.087
11	TRAMO E-D	4.026	1	T	6.1	TUBERÍA	C= 120	Pf	26.118	Pt	31.520	4.89		
			2	C	1.8	ACCES	5.3	Ph	1.825	Pv	1.73288			
			0	Va	0	TOTAL	10.3							
			1	Vc	0.6		15.6	0.1123	DP	Pf	3.576		Pn	29.787
12	TRAMO D-A	4.026	2	T	6.1	TUBERÍA	C= 120	Pf	31.52	Pt	61.58	4.89		
			4	C	1.8	ACCES	104.6	Ph	8.00	Pv	1.73288			
			0	Va	0	TOTAL	20.6							
			2	Vc	0.6		125.2	0.1123	DP	Pf	22.06		Pn	59.847
CAUDAL DE DEMANDA		L/min	GPM	m3 HORA	PRESION MINIMA		PSI	BAR						
		2410	636.7	145			61.58	4.2						

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

8.5. Cálculo hidráulico: Área de tanques de almacenamiento de producción diaria

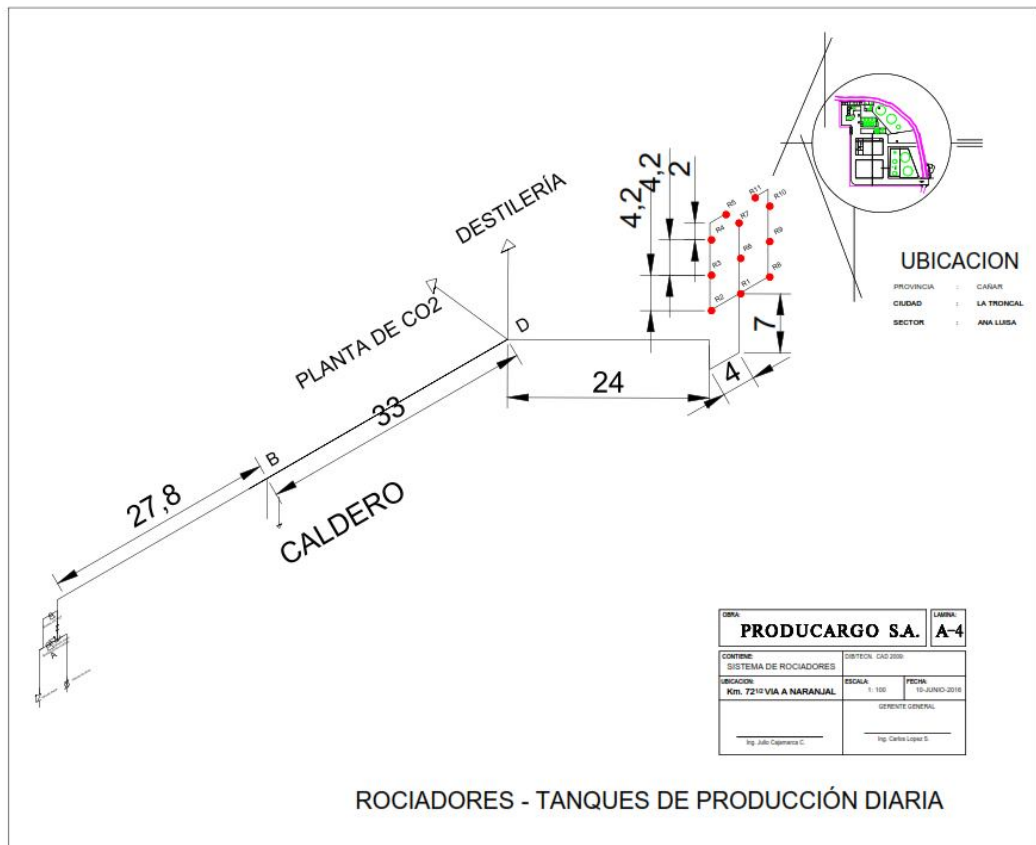
Para la realización de los cálculos hidráulicos se considera que se comienza realizando los cálculos para el rociador más alejado en la zona de operación en caso de emergencia.

Por lo tanto la presión total en este rociador corresponderá a la presión mínima del diseño, y el caudal para este punto corresponderá al caudal mínimo del rociador.

8.5.1. Tramo R5 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R5

Plano 4 Isométrico:

Sistema de rociadores de los tanques de producción diaria



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Diámetro interior del rociador= 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 63 Datos técnicos de los rociadores)

$\rho = 12.6 \text{ l/min/m}^2$ (Tabla N° 66 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{Área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{rociador}} = A_{\text{cobertura rociador}} (m^2) \times \rho_{\text{densidad}} \left(\frac{lpm}{m^2} \right) = 14,32 \times 12,6$$

$$= 180,43 \text{ lpm} / 3,785$$

$$Q_{\text{rociador}} = 47,67 \text{ gpm}$$

$$P_{\text{rociador}} = \left(\frac{Q_{\text{rociador}} \text{ gpm}}{k} \right)^2 = \left(\frac{47,67}{25,2} \right)^2$$

$$P_{\text{rociador}} = 3,58 \text{ psi}$$

Este valor de la presión del rociador es inferior a la presión mínima de trabajo dado por el proveedor, por este motivo se tomará el de la ficha técnica que es igual a 7 psi.

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{47,67^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}}$$

$$\Delta P = 0,0194 \text{ psi}$$

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas) = 2,157 pulgadas (54,8 mm)

$$L_{\text{total}} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 0 + 0 = 0 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 47,67^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 0,1179 \text{ psi}$$

$$P_t \text{ del tramo} = 7,0 (\text{p de llegada al rociador}) + 0(P_f) + 0(P_h) = 7,0 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 7 - 0,1179$$

$$P_n = 6,8821 \text{ psi}$$

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,0172 * 0 = 0$$

$$P_h = 0,098 * h$$

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 47,67 gpm x 3,785 litros/galón = 180,43 lpm

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 180,43 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 76.499,75 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 1,275 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

d = Diámetro interior de la tubería expresado en m = 54,8 mm = 0,0548m

Para calcular la longitud total de las tuberías y accesorios para esta área se deberá tener en consideración la siguiente tabla:

Tabla 75

Longitud equivalente: Tanques de almacenamiento de producción diaria

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS																	
ÁREA: TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCCIÓN DIARIA																	
Rociador	TUBERÍA			Codos 45°		Codos 90°		Codos 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa		Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long acce.
	Diámetro nominal	Diámetro interno		N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)		
		pulg	mm															Longitud
R5	2	2.067	52.5	0												0	0
R5-R4	2	2.067	52.5	4				1	0.9							0.9	4.9
R4-R3	2	2.067	52.5	4.2												0	4.2
R3-R2	2	2.067	52.5	4.2				1	0.9							0.9	5.1
R2-R1	2	2.067	52.5	4						1	3.1					3.1	7.1
R7	2	2.067	52.5	0												0	0
R7-R6	2	2.067	52.5	4.2												0	4.2
R6-R1	2	2.067	52.5	4.2						1	3.1					3.1	7.3
R11	2	2.067	52.5	0												0	0
R11-R10	2	2.067	52.5	4				1	0.9							0.9	4.9
R10-R9	2	2.067	52.5	4.2												0	4.2
R9-R8	2	2.067	52.5	4.2				1	0.9							0.9	5.1
R8-R1	2	2.067	52.5	4.2						1	3.1					3.1	7.3
R7	2	2.067	52.5	0												0	0
R7-R6	2	2.067	52.5	4.2												0	4.2
R6-R1	2	2.067	52.5	4.2						1	3.1					3.1	7.3
R1-H	2	2.067	52.5	2.7				1	0.9							0.9	3.6
Tramo H-F	4	4.026	102.3	12.5				2	1.8	1	6.1					9.7	22.2
Tramo F-D	4	4.026	102.3	31.5	2	1.2		1	1.8							4.2	35.7
Tramo D-A	4	4.026	102.3	104.6				4	1.8	2	6.1	2	0.6			20.6	125.2
TOTALES				201.1	1.2		0		9.9		24.6		0.6		0	51.4	252.5
Altura del tramo H-F: h=7 m				Altura del tramo D-A: h=5,7 m				Altura del tramo R1-H= 0m									
				Altura del tramo F-D: h=5,7 m													

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

8.5.2. Tramo R5-R4 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R4

Diámetro interior del rociador= 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

$\rho = 12.6 \text{ l/min/m}^2$ (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{Área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

$$Q_r = k \sqrt{P_t \text{ sale del rociador anterior} = P_t(7) + P_f \text{ ramal anterior}(0)} = 25,2 \sqrt{7}$$

$$Q_r = 66,67 \text{ gpm}$$

$$Q \text{ del tramo R4 - R3} = 47,67 + 66,67 = 114,34 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{114,34^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,09783 \text{ psi}$$

d = Diámetro interno real de la tubería (pulgadas) = 2,157 pulgadas (54,8 mm)

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 4 + 0,9 = 4,9 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 114,34^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 0,6782 \text{ psi}$$

$$P_t \text{ del tramo} = P_t(\text{de llegada al rociador}) + 0,4794(P_f) + 0(P_h) = 7,4794 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 7,4794 - 0,6782$$

$$P_n = 6,8012 \text{ psi}$$

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,09783 * 4,9 = 0,4794 \text{ psi}$$

$$P_h = 0,098 * h$$

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 114,34 gpm x 3,785 litros/galón = 432,78 lpm

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 432,78 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 178,644 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 3,058 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$d = \text{Diámetro interior de la tubería expresado en m} = 54,8 \text{ mm} = 0,0548 \text{ m}$$

8.5.3. Tramo R4-R3 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R3

Diámetro interior del rociador = 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

$\rho = 12,6 \text{ l/min/m}^2$ (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

$$Q_r = k \sqrt{P_t \text{ sale del rociador anterior} = P_t(7.0) + P_f \text{ ramal anterior}(0.4794)} = 25,2 \sqrt{7,4794}$$

$$Q_r = 68,92 \text{ gpm}$$

$$Q \text{ del tramo R3 - R2} = 68,92 + 114,34 = 183,26 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{183,26^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,2341 \text{ psi}$$

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 4,2 + 0 = 4,2 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 183,26^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 1,7422 \text{ psi}$$

$$P_t \text{ del tramo} = 7,4794 \text{ (p de llegada al rociador)} + 0,9834 (Pf) + 0(Ph) = 8,4628 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 8,4628 - 1,7422 =$$

$$P_n = 6,7205 \text{ psi}$$

$$P_f = (\Delta P * L_t) + Ph = 0,2341 * 4,2 = 0,9834 \text{ psi}$$

$$P_h = 0,098 * h$$

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 183,26 gpm x 3,785 litros/galón = 693,64 lpm

$$v = \frac{4 * Q}{\pi d^2} = \frac{4 * 693,64 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 294,092 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} * \text{m}^2} * \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 4,902 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$d = \text{Diámetro interior de la tubería expresado en m} = 54,8 \text{ mm} = 0,0548 \text{ m}$$

8.5.4. Tramo R3-R2 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R2

Diámetro interior del rociador = 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

$\rho = 12.6 \text{ l/min/m}^2$ (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

$$Q_r = k \sqrt{P_t \text{ sale rociador anterior} = P_t(7,4794) + P_f \text{ ramal anterior}(0,9834)} = 25,2 \sqrt{8,4628}$$

$$Q_r = 73,31 \text{ gpm}$$

$$Q \text{ del tramo R2 - R1} = 183,26 + 73,31 = 256,57 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} * d^{4,87}} = 4,52 \frac{256,57^{1,85}}{120^{1,85} * 2,157^{4,87}} = 0,4364 \text{ psi}$$

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 4,2 + 0,9 = 5,1 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 * 256,57^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 3,4150 \text{ psi}$$

$$P_t \text{ del tramo} = 8,4628 \text{ (p de llegada al rociador)} + 2,2254(Pf) + 0(Ph) = 10,688 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 10,688 - 3,4150 = 7,2732$$

$$P_n = 7,2732 \text{ psi}$$

$$P_f = (\Delta P * L_t) + Ph = 0,4364 * 5,1 = 2,2254 \text{ psi}$$

$$P_h = 0,098 * h$$

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 256,57 gpm x 3,785 litros/galón = 971,12 lpm

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 971,12 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 411.738 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 6,87 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

d = diámetro interior de la tubería expresado en m = 54,8 mm = 0,0548m

8.5.5. Tramo R2-R1 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida TYCO B-1 agua-espuma) N° R1

Diámetro interior del rociador = 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

ρ = 12,6 l/min/m² (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{Área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

$$Q_r = k \sqrt{P_{t \text{ sale rociador anterior}} = P_t(8,4628) + P_{f \text{ ramal anterior}}(2,2254)} = 25,2 \sqrt{10,6882}$$

$$Q_r = 82,39 \text{ gpm}$$

$$Q \text{ del tramo R1 - R5} = 256,57 + 82,39 = 338,96 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{338,96^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,7304 \text{ psi}$$

$$L_{\text{total}} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 4,0 + 3,1 = 7,1 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 338,96^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 5,9604 \text{ psi}$$

$$P_t \text{ del tramo} = 10,688 \text{ (p de llegada al rociador)} + 5,186(P_f) + 0(P_h) = 15,874 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 15,874 - 5,9604 = 9,9136$$

$$P_n = 9,9136 \text{ psi}$$

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,7304 * 7,1 = 5,1858 \text{ psi}$$

$$P_h = 0,098 * h$$

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 338,96 gpm x 3,785 litros/galón = 1.283 lpm

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 1.283 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 543.955 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 9,066 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$d = \text{Diámetro interior de la tubería expresado en m} = 54,8 \text{ mm} = 0,0548 \text{ m}$$

Los valores de presión y caudal calculados para este último ramal se deberán tener presentes para el cálculo final de este nivel.

Con el rociador R1 se termina el primer ramal, a continuación se procede a calcular valores para el ramal comprendido entre los rociadores R7 a R1

8.5.6. Tramo R7 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R7

Diámetro interior del rociador = 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

$\rho = 12,6 \text{ l/min/m}^2$ (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{Área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{rociador}} = A \text{ cobertura rociador (m}^2) \times \rho \text{ densidad } \left(\frac{\text{lpm}}{\text{m}^2} \right) = 14,32 \times 12,6$$

$$= 180,43 \text{ lpm} / 3,785 = 47,67 \text{ gpm}$$

$$P_{\text{rociador}} = \left(\frac{Q_{\text{rociador gpm}}}{k} \right)^2 = \left(\frac{47,67}{25,2} \right)^2 = 3,58 \text{ psi}$$

Este valor de la presión del rociador es inferior a la presión mínima de trabajo dado por el proveedor, por este motivo se tomará el de la ficha técnica que es igual a 7 psi.

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{47,67^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,01939 \text{ psi}$$

$$L_{\text{total}} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}} = 0 + 0 = 0 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 \times 44,64^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 47,67^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 0,1179 \text{ psi}$$

$$P_t \text{ del tramo} = 7,0 (\text{p de llegada al rociador}) + 0(P_f) + 0(P_h) = 7,0 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 7 - 0,1179$$

$$P_n = 6,8821 \text{ psi}$$

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,01939 * 0 = 0$$

$$P_h = 0,098 * h$$

Q = Caudal del rociador expresado en lpm = 47,67 gpm x 3,785 litros/galón = 180,43 lpm

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 180,43 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 76.500 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 1,275 \frac{m}{s}$$

$d =$ diámetro interior de la tubería expresado en $m = 54,8 \text{ mm} = 0,0548m$

8.5.7. Tramo R7-R6 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R6

Diámetro interior del rociador= 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

$\rho = 12,6 \text{ l/min/m}^2$ (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{Área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

$$Q_r = k \sqrt{P_{t \text{ sale del rociador anterior}} = P_t(7) + P_{f \text{ ramal anterior}}(0) = 25,2 \sqrt{7}}$$

$$Q_r = 66,67 \text{ gpm}$$

$$Q \text{ del tramo R4 - R3} = 47,67 + 66,67 = 114,34 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{114,34^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,0978 \text{ psi}$$

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 4,2 + 0 = 4,2 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 114,34^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 0,6783 \text{ psi}$$

$$P_t \text{ del tramo} = 7,0(p \text{ de llegada al rociador}) + 0,411(P_f) + 0(P_h) = 7,411 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 7,411 - 0,6783$$

$$P_n = 6,7327 \text{ psi}$$

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,09780 * 4,20 = 0,4108 \text{ psi}$$

$$P_h = 0,098 * h$$

Q = Caudal del rociador expresado en lpm.= 114.34 gpm x 3.785 litros/galón = 432.78 lpm

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 432,78 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 183,490 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 3,058 \frac{m}{s}$$

$d =$ Diámetro interior de la tubería expresado en $m = 54,8 \text{ mm} = 0,0548m$

8.5.8. Tramo R6-R1 (Rociador tipo colgante de cobertura extendida Modelo EC-25 de la marca TYCO) N° R1

Diámetro interior del rociador= 25,4 mm

K rociador = 25,2 (Tabla N° 62 Datos técnicos de los rociadores)

$\rho = 12,6 \text{ l/min/m}^2$ (Tabla N° 65 Caudal de agua requerido para el sistema de rociadores)

$$A = \text{Área de cobertura del rociador} = 14,32 \text{ m}^2$$

$$Q_r = k \sqrt{P_t \text{ sale del rociador anterior} = P_t(7,0) + P_f \text{ ramal anterior}(0,411)} = 25,2 \sqrt{7,411}$$

$$Q_r = 68,60 \text{ gpm}$$

$$Q \text{ del tramo R3 - R2} = 68,60 + 114,34 = 182,94 \text{ gpm}$$

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{182,94^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}} = 0,2334 \text{ psi}$$

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 4,20 + 3,1 = 7,3 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 182,94^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 1,7363 \text{ psi}$$

$$P_t \text{ del tramo} = 7,411 \text{ (p de llegada al rociador)} + 1,7038(P_f) + 0(P_h) = 9,1148 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 9,1148 - 1,7363 = 7,3785$$

$$P_n = 7,3785 \text{ psi}$$

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,2334 * 7,3 = 1,7038 \text{ psi}$$

$$P_h = 0,098 * h$$

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 182,94 gpm x 3,785 litros/galón = 692,43 lpm

a = Sección de la tubería (m^2) $a = \pi d^2 / 4$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 692,43 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 293,578 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 4,893 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

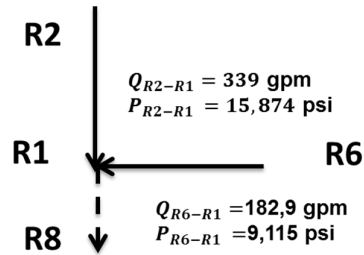
d = Diámetro interior de la tubería expresado en m = 54,8 mm

$$d = 0,0548 \text{ m}$$

Los valores de presión y caudal calculados para este último ramal se deberán tener presentes para el cálculo del caudal para esta conexión hidráulica.

En este punto del área de operación existe una conexión hidráulica producido por la presencia del accesorio tipo T, se procederá a realizar los cálculos de los caudales totales mediante un ajuste según lo dispuesto en las normas (NFPA 13, 2013, pág. 77), y (NFPA 15, 2013, pág. 30)

Se deja igual el caudal Q_{R6-R1} , y se procede a obtener un nuevo caudal R2-R1 mediante la fórmula:



$$\frac{Q_{R2-R1}}{Q_{R6-R1}} = \sqrt{\frac{P_{R2-R1}}{P_{R6-R1}}}$$

$$\frac{Q_{R2-R1}}{182,9} = \sqrt{\frac{15,874}{9,115}}$$

$$Q_{R2-R1} = 241,37 \text{ gpm}$$

Se deja igual el caudal de Q_{R2-R1} , y se procede a obtener un nuevo caudal corregido de Q_{R6-R1} mediante:

$$\frac{Q_{R6-R1}}{Q_{R2-R1}} = \sqrt{\frac{P_{R6-R1}}{P_{R2-R1}}}$$

$$\frac{Q_{R6-R1}}{339} = \sqrt{\frac{9,115}{15,874}}$$

$$Q_{R6-R1} = 256,88$$

Para calcular los caudales más grandes a cada nuevo caudal se le suma el caudal del tramo opuesto cuyo valor permanece igual:

$$Q_{R2-R1} \text{ nuevo} + Q_{R6-R1} \text{ anterior} = 241,37 + 182,9 = 424,27 \text{ gpm}$$

$$Q_{R6-R1} \text{ nuevo} + Q_{R2-R1} \text{ anterior} = 256,88 + 339 = 595,88 \text{ gpm}$$

Para continuar los cálculos se tomará en cuenta el caudal más grande obtenido ($Q_{R6-R1} = 595,88 \text{ gpm}$).

El objetivo principal del sistema de rociadores es actuar antes de que exista un incendio declarado, por este motivo el cálculo hidráulico para los tanques de almacenamiento de producción diaria se considera que el sistema actuaría dos ramales seguidos lo que permitiría extinguir el incendio, o evitar su propagación con la ayuda de las brigadas existentes o con la ayuda del Cuerpo de Bomberos.

Para hallar las pérdidas de carga para los tramos comunes instalados se tiene presente las siguientes consideraciones:

El caudal necesario deberá considerarse el calculado para el punto de conexión hidráulico.

La presión de operación se asumirá el mayor valor en este punto de conexión.

Con estos valores se procederá a calcular las pérdidas por fricción y la altura dinámica de todas las tuberías y dispositivos instalados desde la bomba contra incendio hasta los rociadores.

8.5.9. Tramo R1-H línea contra incendio.

Q= 595,88 gpm

P= 15,874

Diámetro interno efectivo de una tubería de 2" cédula 40= 2,157 pulg (58,8) mm

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} = 4,52 \frac{595,88^{1,85}}{120^{1,85} \times 2,157^{4,87}}$$

$$\Delta P = 2,0742 \text{ psi}$$

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 2,7 + 0,9 = 3,6 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 \times 595,88^2}{2,157^4}$$

$$P_v = 18,420 \text{ psi}$$

$$P_t \text{ del tramo} = 15,874 \text{ (p de la línea)} + 7,467 \text{ (Pf)} + 0 \text{ (Ph)} = 23,341 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 23,341 - 18,420 = 4,921 \text{ psi}$$

$$P_n = 4,921 \text{ psi}$$

$$P_f = (\Delta P * L_t) + Ph = 2,0742 * 3,6 + 0 = 7,467 \text{ psi}$$

$$P_h = 0,098 * h = 0,0968 * 0 \text{ m} = 0$$

Q = Caudal del rociador expresado en lpm.=595,88 gpm x 3,785 litros/galón = 2.255,41 lpm

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 2.255,41 \text{ lpm}}{\pi (0,0548 \text{ m})^2} = 956,255 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} \times \text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 15,94 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$d = \text{Diámetro interior de la tubería expresado en m} = 54,8 \text{ mm} = 0,0548\text{m}$

8.5.10. Tramo H-F línea contra incendio.

Diámetro interno efectivo de una tubería de 4" cédula 40= 4.026 pulg (102.3 mm)

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} x d^{4,87}} = 4,52 \frac{595,88^{1,85}}{120^{1,85} x 4,026^{4,87}} = 0,0993 \text{ psi}$$

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 12,5 + 9,7 = 22,2 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 x 595,88^2}{4,026^4}$$

$$P_v = 1,5178 \text{ psi}$$

$$P_t \text{ del tramo} = 23,34(p \text{ de la línea}) + 12,032 (P_f) + 9,828 (P_h) = 45,201 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 45,201 - 1,5178 = 43,683 \text{ psi}$$

$$P_n = 43683 \text{ psi}$$

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,0993 * 22,2 + 9,828 = 12,032 \text{ psi}$$

$$P_h = 0,098 * h = 0,0968 * 7 \text{ m} = 0,6776 \text{ bar} * \frac{14,5038 \text{ psi}}{1 \text{ bar}} = 9,828 \text{ psi}$$

Q = Caudal del rociador expresado en lpm.= 595.88 gpm x 3.785 litros/galón = 2255.4 lpm

$$v = \frac{4 x Q}{\pi d^2} = \frac{4 x 2255,4 \text{ lpm}}{\pi (0,1023 \text{ m})^2} = 274399,6 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} x \text{m}^2} x \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}} x \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 4,58 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$d = \text{Diámetro interior de la tubería expresado en m} = 102,3 \text{ mm} = 0,1023\text{m}$

8.5.11. Tramo F-D línea contra incendio.

Diámetro interno efectivo de una tubería de 4" cédula 40= 4.026 pulg (102.3 mm)

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} x d^{4,87}} = 4,52 \frac{595,88^{1,85}}{120^{1,85} x 4,026^{4,87}} = 0,0993 \text{ psi}$$

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 31,5 + 4,2 = 35,7 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 x 595,88^2}{4,026^4}$$

$$P_v = 1,5178 \text{ psi}$$

$$P_t \text{ del tramo} = 45,2 (p \text{ de la línea}) + 11,548 (P_f) + 8,003 (P_h) = 64,751 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 71,28 - 2,89 = 68,39 \text{ psi}$$

$$P_n = 68,39 \text{ psi}$$

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,0993 * 35,7 + 8,003 = 11,548 \text{ psi}$$

$$P_h = 0,098 * h = 0,0968 * 5,7 \text{ m} = 0,55188 \text{ bar} * \frac{14,5038 \text{ psi}}{1 \text{ bar}} = 8,003 \text{ psi}$$

$$P_h = 8,003 \text{ psi}$$

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 595,88 gpm x 3,785 litros/galón = 2.255,4 lpm

$$v = \frac{4 * Q}{\pi d^2} = \frac{4 * 2.255,4 \text{ lpm}}{\pi (0,1023 \text{ m})^2} = 274.399,6 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} * \text{m}^2} * \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 4,58 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

d = Diámetro interior de la tubería expresado en m = 102,3 mm = 0,1023m

8.5.12. Tramo D-A línea contra incendio.

Diámetro interno efectivo de una tubería de 4" cédula 40 = 4,026 pulg (102,3 mm)

$$\Delta P = 4,52 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} * d^{4,87}} = 4,52 \frac{595,88^{1,85}}{120^{1,85} * 4,026^{4,87}} = 0,0993 \text{ psi}$$

$$L_{total} = L_{tubería} + L_{accesorios} = 104,6 + 20,6 = 125,2 \text{ m}$$

$$P_v = \frac{0,001123 Q^2}{d^4} = \frac{0,001123 * 595,88^2}{4,026^4}$$

$$P_v = 1,5178 \text{ psi}$$

$$P_t \text{ del tramo} = 64,75 \text{ (p de la línea)} + 20,44 \text{ (P}_f\text{)} + 8,003 \text{ (P}_h\text{)} = 93,193 \text{ psi}$$

$$P_n = P_t - P_v = 93,193 - 1,5178 = 91,672 \text{ psi}$$

$$P_n = 91,672 \text{ psi}$$

$$P_f = (\Delta P * L_t) + P_h = 0,0993 * 125,2 + 8,0 = 20,44 \text{ psi}$$

$$P_h = 0,098 * h = 0,0968 * 5,7 \text{ m} = 0,55188 \text{ bar} * \frac{14,5038 \text{ psi}}{1 \text{ bar}} = 8,003 \text{ psi}$$

Q = Caudal del rociador expresado en lpm. = 595,88 gpm x 3,785 litros/galón = 2.255,4 lpm

$$v = \frac{4 * Q}{\pi d^2} = \frac{4 * 2.255,4 \text{ lpm}}{\pi (0,1023 \text{ m})^2} = 274.399,6 \frac{\text{litro}}{\text{minuto} * \text{m}^2} * \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ litros}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$v = 4,58 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

d = Diámetro interior de la tubería expresado en m = 102,3 mm = 0,1023m

Tabla 76

Cálculos hidráulicos del área: tanques de almacenamiento de producción diaria

CÁLCULOS HIDRÁULICOS ROCIADORES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODO NFPA13												
FECHA		21/08/2016		ÁREA: TANQUES DE ALMACENAMIENTO PRODUCCIÓN DIARIA (7m de altura)								
LONGITUD ENTRE RAMALES		4.27		DENSIDAD APLICACIÓN		12.6 L/min		SUPERFICIE TOTAL		150 m ²		ROCIADOR TIPO:
DISTANCIA ENTRE ROCIADORES		4.27		ÁREA COBERTURA REAL ROCIADOR		14.3 m ²		ÁREA DE DISEÑO		150 m ²		MODELO EC-25
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS		CAUDAL (gpm)	DIAM. TUB. P ₄₉	ACCESORIOS (m)			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)	RESISTENCIA A LA FRICCION psi	DESGLOSE DE PRESION	PRESION NORMAL	Coef K	VELOC m/s
		q=		uds	TIPO	Long. Equiv. Acces.		C=	Pt	Pt		
		Q=		0	T	0	TUBERÍA	120	7	7.00		1.28
01	R5	0	2.157	0	C	0	A		Ph	0.11789	25.2	
				0	Va	0	ACCES					
				0	Vc	0	TOTAL	0.00	0.0194	DP	6.882	
02	R5-R4	66.67	2.157	0	T	0	TUBERÍA	120	7.00	7.479	25.2	3.06
				1	C	0.9	A		Ph	0.678		
				0	Va	0	ACCES					
				0	Vc	0	TOTAL	4.90	0.0978	DP	6.801	
03	R4-R3	68.92	2.157	0	T	0	TUBERÍA	120	7.479	8.483	25.2	4.90
				0	C	0	A		Ph	1.7423		
				0	Va	0	ACCES					
				0	Vc	0	TOTAL	4.20	0.2341	DP	6.7205	
04	R3-R2	73.31	2.157	0	T	0	TUBERÍA	120	8.4828	10.688	25.2	6.87
				1	C	0.9	A		Ph	3.4150		
				0	Va	0	ACCES					
				0	Vc	0	TOTAL	5.10	0.4364	DP	7.2732	
05	R2-R1	82.39	2.157	1	T	3.1	TUBERÍA	120	10.688	15.874	25.2	9.07
				0	C	0	A		Ph	5.960		
				0	Va	0	ACCES					
				0	Vc	0	TOTAL	7.10	0.7304	DP	9.914	
06	R7	0.00	2.157	1	T	0	TUBERÍA	120	7.00	7.000	25.2	1.28
				0	C	0	A		Ph	0.11789		
				0	Va	0	ACCES					
				0	Vc	0	TOTAL	0.00	0.0194	DP	6.8821	
07	R7-R6	66.67	2.157	0	T	0	TUBERÍA	120	7.00	7.411	25.2	3.06
				0	C	0	A		Ph	0.6783		
				0	Va	0	ACCES					
				0	Vc	0	TOTAL	4.20	0.0978	DP	6.733	
08	R6-R1	68.602	2.157	1	T	3.1	TUBERÍA	120	7.411	9.115	25.2	4.90
				0	C	0	A		Ph	1.73628		
				0	Va	0	ACCES					
				0	Vc	0	TOTAL	7.30	0.2334	DP	7.378	
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m)						Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)						
CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES												
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES		CAUDAL (L/Min)	DIAM. TUB.	ACCESORIOS			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA	PERDIDA de CARGA bar/metro	DESGLOSE DE PRESION	PRESION NORMAL	Coef K	VELOC.
		q=		uds	TIPO	Long. Equiv. Acces.		C=	Pt	Pt		
9	R1-H		2.157	0	T	0	TUBERÍA	120	15.874	23.341		15.94
				1	C	0.9	A		Ph	0.00		
				0	Va	0	ACCES					
				0	Vc	0	TOTAL	3.60	2.0742	DP	4.921	
10	TRAMO H-F		4.026	1	T	6.1	TUBERÍA	120	23.34	45.201		4.58
				2	C	1.8	A		Ph	9.828		
				0	Va	0	ACCES					
				0	Vc	0	TOTAL	22.2	0.0993	DP	43.683	
11	TRAMO F-D		4.026	2	T	1.2	TUBERÍA	120	45.20	64.751		4.58
				1	C	1.8	A		Ph	8.003		
				0	Va	0	ACCES					
				0	Vc	0	TOTAL	35.7	0.0993	DP	63.234	
12	TRAMO D-A		4.026	2	T	6.1	TUBERÍA	120	64.75	93.19		4.58
				4	C	1.8	A		Ph	8.003		
					Va		ACCES					
				2	Vc	0.6	TOTAL	125.2	0.0993	DP	91.672	
CAUDAL DE DEMANDA		L/min	GPM	m ³ HORA		PRESION MINIMA		PSI	BAR			
		2255	595.9	135				93.19	6.4			

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

8.6. Cálculos hidráulicos: CALDEROS (5.7 metros de altura)

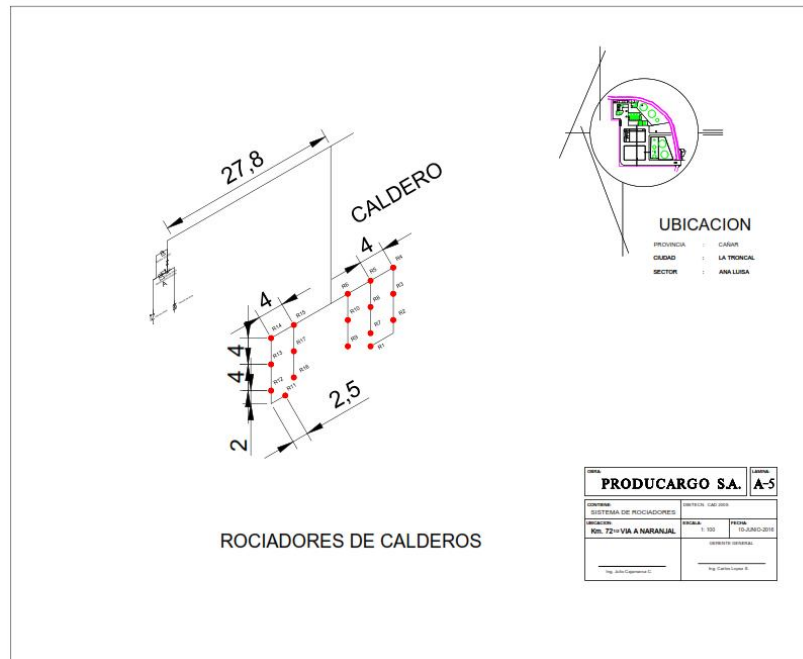
Tabla 77
Longitud equivalente: Área de Calderos ubicada a 5.7 metros de altura

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS															Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long acce.		
Rociador	TUBERÍA			Codos 45°		Codos 90°		Codos 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa				
	Diámetro nominal	Diámetro interno		N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°			Long. (m)	
		pulg	mm															
R1	2	2.067	52.5	0												0	0	
R1-R2	2	2.067	52.5	6					1	0.9						0.9	6.9	
R2-R3	2	2.067	52.5	4												0	4	
R3-R4	2	2.067	52.5	4					1	0.9						0.9	4.9	
R4-R5	2	2.067	52.5	4							1	3.1				3.1	7.1	
R7	2	2.067	52.5	0												0	0	
R7-R8	2	2.067	52.5	4												0	4	
R8-R5	2	2.067	52.5	4												0	4	
R9	2	2.067	52.5	0												0	0	
R9-R10	2	2.067	52.5	4												0	4	
R10-R6	2	2.067	52.5	4					1	0.9						0.9	4.9	
R11	2	2.067	52.5	0												0	0	
R11-R12	2	2.067	52.5	4.5					1	0.9						0.9	5.4	
R12-R13	2	2.067	52.5	4												0	4	
R13-R14	2	2.067	52.5	4					1	0.9						0.9	4.9	
R14-R15	2	2.067	52.5	4							1	3.1				3.1	7.1	
R16	2	2.067	52.5	4												0	4	
R16-R17	2	2.067	52.5	4							1	3.1				0	4	
R17-R15	2	2.067	52.5	4							1	3.1				3.1	7.1	
R5-C	2	2.067	52.5	7							1	3.1				3.1	10.1	
TRAMO C-B	4	4.026	102.3	24							1	6.1				6.1	30.1	
TRAMO B-A	4	4.026	102.3	36.1					4	1.8	1	6.1	2	0.6		14.5	50.6	
TOTALES				129.6		0		0		6.3		24.6		0.6		0	37.5	167.1

Altura del tramo B-A: h=3,7 m

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Plano 5 Isométrico:
Sistema de rociadores del área de calderos



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Tabla 78
Cálculos hidráulicos del área: Calderos

CÁLCULOS HIDRÁULICOS ROCIADORES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODO NFPA13																			
FECHA		21/08/2016		ÁREA: CALDERO (5,7m de altura)															
LONGITUD ENTRE RAMALES		4.27		DENSIDAD APLICACIÓN		11.8 L/min m ²		SUPERFICIE TOTAL		237.7 m ²		ROCIADOR TIPO:							
DISTANCIA ENTRE ROCIADORES		4.27		ÁREA COBERTURA REAL ROCIADOR		14.3 m ²		ÁREA DE DISEÑO		238.7 m ²		MODELO EC-25							
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS		CAUDAL (gpm)		DIAM. TUB. Pulg.		ACCESORIOS (m)		LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)		RESISTENCIA A LA FRICCIÓN psi		DESGLÓSE DE PRESION		PRESION NORMAL		Coef K		VELOC m/sg	
		q=				uds TIPO		LONG. EQUIV. TUBERIA		C=		Pf Ph Pv		Pt		K		V	
01	R1	q=	0	2.157	0 T 0	0 TUBERÍA	0	0	C= 120	Pf 7	Ph 7	Pv 7.00	25.2	1.20					
		Q=	44.72		0 C 0	0 ACCES	0	0				0.10375							
					0 Va 0	0 ACCES	0	0	0.0172	DP	Pf 0.000	Ph 6.896							
					0 Vc 0	0 TOTAL	0.00	0.00											
02	R1-R2	q=	66.67	2.157	1 C 0.9	1 TUBERÍA	6.00	6.00	C= 120	Pf 7.000	Ph 7.643	Pv 0.644	25.2	2.98					
		Q=	111.39		0 Va 0	0 ACCES	0.9	0.9											
					0 Vc 0	0 TOTAL	6.90	6.90	0.0932	DP	Pf 0.6432	Ph 6.999							
					0 T 0	0 TUBERÍA	0	0	C= 120	Pf 7.6432	Ph 8.559	Pv 1.7007	25.2	4.84					
					0 C 0	0 ACCES	4	4											
					0 Va 0	0 ACCES	0	0	0.2290	DP	Pf 0.9159	Ph 6.8584							
					0 Vc 0	0 TOTAL	4.00	4.00											
03	R2-R3	q=	69.67	2.157	1 C 0.9	1 TUBERÍA	6.00	6.00	C= 120	Pf 8.5591	Ph 10.670	Pv 3.3677	25.2	6.82					
		Q=	181.06		0 Va 0	0 ACCES	0.9	0.9											
					0 Vc 0	0 TOTAL	4.90	4.90	0.4308	DP	Pf 2.1107	Ph 7.3021							
					1 T 3.1	1 TUBERÍA	4	4	C= 120	Pf 10.670	Ph 15.803	Pv 5.895	25.2	9.02					
		Q=	337.1		0 C 0	0 ACCES	3.1	3.1											
					0 Va 0	0 ACCES	0	0	0.7230	DP	Pf 5.134	Ph 9.908							
					0 Vc 0	0 TOTAL	7.10	7.10											
06	R7	q=	0.00	2.157	0 T 0	0 TUBERÍA	0	0	C= 120	Pf 7.000	Ph 7.000	Pv 0.10375	25.2	1.20					
		Q=	44.72		0 C 0	0 ACCES	0	0											
					0 Va 0	0 ACCES	0	0	0.0172	DP	Pf 0.000	Ph 6.8963							
					0 Vc 0	0 TOTAL	0.00	0.00											
07	R7-R8	q=	66.67	2.157	1 C 0.9	1 TUBERÍA	6.00	6.00	C= 120	Pf 7.000	Ph 7.373	Pv 0.6437	25.2	2.98					
		Q=	111.39		0 Va 0	0 ACCES	0	0											
					0 Vc 0	0 TOTAL	4.00	4.00	0.0932	DP	Pf 0.373	Ph 6.729							
					0 T 0	0 TUBERÍA	0	0	C= 120	Pf 7.373	Ph 8.277	Pv 1.67743	25.2	4.81					
		Q=	179.8		0 C 0	0 ACCES	4	4											
					0 Va 0	0 ACCES	0	0	0.2261	DP	Pf 0.9043	Ph 6.600							
					0 Vc 0	0 TOTAL	4.00	4.00											
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m) Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)																			
CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES																			
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES		CAUDAL (L/Min)		DIAM. TUB.		ACCESORIOS		LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA		PERDIDA de CARGA bar/metro		DESGLÓSE DE PRESION		PRESION NORMAL		Coef K		VELOC.	
		q=				uds TIPO Long. Equiv. Acces.		LONG. EQUIV. TUBERIA		C=		Pf Ph Pv		Pt		K		V	
9	R5-C	q=		2.157	1 T 3.1	1 LONG. TUBERÍA	3.1	3.1	C= 120	Pf 15.803	Ph 35.799	Pv 17.5154		15.55					
		Q=	581.06		0 C 0	0 ACCES	7	7											
					0 Va 0	0 ACCES	3.1	3.1	1.9798	DP	Pf 19.996	Ph 18.283							
					0 Vc 0	0 TOTAL	10.10	10.10											
10	TRAMO C-B	q=		4.026	1 T 6.1	1 LONG. TUBERÍA	6.1	6.1	C= 120	Pf 35.80	Ph 38.651	Pv 1.4432		4.46					
		Q=	581.06		0 C 0	0 ACCES	24	24											
					0 Va 0	0 ACCES	6.1	6.1	0.0948	DP	Pf 2.853	Ph 37.208							
					0 Vc 0	0 TOTAL	30.1	30.1											
11	TRAMO B-A	q=		4.026	1 T 6.1	1 LONG. TUBERÍA	6.1	6.1	C= 120	Pf 38.65	Ph 59.453	Pv 1.4432		4.46					
		Q=	581.06		4 C 1.8	4 ACCES	14.5	14.5											
					0 Va 0	0 ACCES	14.5	14.5	0.0948	DP	Pf 12.799	Ph 58.009							
					2 Vc 0.6	2 TOTAL	50.6	50.6											
CAUDAL DE DEMANDA		L/min		GPM		m3 HORA		PRESION MINIMA		PSI		BAR							
		2199		581.1		132		59.45		4.1									

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

8.7. Cálculos hidráulicos para el área: TURBINA

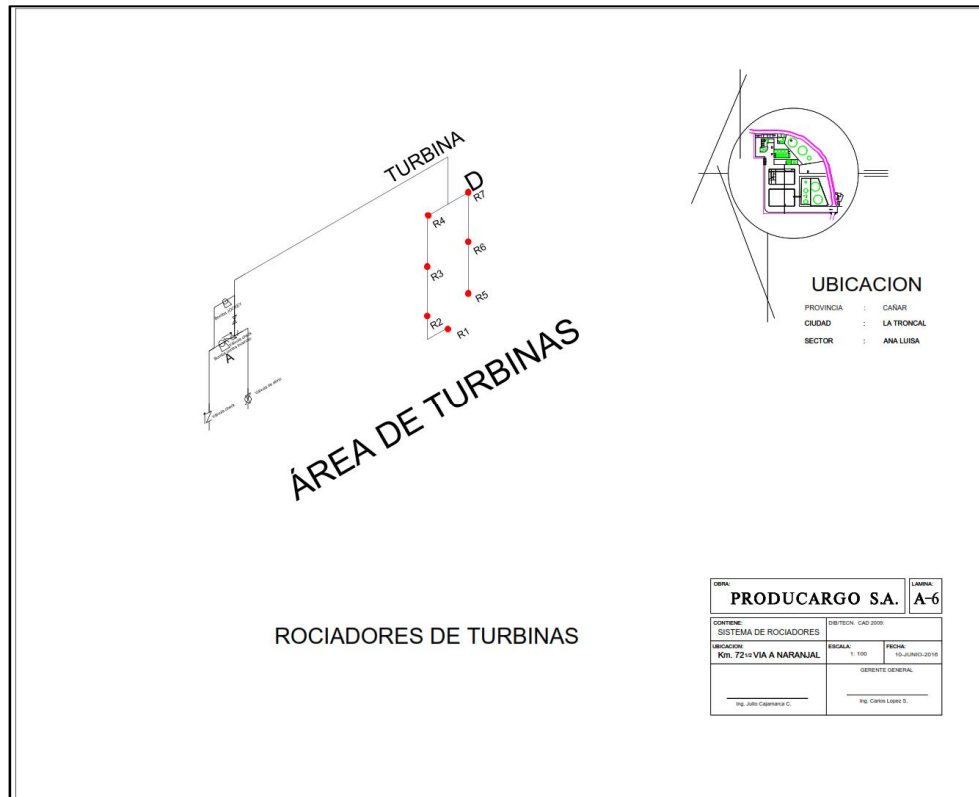
Tabla 79
Longitud equivalente: Área de Turbina

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS																		Total Longitud Lt = Ltub + Long acce.
ÁREA: TURBINA																		
Rociador	TUBERÍA			Codos 45°		Codos 90°		Codos 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa		Longitud equivalente (m)		
	Diámetro nominal	Diámetro interno		N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)			
	pulg	mm	Longitud															
R1	2	2.067	52.5	0												0	0	
R1-R2	2	2.067	52.5	4.1				1	0.9							0.9	5	
R2-R3	2	2.067	52.5	4.27												0	4.27	
R3-R4	2	2.067	52.5	4.27				1	0.9							0.9	5.17	
R5	2	2.067	52.5	0												0	0	
R5-R6	2	2.067	52.5	4.27												0	4.27	
R6-R7	2	2.067	52.5	4.27				1	0.9							0.9	5.17	
R4-I	2	2.067	52.5	2						1	3.1					3.1	5.1	
R7-I	2	2.067	52.5	2						1	3.1					3.1	5.1	
TRAMO I-A	4	4.026	102.3	59.9				4	1.8	1	6.1	1	0.6			13.9	73.8	
TOTALES				85.1		0	0	4.5		12.3		0.6		0	22.8	107.88		

Altura del tramo B-A: h=3,7 m

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Plano 6 Isométrico:
Sistema de rociadores del área de turbinas



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Tabla 80

Resumen de cálculos hidráulicos del área: Turbina

CÁLCULOS HIDRÁULICOS ROCIADORES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODO NFPA13														
FECHA		21/08/2016		ÁREA: TURBINA (8 m de altura)										
LONGITUD ENTRE RAMALES		4.27		DENSIDAD APLICACIÓN		13.5 L/min m		SUPERFICIE TOTAL		94.1 m ²		ROCIADOR TIPO:		
DISTANCIA ENTRE ROCIADORES		4.27		ÁREA COBERTURA REAL ROCIADOR		14.3 m ²		ÁREA DE DISEÑO		94.1 m ²		MODELO EC-25		
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS		CAUDAL (gpm)	DIAM. TUB. Pulg.	ACCESORIOS (m)			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)	RESISTENCIA A LA FRICCIÓN psi		DESGLASE DE PRESION		PRESION NORMAL	Coef K	VELOC m/sg
		q=		uds	TIPO	Long. Equiv. Acces.		C=	Pt	Ph	Pv			
01	R1	q=	0	0	T	0	0	120	7	7.00			25.2	1.36
		Q=	50.89	0	C	0	0	0.0219	0.000	0.13433	6.866			
				0	Va	0	0							
				0	Vc	0	0							
02	R1-R2	q=	66.67	1	C	0.9	4.10	120	7.000	7.515			25.2	3.15
		Q=	117.56	0	Va	0	0	0.1030	0.5149	0.717	6.798			
				0	Vc	0	0							
				0	T	0	0							
03	R2-R3	q=	69.08	0	C	0	4.27	120	7.5149	8.549			25.2	4.99
		Q=	186.64	0	Va	0	0	0.2422	1.0342	1.8071	6.7420			
				0	Vc	0	0							
				0	T	0	0							
04	R3-R4	q=	73.68	1	C	0.9	4.27	120	8.5491	10.866			25.2	6.97
		Q=	260.32	0	Va	0	0	0.4482	2.3173	3.5156	7.3508			
				0	Vc	0	0							
				0	T	0	0							
05	R4-I	q=	0.00	1	T	3.1	5.10	120	10.866	13.152			0.0	6.97
		Q=	260.3	0	C	0	2	0.4482	2.286	3.516	9.637			
				0	Va	0	0							
				0	Vc	0	0							
06	R5	q=	0.00	0	C	0	0	120	7.000	7.000			25.2	1.36
		Q=	50.89	0	Va	0	0	0.0219	0.000	0.13433	6.8667			
				0	Vc	0	0							
				0	T	0	0							
07	R5-R6	q=	66.67	0	C	0	4.27	120	7.000	7.440			25.2	3.15
		Q=	117.56	0	Va	0	0	0.1030	0.440	0.7170	6.723			
				0	Vc	0	0							
				0	T	0	0							
08	R6-R7	q=	68.735	1	C	0.9	4.27	120	7.440	8.688			25.2	4.98
		Q=	186.3	0	Va	0	0	0.2414	1.2479	1.80044	6.887			
				0	Vc	0	0							
				0	T	0	0							
09	R7-I	q=	0.00	1	T	0	4.27	120	8.688	9.718			0.0	4.98
		Q=	186.3	0	C	0	0	0.2414	1.031	1.80044	7.918			
				0	Va	0	0							
				0	Vc	0	0							
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m) Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)														
CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES														
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES		CAUDAL (L/Min)	DIAM. TUB.	ACCESORIOS			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA	PERDIDA de CARGA bar/metro		DESGLASE DE PRESION		PRESION NORMAL	Coef K	VELOC.
		q=		uds	TIPO	Long. Equiv. Acces.		C=	Pt	Ph	Pv			
10	TRAMO I-A	q=		1	T	6.1	59.9	120	15.803	43.256			3.72	
		Q=	484.05	4	C	1.8	13.9	0.0676	11.23	1.00153				
				0	Va	0	0							
				1	Vc	0.6	0							

CAUDAL DE DEMANDA	L/min	GPM	m3 HORA	PRESION MINIMA	PSI	BAR
	1832	484.1	110		43.26	3.0

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

8.8. Cálculos hidráulicos para el área: Tanque N° 2 ALCOHOL NEUTRO (10.5 metros de altura)

Tabla 81

Longitud equivalente: Tanque N° 2 de almacenamiento de alcohol neutro

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS																			Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long acc.
ÁREA: TANQUE N° 2 DE ALCOHOL NEUTRO																				
Rociador	TUBERÍA			Codos 45°		Codos 90°		Codos 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa						
	Diámetro nominal	Diámetro interno		Longitud	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)				
	pulg	mm																		
R1	2	2.067	52.5	0													0	0		
R1-R2	2	2.067	52.5	3													0	3		
R2-R3	2	2.067	52.5	3													0	3		
R3-R4	2	2.067	52.5	3													0	3		
R4-R5	2	2.067	52.5	3													0	3		
R5-R6	2	2.067	52.5	3													0	3		
R6-R7	2	2.067	52.5	3													0	3		
R7-R8	2	2.067	52.5	3													0	3		
R8-R9	2	2.067	52.5	3													0	3		
R9-R10	2	2.067	52.5	3			1	0.6									0.6	3.6		
R10-M	2	2.067	52.5	15.5			1	0.6				1	0.3				0.9	16.4		
TRAMO M-K	4	4.026	102.3	72.1					2	1.8	1	6.1					9.7	81.8		
TRAMO K-J	4	4.026	102.3	54.7	2	2.8			2	2.8			1	0.6			9	63.7		
TRAMO J-A	4	4.026	102.3	115.3					4	1.8	1	6.1	2	0.6			14.5	129.8		
TOTALES				284.6		2.8		1.2		6.4		12.2		1.5		0	34.7	319.3		
Altura tramo R10-M= 8,4m				Altura del tramo K-J= 0m																
Altura tramo M-K= 3,6 m				Altura del tramo J-A= 5,7m																

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Para los cálculos en el sistema de boquillas para los tanques de almacenamiento no existen conexiones hidráulicas, como se observa en la Ilustración N°13.

Los datos para realizar los cálculos son:

Área total del tanque = 98.5 m².

Área de cobertura del rociador 10,75 m².

Número de rociadores = 10.

La presión a considerar en el rociador más alejado será de 10 psi.

Factor k del rociador = 72

La densidad = 14,3

Boquilla de aspersión Modelo D3 de marca TYCO, tipo colgante con rosca ½" NTP.

La distancia de separación de rociador a rociador para tener mejor efectividad en el ataque contra incendio se propone que sea de 3 metros, de esta manera el sistema se instalará asegurando mayor protección.

Los cálculos para la obtención del diámetro del anillo donde se instalarán las boquillas se detallan a continuación:

Como se instalarán 10 rociadores separados a 3 metros uno del otro, el perímetro de la circunferencia será igual a 30 metros.

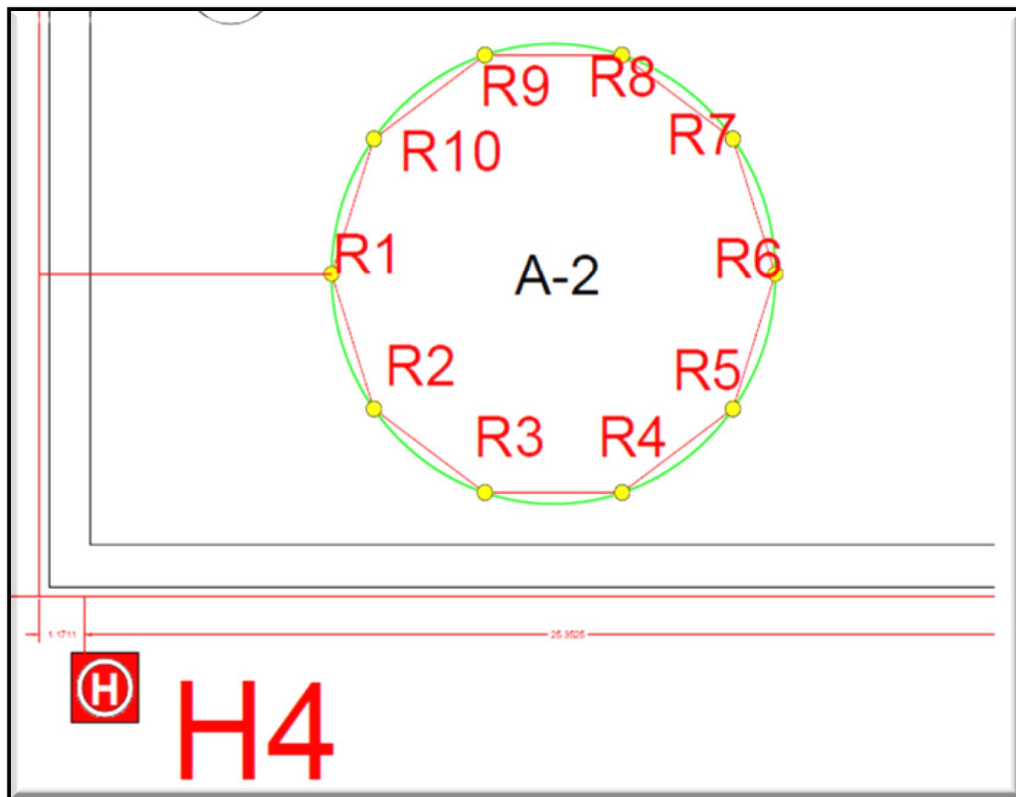
$$\text{Perímetro} = 2\pi r$$

$$r = \frac{\text{Perímetro}}{2\pi} = \frac{30}{2\pi}$$

$$\text{Radio de la circunferencia} = 4.78 \text{ metros}$$

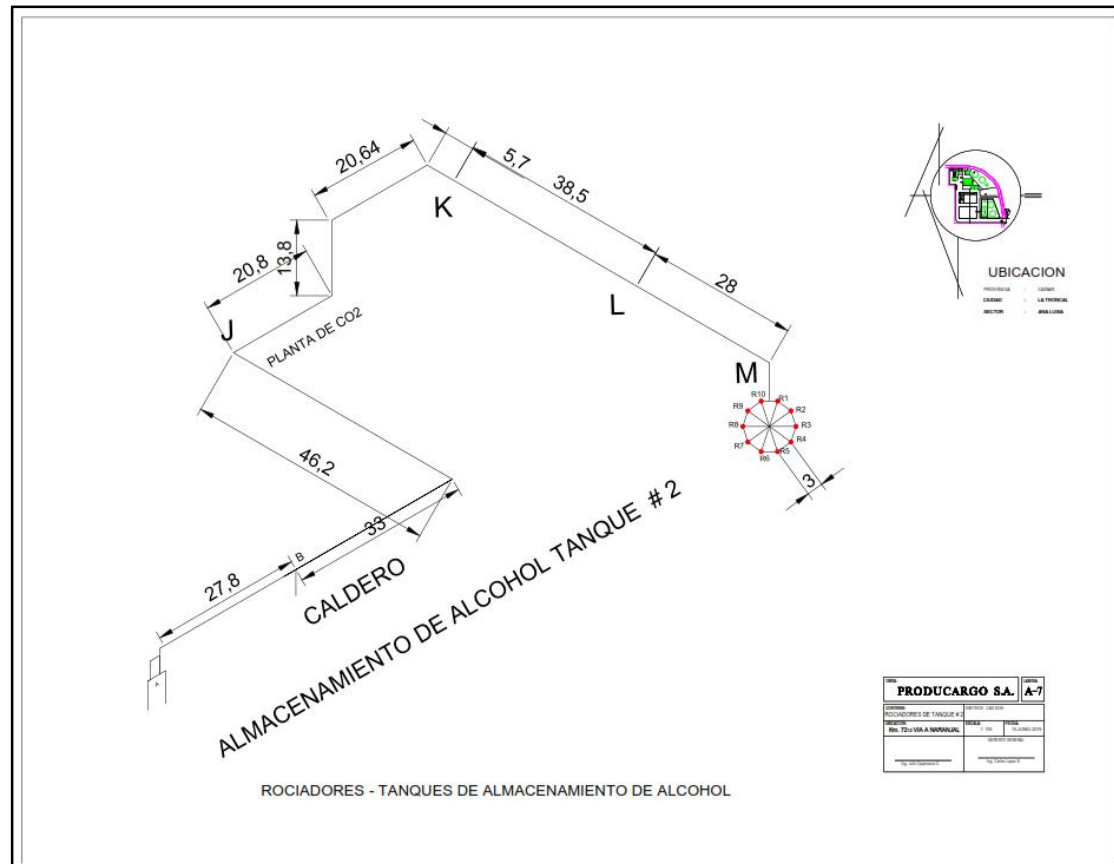
Ilustración 13

Tanque N°2 Alcohol Neutro - Sistema de rociadores



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Plano 7 Isométrico:
Sistema de rociadores del tanque # 2 de almacenamiento de alcohol



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Tabla 82

Resumen de cálculos hidráulicos del área: Tanque N°2 de alcohol neutro

CÁLCULOS HIDRÁULICOS ROCIADORES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODO NFPA13													
FECHA		21/08/2016		ÁREA: TANQUE N° 2 ALCOHOL NEUTRO NIVEL 10,5m									
LONGITUD ENTRE RAMALES				DENSIDAD APLICACIÓN		14.3 L/min m		SUPERFICIE TOTAL		98.5 m2		ROCIADOR TIPO:	
DISTANCIA ENTRE ROCIADORES		3.00		ÁREA COBERTURA REAL ROCIADOR		10.8 m2		ÁREA DE DISEÑO		98.5 m2		MODELO D3 TYCO	
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS		CAUDAL (gpm)	DIAM. TUB. Pulg.	ACCESORIOS (m)			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)	RESISTENCIA A LA FRICCIÓN (psi)	DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL	Coef K	VELOC m/sg
uds	TIPO	LENG. EQUIV. m	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO
01	R1	q= 0	2.157	0 T 0	TUBERIA	0	C= 120	Pt	10	Pt	7.00	7.2	1.09
		0 C 0		A	0	Ph	Pv	0.08557					
		0 Va 0		ACCES	0								
		0 Vc 0		TOTAL	0.00	0.0144	DP	Pf	0.000	Ph	6.914		
Q= 40.61													
02	R1-R2	q= 22.77	2.157	0 T 0	TUBERIA	3.00	C= 120	Pt	10.000	Pt	10.099	7.2	1.70
		0 C 0		A	0	Ph	Pv	0.208					
		0 Va 0		ACCES	0								
		0 Vc 0		TOTAL	3.00	0.0328	DP	Pf	0.0985	Ph	9.890		
Q= 63.38													
03	R2-R3	q= 22.88	2.157	0 T 0	TUBERIA	3	C= 120	Pt	10.0985	Pt	10.273	7.2	2.31
		0 C 0		A	0	Ph	Pv	0.3860					
		0 Va 0		ACCES	0								
		0 Vc 0		TOTAL	3.00	0.0581	DP	Pf	0.1743	Ph	9.8868		
Q= 86.26													
04	R3-R4	q= 23.08	2.157	0 T 0	TUBERIA	3	C= 120	Pt	10.2728	Pt	10.543	7.2	2.93
		0 C 0		A	0	Ph	Pv	0.6202					
		0 Va 0		ACCES	0								
		0 Vc 0		TOTAL	3.00	0.0901	DP	Pf	0.2702	Ph	9.9228		
Q= 109.34													
05	R4-R5	q= 23.38	2.157	0 T 0	TUBERIA	3	C= 120	Pt	10.543	Pt	10.930	7.2	3.55
		0 C 0		A	0	Ph	Pv	0.914					
		0 Va 0		ACCES	0								
		0 Vc 0		TOTAL	3.00	0.1289	DP	Pf	0.387	Ph	10.016		
Q= 132.7													
06	R5-R6	q= 23.80	2.157	1 T 0	TUBERIA	3	C= 120	Pt	10.930	Pt	7.000	7.2	4.19
		0 C 0		A	0	Ph	Pv	1.27094					
		0 Va 0		ACCES	0								
		0 Vc 0		TOTAL	3.00	0.1749	DP	Pf	0.525	Ph	5.7291		
Q= 156.5													
07	R6-R7	q= 24.37	2.157	0 T 0	TUBERIA	3	C= 120	Pt	11.454	Pt	12.140	7.2	4.84
		0 C 0		A	0	Ph	Pv	1.6975					
		0 Va 0		ACCES	0								
		0 Vc 0		TOTAL	3.00	0.2286	DP	Pf	0.686	Ph	10.443		
Q= 180.89													
08	R7-R8	q= 24.368	2.157	0 T 0	TUBERIA	3	C= 120	Pt	11.454	Pt	12.140	7.2	4.84
		0 C 0		A	0	Ph	Pv	1.69748					
		0 Va 0		ACCES	0								
		0 Vc 0		TOTAL	3.00	0.2286	DP	Pf	0.6857	Ph	10.443		
Q= 180.9													
08	R8-R9	q= 25.087	2.157	0 T 0	TUBERIA	3	C= 120	Pt	12.140	Pt	13.012	7.2	5.51
		0 C 0		A	0	Ph	Pv	2.20096					
		0 Va 0		ACCES	0								
		0 Vc 0		TOTAL	3.00	0.2906	DP	Pf	0.8719	Ph	10.811		
Q= 206.0													
09	R9-R10	q= 25.97	2.157	0 T 0	TUBERIA	3	C= 120	Pt	13.012	Pt	14.315	7.2	6.21
		1 C 0.6		ACCES	0.6	Ph	Pv	2.791					
		0 Va 0		ACCES	0.6								
		0 Vc 0		TOTAL	3.60	0.3621	DP	Pf	1.303	Ph	11.524		
Q= 231.9													
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m) Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)													
CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES													
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES		CAUDAL (L/Min)	DIAM. TUB.	ACCESORIOS			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA	PERDIDA de CARGA bar/metro	DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL	Coef K	VELOC.
uds	TIPO	LENG. EQUIV. m	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	TIPO
10	TRAMO R10-M	q=	2.157	0 T 0	TUBERIA	15.5	C= 120	Pt	14.315	Pt	43.837	7.2	6.21
		1 C 0.6		ACCES	0.9	Ph	Pv	2.78985					
		0 Va 0		ACCES	0.9								
		1 Vc 0.3		TOTAL	16.40	0.3619	DP	Pf	17.729	Ph	41.047		
Q= 231.90													
11	TRAMO M-K	q=	4.026	1 T 6.1	TUBERIA	72.1	C= 120	Pt	43.84	Pt	55.363	7.2	1.78
		2 C 1.8		ACCES	9.7	Ph	Pv	0.22987					
		0 Va 0		ACCES	9.7								
		0 Vc 0		TOTAL	81.8	0.0173	DP	Pf	6.472	Ph	55.133		
Q= 231.90													
12	TRAMO K-J	q=	4.026	0 T 0	TUBERIA	54.7	C= 120	Pt	55.36	Pt	56.418	7.2	1.78
		2 C 2.8		ACCES	6.2	Ph	Pv	0.22987					
		0 Va 0		ACCES	6.2								
		1 Vc 0.6		TOTAL	60.9	0.0173	DP	Pf	1.055	Ph	56.188		
Q= 231.90													
13	TRAMO J-A	q=	4.026	1 T 6.1	TUBERIA	115.3	C= 120	Pt	56.42	Pt	74.67	7.2	1.78
		4 C 1.8		ACCES	14.5	Ph	Pv	0.22987					
		0 Va 0		ACCES	14.5								
		2 Vc 0.6		TOTAL	129.8	0.0173	DP	Pf	10.25	Ph	74.443		
Q= 231.90													
CAUDAL DE DEMANDA		L/min	GPM	m3 HORA	PRESION MINIMA			PSI	BAR				
		878	231.9	53				74.67	5.1				

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

8.9. Cálculos hidráulicos para el área: Tanque N° 1 ALCOHOL NEUTRO

Tabla 83

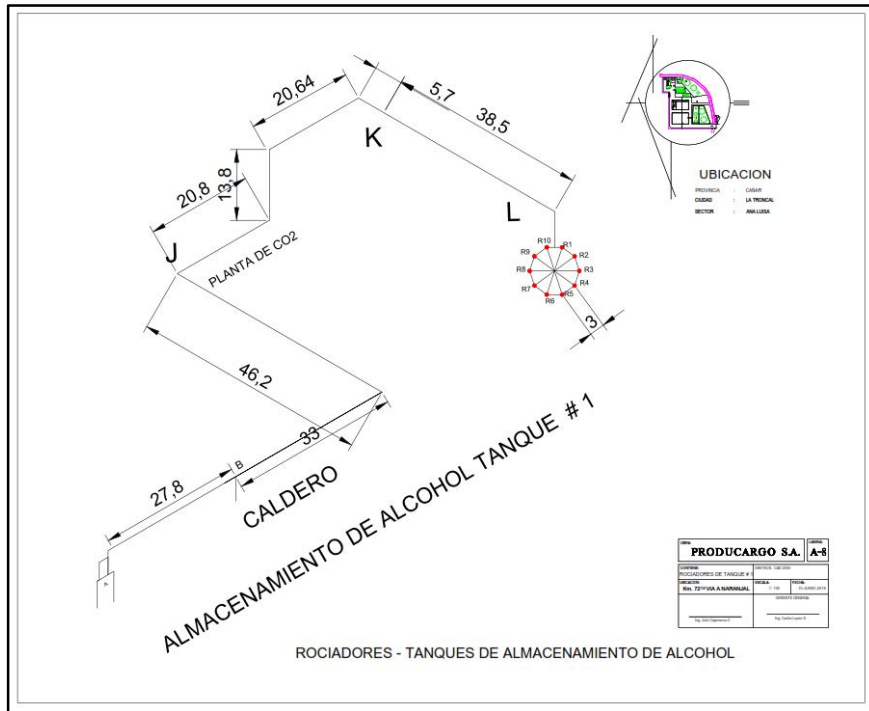
Longitud equivalente: Tanque N° 1 de almacenamiento de alcohol neutro

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS															Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long acca.		
ÁREA: TANQUE N° 1 DE ALCOHOL NEUTRO																		
Rociador	TUBERÍA			Codos 45°		Codos 90°		Codos 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa				
	Diámetro nominal	Diámetro interno		N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°			Long. (m)	
	pulg	mm	Longitud															
R1	2	2.067	52.5	0												0	0	
R1-R2	2	2.067	52.5	3												0	3	
R2-R3	2	2.067	52.5	3												0	3	
R3-R4	2	2.067	52.5	3												0	3	
R4-R5	2	2.067	52.5	3												0	3	
R5-R6	2	2.067	52.5	3												0	3	
R6-R7	2	2.067	52.5	3												0	3	
R7-R8	2	2.067	52.5	3												0	3	
R8-R9	2	2.067	52.5	3												0	3	
R9-R10	2	2.067	52.5	3			1	0.6								0.6	3.6	
R10-L	2	2.067	52.5	15.5			1	0.6				1	0.3			0.9	16.4	
TRAMO L-K	4	4.026	102.3	38.5					2	1.8	1	6.1				9.7	48.2	
TRAMO K-J	4	4.026	102.3	54.7	2	2.8			2	2.8			1	0.6		9	63.7	
TRAMO J-A	4	4.026	102.3	115.3					4	1.8	1	6.1	2	0.6		14.5	129.8	
TOTALES				251.0		2.8		1.2		6.4		12.2		1.5		0	34.7	285.7
Altura tramo R10-L= 8,4m				Altura del tramo K-J= 0m														
Altura tramo L-K= 3,6 m				Altura del tramo J-A= 5,7m														

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Plano 8 Isométrico:

Sistema de rociadores del tanque 1 de almacenamiento de alcohol.



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Tabla 84

Resumen de cálculos hidráulicos del área: Tanque N°1 de alcohol neutro

CÁLCULOS HIDRÁULICOS ROCIADORES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODO NFPA13														
FECHA		21/08/2016		ÁREA: TANQUE N° 1 ALCOHOL NEUTRO NIVEL 10,5m										
LONGITUD ENTRE RAMALES				DENSIDAD APLICACIÓN		14.3 L/min m		SUPERFICIE TOTAL		98.5 m ²		ROCIADOR TIPO:		
DISTANCIA ENTRE ROCIADORES		3.00		ÁREA COBERTURA REAL ROCIADOR		10.8 m ²		ÁREA DE DISEÑO		98.5 m ²		MODELO D3 TYCO		
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS	CAUDAL (gpm)	DIAM. TUB. P _{ulg}	ACCESORIOS (m)			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)	RESISTENCIA A LA FRICCIÓN psi	DESGLASE DE PRESION		PRESION NORMAL	Coef K	VELOC m/sg		
			uds	TIPO	Long. Equiv. Accesos			Pt	Pv					
01	R1	2.157	0	T	0	TUBERÍA A	0.0144	120	Pt	10	Pt	7.00	1.09	
			0	C	0	ACCES								0.08557
			0	Va	0	TOTAL								
			0	Vc	0	TOTAL									0.000	6.914
Q=	40.61													
02	R1-R2	2.157	0	T	0	TUBERÍA A	0.0328	120	Pt	10.000	Pt	10.099	1.70	
			0	C	0	ACCES								0.208
			0	Va	0	TOTAL								
			0	Vc	0	TOTAL									0.0985	9.890
Q=	63.38													
03	R2-R3	2.157	0	T	0	TUBERÍA A	0.0581	120	Pt	10.0985	Pt	10.273	2.31	
			0	C	0	ACCES								0.3860
			0	Va	0	TOTAL								
			0	Vc	0	TOTAL									0.1743	9.8868
Q=	86.26													
04	R3-R4	2.157	0	T	0	TUBERÍA A	0.0901	120	Pt	10.2728	Pt	10.543	2.93	
			0	C	0	ACCES								0.6202
			0	Va	0	TOTAL								
			0	Vc	0	TOTAL									0.2702	9.9228
Q=	109.34													
05	R4-R5	2.157	0	T	0	TUBERÍA A	0.1289	120	Pt	10.543	Pt	10.930	3.55	
			0	C	0	ACCES								0.914
			0	Va	0	TOTAL								
			0	Vc	0	TOTAL									0.387	10.016
Q=	132.7													
06	R5-R6	2.157	1	T	0	TUBERÍA A	0.1749	120	Pt	10.930	Pt	7.000	4.19	
			0	C	0	ACCES								1.27094
			0	Va	0	TOTAL								
			0	Vc	0	TOTAL									0.525	5.7291
Q=	156.5													
07	R6-R7	2.157	0	T	0	TUBERÍA A	0.2286	120	Pt	11.454	Pt	12.140	4.84	
			0	C	0	ACCES								1.6975
			0	Va	0	TOTAL								
			0	Vc	0	TOTAL									0.686	10.443
Q=	180.89													
08	R7-R8	2.157	0	T	0	TUBERÍA A	0.2286	120	Pt	11.454	Pt	12.140	4.84	
			0	C	0	ACCES								1.69748
			0	Va	0	TOTAL								
			0	Vc	0	TOTAL									0.6857	10.443
Q=	180.9													
08	R8-R9	2.157	0	T	0	TUBERÍA A	0.2906	120	Pt	12.140	Pt	13.012	5.51	
			0	C	0	ACCES								2.20096
			0	Va	0	TOTAL								
			0	Vc	0	TOTAL									0.8719	10.811
Q=	206.0													
09	R9-R10	2.157	0	T	0	TUBERÍA A	0.3621	120	Pt	13.012	Pt	14.315	6.21	
			1	C	0.6	ACCES								2.791
			0	Va	0	TOTAL								
			0	Vc	0	TOTAL									1.303	11.524
Q=	231.9													
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m) Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)														
CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES														
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES	CAUDAL (L/Mn)	DIAM. TUB.	ACCESORIOS			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA	PERDIDA de CARGA bar/metro	DESGLASE DE PRESION		PRESION NORMAL	Coef K	VELOC.		
			uds	TIPO	Long. Equiv. Accesos			Pt	Pv					
10	TRAMO R10-L	2.157	0	T	0	TUBERÍA A	0.3619	120	Pt	14.315	Pt	43.837	6.21	
			1	C	0.6	ACCES								2.78985
			0	Va	0	TOTAL								
			1	Vc	0.3	TOTAL									17.729	41.047
Q=	231.90													
11	TRAMO L-K	4.026	1	T	6.1	TUBERÍA A	0.0173	120	Pt	43.84	Pt	54.781	1.78	
			2	C	1.8	ACCES								0.22987
			0	Va	0	TOTAL								
			0	Vc	0	TOTAL									5.889	54.551
Q=	231.90													
12	TRAMO K-J	4.026	0	T	0	TUBERÍA A	0.0173	120	Pt	54.78	Pt	55.836	1.78	
			2	C	2.8	ACCES								0.22987
			0	Va	0	TOTAL								
			1	Vc	0.6	TOTAL									1.055	55.606
Q=	231.90													
13	TRAMO J-A	4.026	1	T	6.1	TUBERÍA A	0.0173	120	Pt	55.84	Pt	74.09	1.78	
			4	C	1.8	ACCES								0.22987
			0	Va	0	TOTAL								
			2	Vc	0.6	TOTAL									10.25	73.860
Q=	231.90													
CAUDAL DE DEMANDA		L/min	GPM	m3 HORA	PRESION MINIMA			PSI	BAR					
		878	231.9	53				74.09	5.1					

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

8.10. Cálculos hidráulicos para el área: Tanque N° 7 ALCOHOL ANHIDRO

Tabla 85

Longitud equivalente: Tanque N° 7 de almacenamiento de alcohol anhidro

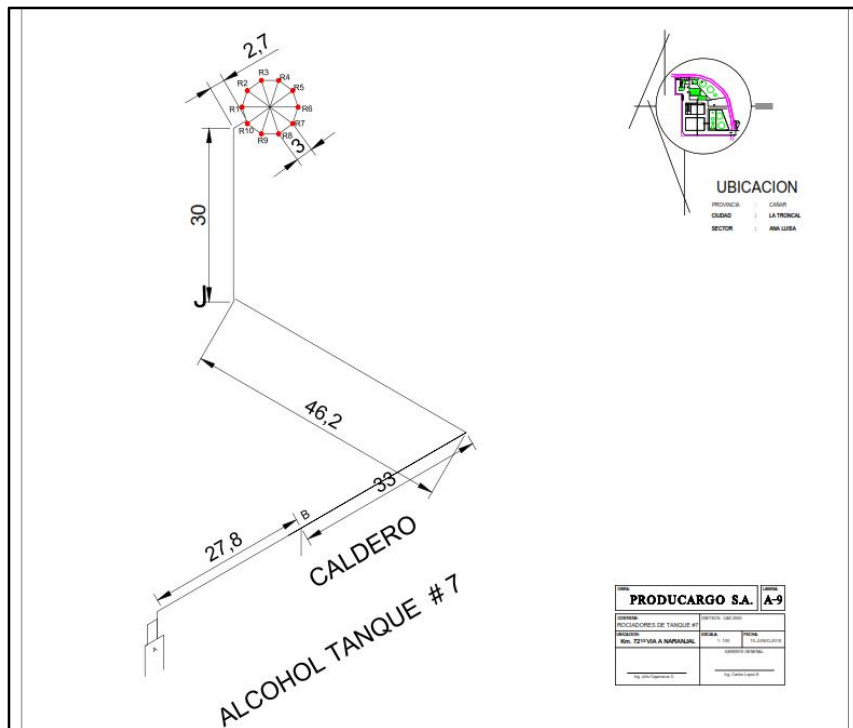
LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS																	
ÁREA: TANQUE N° 7 DE ALCOHOL ANHIDRO																	
Rociador	TUBERÍA			Codos 45°		Codos 90°		Codos 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa		Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long acce.
	Diámetro nominal	Diámetro interno		N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)		
		pulg	mm															Longitud
R1	2	2.067	52.5	0												0	0
R1-R2	2	2.067	52.5	3												0	3
R2-R3	2	2.067	52.5	3												0	3
R3-R4	2	2.067	52.5	3												0	3
R4-R5	2	2.067	52.5	3												0	3
R5-R6	2	2.067	52.5	3												0	3
R6-R7	2	2.067	52.5	3												0	3
R7-R8	2	2.067	52.5	3												0	3
R8-N	2	2.067	52.5	10.2				3	0.9							2.7	12.9
TRAMO N-J	4	4.026	102.3	30				1	1.8			1	0.6			2.4	32.4
TRAMO J-A	4	4.026	102.3	115.3				4	1.8	1	6.1	2	0.6			14.5	129.8
TOTALES				176.5	0		0	4.5		6.1		1.2		0		19.6	196.1

Altura tramo R8-N= 5,4 m Altura del tramo J-A= 5,7m
 Altura tramo N-J= 3,6 m

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Plano 9 Isométrico:

Sistema de rociadores del tanque 7 de almacenamiento de alcohol



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Distancia de separación de rociador a rociador es de 3 metros.

Como se instalarán 8 rociadores separados a 3 metros uno del otro, el perímetro de la circunferencia será igual a 24 metros.

$$\text{Perímetro} = 2\pi r$$

$$r = \frac{\text{Perímetro}}{2\pi} = \frac{24}{2\pi} = 3.82 \text{ metros}$$

Tabla 86

Resumen de cálculos hidráulicos del área: Tanque N°7 de alcohol ANHIDRO

CÁLCULOS HIDRÁULICOS ROCIADORES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODO NFPA13																			
FECHA		21/08/2016		ÁREA: TANQUE N° 7 ALCOHOL ANHIDRO NIVEL 7,5m															
LONGITUD ENTRE RAMALES				DENSIDAD APLICACIÓN		14.3 L/min r		SUPERFICIE TOTAL		81.4 m2		ROCIADOR TIPO:							
DISTANCIA ENTRE ROCIADORES		3.00		ÁREA COBERTURA REAL ROCIADOR		10.75 m2		ÁREA DE DISEÑO		81.4 m2		MODELO D3 TYCO							
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS		CAUDAL (gpm)		DIAM. TUB. P/dg		ACCESORIOS (m)		LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)		RESISTENCIA A LA FRICCION psi		DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL		Coef K		VELOC m/sg	
		q=				uds TIPO LEQUIVALENTE				C= 120 Pf 10 Pv 7.00				7.00		7.2		1.09	
01	R1	0	2.157	0 T 0	TUBERÍA A	0	0	0	0.0144	DP	Pf	0.000	Ph	6.914					
		Q=	40.61	0 Va 0	ACCES	0	0	0											
				0 Vc 0	TOTAL	3.00	0.00	0.0144											
02	R1-R2	22.77	2.157	0 T 0	TUBERÍA A	3.00	0	0											
		Q=	63.38	0 C 0	ACCES	0	0	0											
				0 Va 0	TOTAL	3.00	0.0328	DP	Pf	0.0985	Ph	9.890							
				0 Vc 0	TOTAL	3.00	0.0328	DP	Pf	0.0985	Ph	9.890							
03	R2-R3	22.88	2.157	0 T 0	TUBERÍA A	3	0	0											
		Q=	86.26	0 C 0	ACCES	0	0	0											
				0 Va 0	TOTAL	3.00	0.0581	DP	Pf	0.1743	Ph	9.8868							
				0 Vc 0	TOTAL	3.00	0.0581	DP	Pf	0.1743	Ph	9.8868							
04	R3-R4	23.08	2.157	0 T 0	TUBERÍA A	3	0	0											
		Q=	109.34	0 C 0	ACCES	0	0	0											
				0 Va 0	TOTAL	3.00	0.0901	DP	Pf	0.2702	Ph	9.9228							
				0 Vc 0	TOTAL	3.00	0.0901	DP	Pf	0.2702	Ph	9.9228							
05	R4-R5	23.38	2.157	0 T 0	TUBERÍA A	3	0	0											
		Q=	132.7	0 C 0	ACCES	0	0	0											
				0 Va 0	TOTAL	3.00	0.1289	DP	Pf	0.387	Ph	10.016							
				0 Vc 0	TOTAL	3.00	0.1289	DP	Pf	0.387	Ph	10.016							
06	R5-R6	23.80	2.157	1 T 0	TUBERÍA A	3	0	0											
		Q=	156.5	0 C 0	ACCES	0	0	0											
				0 Va 0	TOTAL	3.00	0.1749	DP	Pf	0.525	Ph	5.7291							
				0 Vc 0	TOTAL	3.00	0.1749	DP	Pf	0.525	Ph	5.7291							
07	R6-R7	24.37	2.157	0 T 0	TUBERÍA A	3	0	0											
		Q=	180.89	0 C 0	ACCES	0	0	0											
				0 Va 0	TOTAL	3.00	0.2286	DP	Pf	0.686	Ph	10.443							
				0 Vc 0	TOTAL	3.00	0.2286	DP	Pf	0.686	Ph	10.443							
08	R7-R8	24.368	2.157	0 T 0	TUBERÍA A	3	0	0											
		Q=	180.9	0 C 0	ACCES	0	0	0											
				0 Va 0	TOTAL	3.00	0.2286	DP	Pf	0.6857	Ph	10.443							
				0 Vc 0	TOTAL	3.00	0.2286	DP	Pf	0.6857	Ph	10.443							
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m)																			
Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)																			
CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES																			
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES		CAUDAL (L/Mn)		DIAM. TUB.		ACCESORIOS		LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA		PERDIDA de CARGA bar/metro		DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL		Coef K		VELOC.	
		q=				uds TIPO Long. Equiv. Acces.				C= 120 Pf 12.140 Pv 30.252				30.252		7.2		4.84	
9	TRAMO R8-N		180.90	2.157	0 T 0	3 C 0.9	TUBERÍA A	10.2											
					0 Va 0	ACCES	2.7												
					0 Vc 0	TOTAL	12.90	0.2286	DP	Pf	10.530	Ph	28.554						
10	TRAMO N-J		180.90	4.026	0 T 0	1 C 1.8	TUBERÍA A	30											
					0 Va 0	ACCES	2.4												
					1 Vc 0.6	TOTAL	32.4	0.0109	DP	Pf	5.409	Ph	40.575						
11	TRAMO J-A		180.90	4.026	1 T 6.1	4 C 1.8	TUBERÍA A	115.3											
					0 Va 0	ACCES	14.5												
					2 Vc 0.6	TOTAL	129.8	0.0109	DP	Pf	9.423	Ph	58.001						
CAUDAL DE DEMANDA		L/min		GPM		m3 HORA		PRESION MINIMA		PSI		BAR							
		685		180.9		41				58.14		4.0							

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

9. CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA EL SISTEMA DE HIDRANTES

Presión de trabajo en el hidrante más alejado = 70 psi

Los hidrantes se encuentran ubicados a una altura máxima de 1,5 m.

El estudio de los hidrantes se basará en determinar la situación actual y los planteamientos requeridos para que este sistema cubra en la totalidad las áreas de riesgo.

Para estos cálculos se tendrán en consideración el caudal necesario para el funcionamiento y accionamiento de la lanza de chorro:

Lanza para chorro/niebla marca Protek Con Preselección de caudal Modelo 366

Presión de operación 5 kg/cm² (1kg/cm²=14,2208 psi); 71,1 psi

Q de la lanza = 190 l/pm (50,20 g/pm), con estos valores el alcance del agua será de 32 metros si se aplica en forma de chorro directo, y de 13 metros cuando se aplique en forma de niebla.

El coeficiente k para esta BIE será de 85 de acuerdo a la tabla 42 del caudal mínimo y coeficiente k en función de la presión para una BIE - 45

La siguiente ecuación determina el caudal (Q) que debe dar una BIE, en el momento de su accionamiento.

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

Donde P es la presión de llegada y su unidad está en bar.

Q es el caudal de trabajo del hidrante y se expresa en lpm

K = es el factor del hidrante, para su cálculo se debe tener presente que en la empresa se encuentran instalados sistemas de 45 mm.

De acuerdo al catálogo la manguera contra incendio de 1 ½" de marca LUNEX.

La presión máxima de servicio es de 15 bar (217,6 psi), esto permite tener un gran margen de operación.

9.1. Cálculos hidráulicos para sistema de hidrantes para el área: PARQUEADEROS (transportistas de alcohol)

Para esta área se ha dispuesto el uso del HIDRANTE N° 1 en caso de emergencia.

Tabla 87

Longitud equivalente: ÁREA: PARQUEADERO (hidrante N°1)

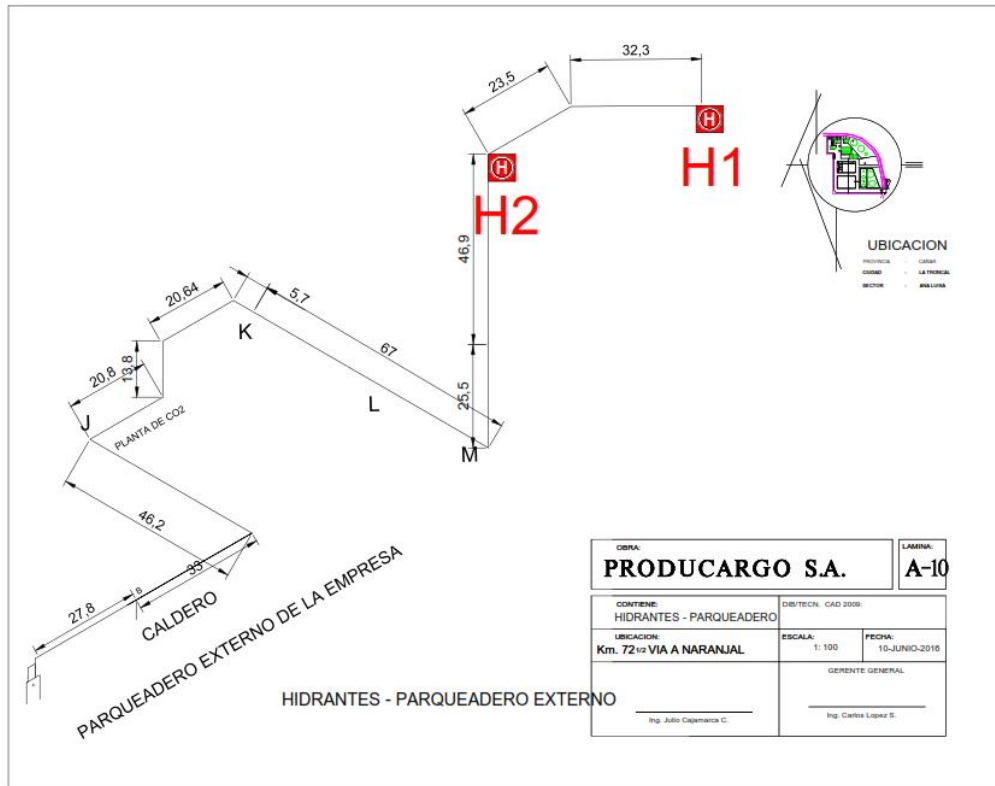
LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS																	
ÁREA: PARQUEADERO (HIDRANTE N° 1)																	
Rociador	TUBERÍA			Codos 45°		Codos 90°		Codos 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa		Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long acce.
	Diámetro nominal	Diámetro interno		N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)		
		pulg	mm															Longitud
H1	1 1/2"	1.5	38	0												0	0
H1-O	4	4.026	102.3	102.7				2	1.8							3.6	106.3
O-J	4	4.026	102.3	184.1				3	1.8			1	0.6			6	190.1
TRAMO J-A	4	4.026	102.3	115.3				4	1.8	1	6.1	2	0.6			14.5	129.8
TOTALES				402.1	0	0		5.4		6.1		1.2		0	24.1	426.2	

Altura del tramo H1-O= 0 m Altura del tramo O-J= 3,6 m H se refiere a los hidrantes
 Altura del tramo J-A= 5,7m

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Plano 10 Isométrico:

Sistema de hidrantes del parqueadero externo



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Tabla 88
Resumen de cálculos hidráulicos del área: PARQUEADERO

CÁLCULOS HIDRÁULICOS HIDRANTES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODOS NFPA13, 14, 15															
FECHA		ÁREA: PARQUEADERO - HIDRANTE N° 1 NIVEL 1,5m													
Presión de operación lanza en psi		71.10	Q de lanza en lpm		190 lpm	SUPERFICIE TOTAL		m ²	ROCIADOR TIPO:						
Presión de operación lanza en bar		4.90	Q de lanza en gpm		50.20 m ²	AREA DE DISEÑO		m ²	Lanza chorro/niebla						
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS	CAUDAL (gpm)	DIAM. TUB. Pulg.	ACCESORIOS (m)			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)	RESISTENCIA A LA FRICCION psi	DESGLOSE DE PRESION	PRESION NORMAL	Coef K	VELOC m/s				
			uds	TIPO	Long. Equiv. Accesorios							TUBERIA	Pt	Pv	
01	H1	1.500	0	T	0	0	C= 120	Pt	71.10	Pt	71.10	85.0	2.78		
			0	C	0										0
			0	Va	0										
			0	Vc	0										
			TOTAL			0.00	0.1251	DP	Pf	0.0000	Ph	70.541			
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m) Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)															
CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES															
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES	CAUDAL (L/Min)	DIAM. TUB.	ACCESORIOS			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA	PERDIDA de CARGA bar/metro	DESGLOSE DE PRESION	PRESION NORMAL	Coef K	VELOC.				
			uds	TIPO	Long. Equiv. Accesorios							TUBERIA	Pt	Pv	
2	TRAMO H1-O	4.026	0	T	0	102.7	C= 120	Pt	71.10	Pt	71.209		0.39		
			2	C	1.8										0
			0	Va	0										
			0	Vc	0										
			TOTAL			106.3	0.0010	DP	Pf	0.109	Ph	71.198			
3	TRAMO O-J	4.026	0	T	0	184.1	C= 120	Pt	71.21	Pt	81.511		0.39		
			3	C	1.8										0
			0	Va	0										
			1	Vc	0.6										
			TOTAL			190.1	0.0010	DP	Pf	5.248	Ph	81.501			
4	TRAMO J-A	4.026	1	T	6.1	115.3	C= 120	Pt	81.51	Pt	97.649		0.39		
			4	C	1.8										0
			0	Va	0										
			2	Vc	0.6										
			TOTAL			129.8	0.0010	DP	Pf	8.135	Ph	97.638			
CAUDAL DE DEMANDA		L/min	GPM	m ³ HORA	PRESION MINIMA		PSI	BAR							
		190	50.2	11			97.65	6.7							

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

9.2. Cálculos hidráulicos para sistema de hidrantes para el área: DESPACHOS DE ALCOHOL.

Para esta área se ha dispuesto el uso de los HIDRANTES N° 3, 4, 5, Y 6.

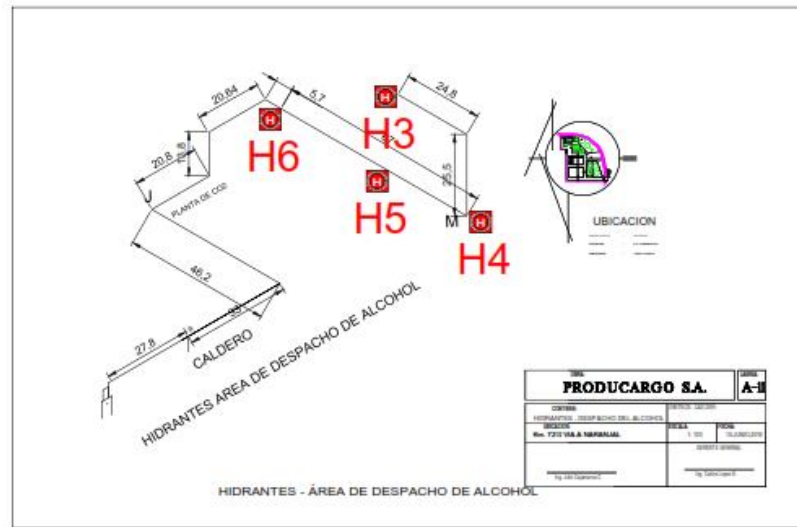
Tabla 89

Longitud equivalente: ÁREA: Despacho de alcohol (hidrantes N°3, 4, 5, y 6).

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS																		
ÁREA: DESPACHO DE ALCOHOL (HIDRANTES N°3, 4, 5, Y 6)																		
Rociador	TUBERÍA			Codos 45°		Codos 90°		Codos 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa		Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long. accesorios	
	Diámetro nominal	Diámetro interno		Longitud	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°			Long. (m)
		pulg	mm															
H3	1 1/2"	1.5	38	15												0	15	
H3-H4	4	4.026	102.3	50.3				2	1.8							3.6	53.9	
H4-H5	4	4.026	102.3	31.8												0	31.8	
H5-H6	4	4.026	102.3	35.2				1	1.8							1.8	37	
H6-J	4	4.026	102.3	44.7				3	1.8		1	0.6				6	50.7	
TRAMO J-A	4	4.026	102.3	115.3				4	1.8	1	6.1	2	0.6			14.5	129.8	
TOTALES				277.3	0	0	7.2	6.1	1.2		0	25.9	303.2					
Altura del tramo H6-J= 3,6m				Altura del tramo J-A= 5,7m				H se refiere a los hidrantes										

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

**Plano 11 Isométrico:
Sistema de hidrantes del área de despacho de alcohol.**



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Tabla 90

Resumen de cálculos hidráulicos del área: PARQUEADERO

CÁLCULOS HIDRÁULICOS HIDRANTES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODOS NFPA13, 14, 15												
FECHA		21/08/2016		ÁREA: DESPACHO DE ALCOHOL (HIDRANTE N° 3, 4, 5, y 6)								
Presión de operación lanza en psi		71.10		Q de lanza en lpm		190 lpm		SUPERFICIE TOTAL		m2		
Presión de operación lanza en bar		4.90		Q de lanza en gpm		50.20		AREA DE DISEÑO		m2		
ROCIADOR TIPO:		Lanza chorro/niebla										
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS	CAUDAL (gpm)	DIAM. TUB. Púg	ACCESORIOS (m)			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)	RESISTENCIA A LA FRICCIÓN psi		DESGLOSE DE PRESION	PRESION NORMAL	Coef K	VELOC m/sg
			uds	TIPO	Long. Equiv. Accesorios		C=	R				
01	HIDRANTE 3	1.500	0	T	0	TUBERIA A	15	120	71.1	71.10	85.0	2.78
			0	C	0	ACCES	0		0.55901			
			0	Va	0	TOTAL	15.00	0.1251	1.8771	70.541		
			Q=	50.20								
02	H3-H4	4.026	0	T	0	TUBERIA A	50.30	120	72.977	73.176	85.0	0.77
			2	C	1.8	ACCES	3.6		0.043			
			0	Va	0	TOTAL	53.90	0.0037	0.1991	73.133		
			Q=	100.57								
03	H4-H5	4.026	0	T	0	TUBERIA A	31.8	120	73.176	73.425	85.0	1.16
			0	C	0	ACCES	0		0.0975			
			0	Va	0	TOTAL	31.80	0.0078	0.2492	73.3279		
			Q=	151.02								
04	H5-H6	4.026	1	C	1.8	TUBERIA A	35.2	120	73.4254	73.920	85.0	1.55
			0	Va	0	ACCES	1.8		0.1736			
			0	Vc	0	TOTAL	37.00	0.0134	0.4945	73.7463		
			Q=	201.54								
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m) Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)												
CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES												
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES	CAUDAL (L/Min)	DIAM. TUB.	ACCESORIOS			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA	PERDIDA de CARGA bar/metro		DESGLOSE DE PRESION	PRESION NORMAL	Coef K	VELOC.
			uds	TIPO	Long. Equiv. Accesorios		C=	R				
5	TRAMO H6-J	4.026	0	T	0	TUBERIA A	44.7	120	73.920	89.760	85.0	1.55
			3	C	1.8	ACCES	6		7.58	0.17362		
			0	Va	0	TOTAL	50.70	0.0134	8.259	89.587		
			Q=	201.54								
6	TRAMO J-A	4.026	1	T	6.1	TUBERIA A	115.3	120	89.76	107.501	85.0	1.55
			4	C	1.8	ACCES	14.5		8.003	0.17362		
			0	Va	0	TOTAL	129.8	0.0134	9.737	107.327		
			Q=	201.54								
CAUDAL DE DEMANDA		L/min	GPM	m3 HORA	PRESION MINIMA		PSI	BAR				
		763	201.5	46			107.50	7.4				

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

9.3. Cálculos hidráulicos para sistema de hidrantes: DESTILERÍA.

Tabla 91
Longitud equivalente: ÁREA: DESPACHO DE DESTILERÍA

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS															Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long acce.	
Rociador	TUBERÍA			Codos 45°		Codos 90°		Codos 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa			
	Diámetro nominal	Diámetro interno		N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°			Long. (m)
	pulg	mm	Longitud														
H 14	1 1/2"	1.5	38	15												0	15
H14-P	2	2.067	52.5	10												0	10
TRAMO P-Q	4	4.026	102.3	5.3				1	1.8	1	6.1					7.9	13.2
H8	1 1/2"	1.5	38	15												0	15
H8-Q	4	4.026	102.3	30.4						1	6.1					6.1	36.5
H9	1 1/2"	1.5	38	15												0	15
H9 - Q	4	4.026	102.3	22.4				1	1.8	2	6.1					14	36.4
Q-H10	4	4.026	102.3	13												0	13
H10 - B	4	4.026	102.3	38.9												0	38.9
TRAMO B-A	4	4.026	102.3	36.1				4	1.8	1	6.1	2	0.6			14.5	50.6
TOTALES				186.1				0	0	5.4	24.4		0.6		0	42.5	228.6
Altura del tramo P-Q= 5,3 m				Altura del tramo B-A= 3,7m				H se refiere a los hidrantes									

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Plano 12 Isométrico:
Sistema de hidrantes del área de la destilería

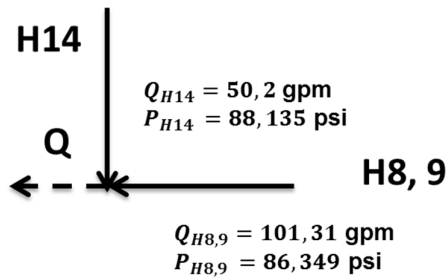


Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Los valores de presión y caudal calculados para los ramales respectivos del tramo comprendido con el hidrante H14, y el tramo comprendido por los hidrantes 8, y 9, existe una conexión hidráulica motivo por el que se debe calcular el valor del caudal final.

En este punto del área de operación existe una conexión hidráulica producido por la presencia del accesorio tipo T, se procederá a realizar los cálculos de los caudales totales mediante un ajuste en este punto.

Se deja igual el caudal Q_{H14} , y se procede a obtener un nuevo caudal $Q_{H8,9}$ mediante la fórmula:



$$\frac{Q_{H8,9}}{Q_{H14}} = \sqrt{\frac{P_{H8,9}}{P_{H14}}}$$

$$\frac{Q_{H8,9}}{50,20} = \sqrt{\frac{86,349}{88,135}}$$

$$Q_{H8,9} = 49,69 \text{ gpm}$$

Se deja igual el caudal de $Q_{H8,9}$, y se procede a obtener un nuevo caudal corregido de Q_{H14} mediante:

$$\frac{Q_{H14}}{Q_{H8,9}} = \sqrt{\frac{P_{H14}}{P_{H8,9}}}$$

$$\frac{Q_{H14}}{101,31} = \sqrt{\frac{88,135}{83,349}}$$

$$Q_{R1-R5} = 103,41 \text{ gpm}$$

Para calcular los caudales más grandes a cada nuevo caudal se le suma el caudal del tramo opuesto cuyo valor se deja igual:

$$Q_{H8,9} \text{ nuevo} + Q_{H14} \text{ anterior} = 49,69 + 50,20 = 99,89 \text{ gpm}$$

$$Q_{H14} \text{ nuevo} + Q_{H8,9} \text{ anterior} = 103,41 + 101,31 = 204,72 \text{ gpm}$$

Para continuar los cálculos se tomará en cuenta el caudal más grande obtenido 204,72 gpm.

Tabla 92

Resumen de cálculos hidráulicos del área: DESTILERÍA

CÁLCULOS HIDRÁULICOS HIDRANTES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODOS NFPA13, 14, 15															
FECHA		21/08/2016		ÁREA: DESTILERÍA (HIDRANTE N° 8, 9, 10, y 14)											
Presión de operación lanza en psi		71.10		Q de lanza en lpm		190 lpm		SUPERFICIE TOTAL		m ²		ROCIADOR TIPO:			
Presión de operación lanza en bar		4.90		Q de lanza en gpm		50.20 m ²		AREA DE DISEÑO		m ²		Lanza chorro/niebla			
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS	CAUDAL (gpm)	DIAM TUB. Pulg	ACCESORIOS (m)			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)	RESISTENCIA A LA FRICCIÓN psi	DESGLASE DE PRESION	PRESION NORMAL	Coef K	VELOC m/sg				
			uds	TIPO	Long. Equiv. Acces.										
01	HIDRANTE 14	q= 0	1.500	0	T	0	15	C= 120	Ph	71.10	Pt	71.10	85.0	2.78	
				0	C	0									ACCES
				0	Va	0									
				0	Vc	0										TOTAL
02	H14-P	q= 0.00	2.067	0	T	0	10.00	C= 120	Ph	72.977	Pt	73.240	0.0	1.46	
				0	C	0									ACCES
				0	Va	0									
				0	Vc	0										TOTAL
03	P-Q	q= 0.00	4.026	1	T	6.1	5.3	C= 120	Ph	73.240	Pt	88.135	0.0	0.39	
				1	C	1.8									ACCES
				0	Va	0									
				0	Vc	0										TOTAL
04	HIDRANTE 8	q= 0.00	1.500	0	T	0	15	C= 120	Ph	71.100	Pt	72.977	85.0	2.78	
				0	C	0									ACCES
				0	Va	0									
				0	Vc	0										TOTAL
05	H8-Q	q= 0.00	4.026	1	T	6.1	30.4	C= 120	Ph	72.977	Pt	77.226	0.0	0.39	
				0	C	0									ACCES
				0	Va	0									
				0	Vc	0										TOTAL
06	HIDRANTE 9	q= 51.11	1.500	0	T	0	15	C= 120	Ph	75.120	Pt	82.001	85.0	5.61	
				0	C	0									ACCES
				0	Va	0									
				0	Vc	0										TOTAL
07	H9-Q	q= 0.00	4.026	2	T	6.1	22.4	C= 120	Ph	82.001	Pt	86.349	0.0	0.78	
				1	C	1.8									ACCES
				0	Va	0									
				0	Vc	0										TOTAL
08	Q - H10	q= 0.00	4.026	0	T	0	13	C= 120	Ph	88.135	Pt	88.314	0.0	1.57	
				0	C	0									ACCES
				0	Va	0									
				0	Vc	0										TOTAL
09	H10 - B	q= 55.41	4.026	0	T	0	38.9	C= 120	Ph	88.314	Pt	89.148	85.0	2.00	
				0	C	0									ACCES
				0	Va	0									
				0	Vc	0										TOTAL
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m) Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)															
CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES															
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES	CAUDAL (L/Min)	DIAM TUB.	ACCESORIOS			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA	PERDIDA DE CARGA bar/metro	DESGLASE DE PRESION	PRESION NORMAL	Coef K	VELOC.				
			uds	TIPO	Long. Equiv. Acces.										
10	TRAMO B-A	q= 0	4.026	1	T	6.1	36.1	C= 120	Ph	89.15	Pt	106.238		2.00	
				4	C	1.8									ACCES
				0	Va	0									
				2	Vc	0.6										TOTAL
CAUDAL DE DEMANDA		L/min	GPM	m3 HORA	PRESION MINIMA				PSI	BAR					
		985	260.1	59					106.24	7.3					

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

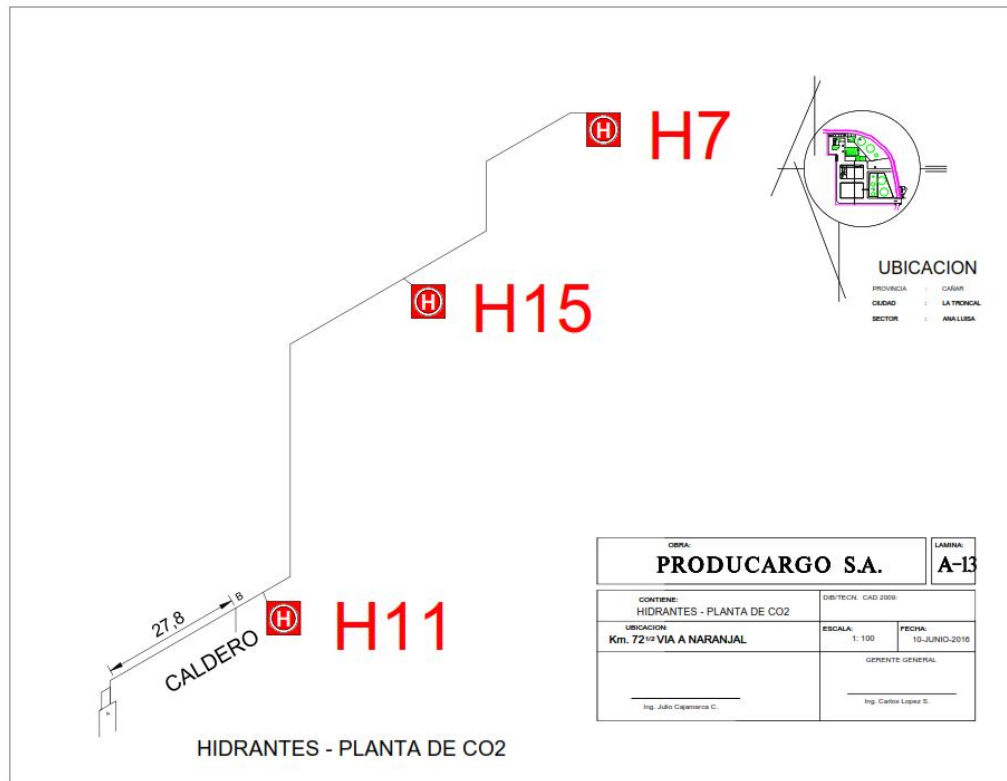
9.4. Cálculos hidráulicos para sistema de hidrantes para el área:
RECUPERADORA DE CO2.

Tabla 93 Longitud equivalente: ÁREA: DESPACHO DE DESTILERÍA

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS																		
ÁREA: RECUPERADORA DE CO2 (HIDRANTES N° 7 Y 15)																		
Rociador	TUBERÍA			Codós 45°		Codós 90°		Codós 90° largo		Te		Válvula de compuerta		Válvula de mariposa		Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long acce.	
	Diámetro nominal	Diámetro interno		Longitud	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°			Long. (m)
		pulg	mm															
H 7	1 1/2"	1.5	38	15												0	15	
H7-H15	4	4.026	102.3	45.7	2	1.2			1	1.8						4.2	49.9	
H15-B	4	4.026	102.3	84.7					1	1.8	1	6.1	1	0.6		8.5	93.2	
TRAMO B-A	4	4.026	102.3	36.1					4	1.8	1	6.1	2	0.6		14.5	50.6	
TOTALES				166.5		1.2		0		5.4		12.2		1.2		0	27.2	193.7
Altura del tramo H7-H15 = 1,5 m				Altura del tramo B-A= 3,7m				H se refiere a los hidrantes										

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Plano 13 Isométrico:
Sistema de hidrantes del área de la destilería



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Tabla 94
Resumen de cálculos hidráulicos del área: DESTILERÍA

CÁLCULOS HIDRÁULICOS HIDRANTES PRODUCARGO S.A. SEGÚN MÉTODOS NFPA13, 14, 15																	
FECHA		21/08/2016		ÁREA: RECUPERADORA DE CO2 (HIDRANTE N° 7 y 15)													
Presión de operación lanza en psi		71.10		Q de lanza en lpm		190 lpm		SUPERFICIE TOTAL		m ²		ROCIADOR TIPO:					
Presión de operación lanza en bar		4.90		Q de lanza en gpm		50.20 m ²		AREA DE DISEÑO		m ²		Lanza chorro/niebla					
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS	CAUDAL (gpm)	DIAM. TUB. Pulg.	ACCESORIOS (m)			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)	RESISTENCIA A LA FRICCION psi	DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL	Coef K	VELOC m/sg					
			uds	TIPO	Long. Equiv. Acces.			Pt	Pv								
01	HIDRANTE 7	1.500	0	T	0	TUBERIA	C= 120	Pt	71.1	Pt	71.10	85.0	2.78				
			0	C	0	A								15	Ph	Pv	0.55901
			0	Va	0	ACCES								0			
Q=		50.20	0	Vc	0	TOTAL	15.00	0.1251	DP	Pt	1.8771	Ph	70.541				
02	H7 - H15	4.026	0	T	0	TUBERIA	C= 120	Pt	72.977	Pt	77.240	0.0	0.39				
			2	C	1.2	A								45.70	Ph	Pv	0.011
			1	Va	1.8	ACCES								4.2			
Q=		50.20	0	Vc	0	TOTAL	49.90	0.0010	DP	Pt	2.1569	Ph	77.229				
03	H15-B	4.026	1	T	6.1	TUBERIA	C= 120	Pt	75.134	Pt	75.483	85.0	0.78				
			1	C	1.8	A								84.7	Ph	Pv	0.0439
			0	Va	0	ACCES								8.5			
Q=		101.31	1	Vc	0.6	TOTAL	93.20	0.0037	DP	Pt	0.3490	Ph	75.4391				
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m) Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)																	
CÁLCULO HIDRÁULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES																	
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES	CAUDAL (L/Mn)	DIAM. TUB.	ACCESORIOS			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA	PERDIDA de CARGA bar/metro	DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL	Coef K	VELOC.					
			uds	TIPO	Long. Equiv. Acces.			Pt	Pv								
10	TRAMO B-A	4.026	1	T	6.1	LONG. TUBERIA	C= 120	Pt	75.48	Pt	86.062	85.0	0.78				
			4	C	1.8	A								36.1	Ph	Pv	0.04387
			0	Va	0	ACCES								14.5			
Q=		101.31	2	Vc	0.6	TOTAL	50.6	0.0037	DP	Pt	5.384	Ph	86.018				
CAUDAL DE DEMANDA		L/min	GPM	m ³ HORA	PRESION MINIMA			PSI	BAR								
		383	101.3	23				86.06	5.9								

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

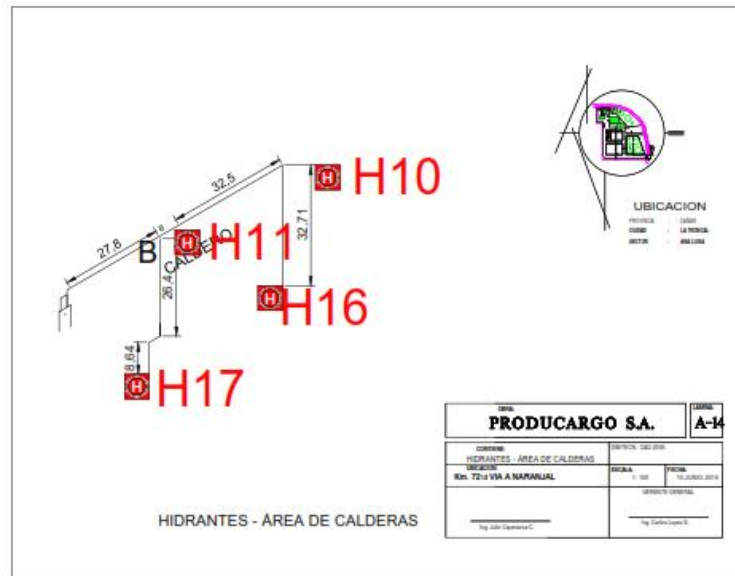
9.5. Cálculos hidráulicos para sistema de hidrantes para el área: CALDEROS (HIDRANTES 11, 16, Y 17).

Tabla 95
Longitud equivalente: ÁREA: CALDERO

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS																		
ÁREA: CALDEROS (HIDRANTES N° 11, 16, Y 17)																		
Rociador	TUBERÍA			Codos 45°		Codos 90°		Codos 90° largo		Te	Válvula de compuerta		Válvula de mariposa		Longitud equivalente (m)	Total Longitud Lt = Ltub + Long acc.		
	Diámetro nominal	Diámetro interno		N°	Long. (m)	N°	Long. (m)	N°	Long. (m)		N°	Long. (m)	N°	Long. (m)			N°	Long. (m)
		pulg	mm																Longitud
H16	1 1/2"	1.5	38	15											0	15		
H16-H11	4	4.026	102.3	65.2				1	1.8						1.8	67		
H11-B	4	4.026	102.3	6.27						1	6.1	1	0.6		6.7	12.97		
H17	1 1/2"	1.5	38	15											0	15		
H17-B	4	4.026	102.3	38.4				2	1.8	1	6.1				9.7	48.1		
TRAMO B-A	4	4.026	102.3	36.1				4	1.8	1	6.1	2	0.6		14.5	50.6		
TOTALES				161.0		0	0	5.4	18.3		1.2		0	32.7	193.67			
Altura del tramo H16-H11 = 5,7 m				Altura del tramo H17-B= 1,5 m				H se refiere a los hidrantes										
Altura del tramo B-A = 5,7 m																		

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

**Plano 14 Isométrico:
Sistema de hidrantes del área de la destilería.**



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

**Tabla 96
Resumen de cálculos hidráulicos del área: CALDERO.**

CALCULOS HIDRAULICOS HIDRANTES PRODUCARGO S.A. SEGUN NFPA13, 14, 15														
FECHA		22/06/2016		ÁREA: CALDERO (HIDRANTE N° 11, 16, y 17)										
Presión de operación lanza en psi		71.10		Q de lanza en lpm		190 lpm		SUPERFICIE TOTAL		m2		ROCIADOR TIPO:		
Presión de operación lanza en bar		4.90		Q de lanza en gpm		50.20 m2		AREA DE DISEÑO		m2		Lanza chorro/niebla		
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LAS BOQUILLAS	CAUDAL (gpm)	DIAM TUB. Pulg	ACCESORIOS (m)			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA (m)	RESISTENCIA A LA FRICCION psi	DESGLOSE DE PRESION	PRESION NORMAL	Coef K	VELOC m/s			
			uds	TIPO	Long. Equiv. Accesor.									
01	HIDRANTE 16	1.500	0	T	0	TUBERIA A	15	C= 120	Ph	71.1	Pt	71.10	85.0	2.78
			0	C	0	ACCES	0	0.56901	Pv	0.56901				
			0	Va	0	TOTAL	15.00	0.1251	DP	Ph	70.541			
			0	Vc	0	TOTAL	15.00	0.1251	DP	Pt	71.100			
02	H16-H11	4.026	0	T	0	TUBERIA A	65.20	C= 120	Ph	72.977	Pt	89.051	0.0	0.39
			0	C	1.8	ACCES	1.8	8.00	Pv	0.011				
			0	Va	0	TOTAL	67.00	0.0010	DP	Ph	89.040			
			0	Vc	0	TOTAL	67.00	0.0010	DP	Pt	81.098			
03	H11-B	4.026	1	T	6.1	TUBERIA A	6.27	C= 120	Ph	81.048	Pt	81.098	85.0	0.79
			0	C	0	ACCES	6.7	0.00	Pv	0.0456				
			1	Vc	0.6	TOTAL	12.97	0.0039	DP	Ph	81.0529			
			0	Va	0	TOTAL	12.97	0.0039	DP	Pt	71.100			
04	HIDRANTE 17	1.500	0	T	0	TUBERIA A	15	C= 120	Ph	71.100	Pt	71.100	85.0	2.78
			0	C	0	ACCES	0	0.5590	Pv	0.5590				
			0	Va	0	TOTAL	15.00	0.1251	DP	Ph	70.541			
			0	Vc	0	TOTAL	15.00	0.1251	DP	Pt	71.100			
05	H17-B	4.026	1	T	6.1	TUBERIA A	38.4	C= 120	Ph	72.977	Pt	77.238	0.0	0.39
			2	C	1.8	ACCES	9.7	2.11	Pv	0.0108				
			0	Va	0	TOTAL	48.10	0.0010	DP	Ph	77.2273			
			0	Vc	0	TOTAL	48.10	0.0010	DP	Pt	71.100			
Tubería de 2": Diámetro interno real = 2,157" (0,0548m) Tubería de 4": Diámetro interno real = 4,026" (0,1023m)														
CÁLCULO HIDRAULICOS DE LOS TRAMOS COMUNES														
IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES	CAUDAL (L/Min)	DIAM TUB.	ACCESORIOS			LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA.	PERDIDA de CARGA bar/metro	DESGLOSE DE PRESION	PRESION NORMAL	Coef K	VELOC.			
			uds	TIPO	Long. Equiv. Accesor.									
6	TRAMO B-A	4.026	1	T	6.1	LONG. TUBERIA A	36.1	C= 120	Ph	81.10	Pt	97.666	1.40	
			4	C	1.8	ACCES	14.5	8.003	Pv	0.14227				
			0	Va	0	TOTAL	50.6	0.0111	DP	Ph	97.523			
			0	Vc	0.6	TOTAL	50.6	0.0111	DP	Pt	97.523			
CAUDAL DE DEMANDA		L/min	GPM	m3 HORA	PRESION MINIMA		PSI	BAR						
		691	182.4	41			97.67	6.7						

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

10. CÁLCULOS PARA LA ELECCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO

10.1. Resumen de los cálculos hidráulicos.

A continuación se presenta el cuadro de resumen con los datos obtenidos en los cálculos anteriores.

Tabla 97

Resumen de cálculos hidráulicos para la selección del sistema de bombeo

N°	ÁREA	Sistema	NIVEL DEL ÁREA m	CAUDAL NECESARIO			PRESIÓN		Altura Dinámica m.c.a.
				L/min	GPM	m ³ hora	PSI	BAR	
1	Destilería	Rociador	22	2410	636.7	145	105.38	7.3	74.08
2	Destilería	Rociador	14	2410	636.7	145	82.02	5.7	57.66
3	Destilería	Rociador	7	2410	636.7	145	61.58	4.2	43.29
4	Producción diaria	Rociador	7	2255	595.9	135	93.19	6.4	65.51
5	Caldero	Rociador	5.7	2199	581.1	132	59.45	4.1	41.79
6	Turbina	Rociador	8	1832	484.1	110	43.26	3	30.41
7	Tanque # 2	Boquilla	10.5	878	231.9	53	74.67	5.1	52.49
8	Tanque # 1	Boquilla	10.5	878	231.9	53	74.09	5.1	52.09
9	Tanque # 7	Boquilla	7.5	685	180.9	41	58.14	4	40.87
10	Parqueadero	Hidrante	1.5	190	50.2	11	97.67	6.7	68.66
11	Despacho alcohol	Hidrante	1.5	763	201.5	46	107.5	7.4	75.57
12	Destilería	Hidrante	9	985	260.1	59	106.24	7.3	74.69
13	Recuperadora CO2	Hidrante	1.5	383	101.3	23	86.06	5.9	60.50
14	Caldero	Hidrante	1.5	691	182.4	41	97.67	6.7	68.66

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

A partir de estos datos el área de la destilería es la que presenta mayores requerimientos de presión y caudal para el sistema de bombeo.

10.2. Potencia teórica del motor (Suay, 2010, pág. 169).

$$P_t = \rho * g * Q * h_b$$

- P_t = Potencia teórica del motor (en Vatios W)
- ρ = Densidad del agua 1.000 Kg/m³
- g = Aceleración de la gravedad 9,81 $\frac{m}{s^2}$
- Q = Caudal máximo de operación $\frac{m^3}{s}$
- h_b = Altura dinámica del motor en metros de columna de agua m. c. a.

Consideraciones: se toma para el efecto el área más crítica de acuerdo a los valores obtenidos. En caso de emergencia en la destilería se haría que actúe los rociadores ubicados en el nivel 22 y el sistema de hidrantes que cubriría esta área.

- a) El sistema de rociadores diseñados en el nivel 3 ubicado a 22 metros de altura es el área más crítica, y.
- b) El sistema de hidrante en el área de destilería.

Siendo los valores para el cálculo del motor:

$$Q = \left(145 \frac{m^3}{h} + 59 \frac{m^3}{h}\right) * \frac{1h}{3.600s} = 0,0567 \frac{m^3}{s}$$

$$h_b = 105,38 \text{ psi} * \frac{0.703 \text{ m. c. a.}}{1 \text{ psi}} = 74,08 \text{ m. c. a.}$$

$$P_t = 1000 * 9,81 * 0,0567 * 74,08 = 41.181,07 W * \frac{0,00134102 hp}{1 W} = 55,23hp$$

10.3. Potencia real del motor (Suay, 2010, pág. 173)

$$n (\% \text{ rendimiento}) = \frac{P_t}{P_{real}}$$

Se considera el rendimiento del motor del 85%, se procede a calcular la Presión real.

$$P_{real} = \frac{P_t}{n} = \frac{55,23}{0,85} = 64,98 hp$$

10.4. Selección del motor y bomba

Según el catálogo del motor de marca "MARATON ELECTRIC", para un sistema donde se requiera una potencia de 55,23 hp, el modelo adecuado es: 364TSTDS4001.

Tabla 98

Selección del motor de marca GENERAL PURPOSE

HP	RPM	VOLTS	FRAME	OVER LOAD	CAT. NO.	MODEL NO.	LIST PRICE	MULT. SYMBL.	NOM. EFF.	F.L. AMPS	APPROX. WIGHT. LBS.
75	3600	230/460	364TS	NONE	E714*	364TSTDS4001	\$4,478	E2	93.0	183/91.5	710
	1800	230/460	365T	NONE	E740*	365TTDC4036	\$4,058	E2	94.1	176/88.0	820
	1800	230/460	365TS	NONE	E782*	365TSTDC4026	\$4,058	E2	94.1	176/88.0	779
	1800	575	365T	NONE	E767	365TTDS4041	\$4,058	E2	94.1	71.0	730
	1200	230/460	405T	NONE	E749	405TTDS4086	\$6,737	E2	93.6	176/88.0	1033

Fuente: Catálogo del fabricante, pág. 34

Para la selección de la bomba: la presión es 106,24 psi y el caudal de 897 gpm.

Tabla 99

Selección de la bomba de marca GENERAL PURPOSE

AURORA FIRE PUMPS				
MAXIMUM ALLOWABLE WORKING PRESSURE				
Section 910 Page 73				
Date June 2007				
Supersedes Section 910 Page 73				
Dated February 1, 2005				
RATED CAPACITY G.P.M.	AP MODEL DESIGNATIONS	RATED HEAD PRESSURE RANGE P.S.I.	APPROXIMATE SPEED R.P.M.	MAXIMUM ALLOWABLE WORKING PRESSURE P.S.I.
1000	5-483-17	90-125	1770	210
1000	5-491-14A	75-125	2100	396
1000	5-491-18A	110-240	2300	345
1000	5-491-18A	85-135	1750	345
1000	5-491-18A	90-200	2100	345
1000	5-492-10	85-120	2950/3000	436
1000	6-481-11	40-50	1750/1770	200
1000	6-481-11HH	69-115	2600	500
1250	4-491-14C	118-147	2300	396
1250	4-491-14C	155-230	2500	396
1250	4-491-14C	64-84	1750/1770	396
1250	4-491-14C	94-121	2100	396
1250	5-491-18A	119-134	1750/1770	345
1250	5-491-18A	119-193	2100	345
1250	6-481-11HH	96-110	2600	500
1250	6-481-11HH	98-151	2950/3000	500
1250	6-481-11HH	111-182	3300	500
1250	6-481-11HH	132-216	3550/3560	500
1250	6-481-14HH	94-130	2100	500
1250	6-481-14HH	87-156	2300	500
1250	6-481-14HH	122-301	2600	500
1250	6-481-14HH	110-287	2950/3000	500
1250	6-481-14HH	122-247	3300	500
1250	6-481-14HH	145-287	3550/3560	500
1250	6-481-15	55-96	1750/1770	230
1250	6-483-15	55-96	1770	230
1250	6-481-18B	100-140	1750/1770	225
1250	6-483-18B	100-140	1770	225
1250	6-481-18B/DI	100-140	1750/1770	450
1250	6-481-18C	78-105	1750/1770	325

Fuente: Catálogo del fabricante, pág. 73

El modelo de la bomba centrífuga más adecuada es: 6-481-14HH, siendo sus características: La capacidad máxima de bombeo 1250 gpm, y la presión máxima de trabajo es de 500 psi.

10.5. Sistema actual contra incendio.

El sistema actual está compuesto de:

10.5.1. Motor:

El motor eléctrico es de mayor capacidad que el calculado, sus datos son:

- Marca: MARATHON ELECTRIC.
- Part. N°: 950 – 3691 – 940
- Modelo: 7VJ182TTDR7602 DR L
- HP= 100
- Volts: 230/460
- RPM= 3550.

Ilustración 14

Sistema de la red contra incendio



Ilustración 15

Tablero de control de la red contra incendio



10.5.2. Bomba:

La bomba actual instalada es de marca PENTAIR PUMP GROUP – AURORA, es de menor capacidad (500gpm) que la cantidad de caudal mínimo necesario calculado (897 gpm), sus datos son:

- Modelo: 218847
- Tipo: 481 FP
- RPM= 3580
- Presión máxima = 162.5 psi

10.5.3. Bomba jockey (es un sistema compacto compuesto de la bomba y motor)

- Marca: MARATHON ELECTRIC
- Modelo: 7VJ182 TTDR7602 DRL
- HP del motor = 5
- RPM = 3450
- H05935BF 00-218849

Presión máxima de trabajo de la bomba = 125 psi

Ilustración 16
Bomba JOCKEY



Ilustración 17
Tablero de control de la bomba JOCKEY



El objetivo de la bomba Jockey es mantener la presión del sistema constante.

10.6. Suministro de agua

En el caso de un incendio se debe garantizar el suministro de agua al sistema por el lapso de 60 minutos, de acuerdo a lo establecido en la (NFPA 30, 2013, págs. 5-3.5.5).

Para el cumplimiento del suministro de agua el volumen en caso de emergencia deberá ser de: $890 \text{ gpm} \times 60 \text{ min/hora} = 53.400 \text{ galones/hora}$

El sistema contra incendio puede tomar agua desde:

- a) Canal perimetral, la bomba contra incendio puede succionar agua desde este canal a través de una tubería de 6 pulgadas instalada, en cuyo extremo posee un filtro y una válvula check vertical.

Este canal transporta agua para el proceso de fabricación de azúcar en el Ingenio.

La cantidad de agua acumulada en el canal se calcula de la siguiente manera:

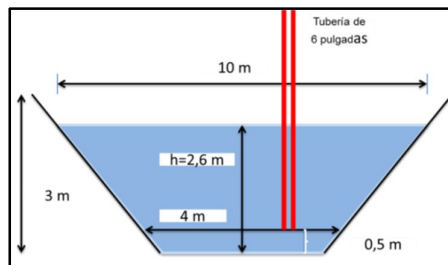
$$V_{canal} = \frac{1}{2} (Base\ mayor + Base\ menor) * h * L$$

h = altura

L = longitud del canal = 120 metros

$$V_{canal} = \frac{1}{2} (10 + 4) * 2,1 * 120 = 1.764\ m^3 = 466.050\ galones$$

Ilustración 18
Sección del canal perimetral



La reposición de agua es constante.

- b) En la empresa existen dos pozos profundos que se pueden conectar al sistema de alimentación de agua a la bomba contra incendio.

Las características de estas bombas de inmersión utilizadas en estos pozos son:

Motor de marca US MOTORS

HP = 125

RPM = 1775

V = 460

Bomba de marca NATIONAL PUMP COMPANY

Modelo K12HC

Head = 200pies.

GPM = 1500 gpm

Ilustración 19
Bomba de Inmersión



10.7. Suministro de energía

El sistema contra incendio utiliza energía eléctrica del generador eléctrico CATERPILLAR.

En el caso de existir un incendio dependiendo del lugar y magnitud se procederá a quitar la energía eléctrica en la planta, prendiendo el grupo eléctrico únicamente para la red.

Las bombas de inmersión no se encuentran conectadas al grupo CATERPILLAR, se deberá hacer estas instalaciones para garantizar el adecuado suministro de energía eléctrica al sistema.

Los datos del generador son:

- Marca: CATERPILLAR
- KVA = 906
- Kw = 725
- HP = 972
- $\cos \alpha = 0.8$
- V = 480

Ilustración 20

Generador eléctrico CATERPILLAR



11. PLAN DE EMERGENCIA

11.1. Objetivos

- Establecer planes de control y respuesta.
- Determinar las responsabilidades y funciones de cada trabajador de la empresa.
- Evitar daños a las personas, las instalaciones y al medioambiente.

11.2. Alcance.

El presente plan es válido para todas las instalaciones de PRODUCARGO S.A.

11.3. Definición

Plan de emergencia.

El plan de emergencia es el conjunto de actividades previstas para implementar y desarrollar los métodos necesarios para tener una respuesta rápida y efectiva en caso de emergencias.

Emergencia.

Es todo suceso imprevisto e inoportuno que puede causar un daño o impacto a las personas, instalaciones, o al medio ambiente. Si la situación resulta incontrolable se llamará a los organismos externos de ayuda, si la situación es un conato de emergencia, se controlará con las brigadas de la empresa.

Riesgo.

Es la posibilidad de que ocurra un daño o la muerte de las personas, un daño o impacto a las instalaciones y al medio ambiente.

Brigadas de Emergencias (BE):

Están formadas por los trabajadores de la empresa, y son capacitados en dar la primera respuesta ante una emergencia, o hasta que los organismos de ayuda externa lleguen. Serán los responsables de la evacuación y la ayuda inmediata al personal que lo requiera.

Equipos de Segunda Intervención (ESI).

Son los organismos de ayuda externa.

Punto de Encuentro (PE):

Son aquellos puntos seguros dentro o fuera de la empresa que permiten al personal estar alejados de la emergencia.

11.4. Identificación de riesgos.

En la identificación de riesgos se utiliza el método de cálculo de probabilidades, y el método de GRETENER. Los factores de riesgo que pueden afectar a la empresa se resumen en:

Tabla 100

Clasificación de los riesgos



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

11.5. Evaluación del nivel de riesgo por el método cálculo de probabilidades.

Tabla 101
Matriz de riesgo por el método de: Cálculo de Probabilidades

		IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS						Código:		Versión:		
MÉTODO : CÁLCULO DE PROBABILIDADES												
	AMENAZAS	Probabilidad			Consecuencias			Estimación del Riesgo				
		B BAJA	M MEDIA	A ALTA	LD Ligeramente dañino	D DAÑINO	ED Extrema damente dañino	T Trivial	TO Tolerable	M Moderado	I Importante	IN Intolerable
1	INCENDIO		1				1	0	0	0	1	0
2	EXPLOSIÓN		1				1	0	0	0	1	0
3	TERREMOTO		1				1	0	0	0	1	0
4	SISMOS			1	1			0	0	1	0	0
5	TORMENTAS		1		1			0	1	0	0	0
6	ERUPCIONES VOLCÁNICAS	1				1		0	1	0	0	0
7	INUNDACION		1		1			0	1	0	0	0
8	FUGA DE AMONIACO	1			1			1	0	0	0	0
9	FUGA DE GLP	1			1			1	0	0	0	0
10	FUGA DE CO2		1			1		0	0	1	0	0
11	DERRAME DE HIDROCARBUROS	1						0	0	0	0	0
12	DERRAME DE ALCOHOL	1			1			1	0	0	0	0
13	DERRAME DE ACEITES	1			1			1	0	0	0	0
14	DERRAME DE ÁCIDOS Y BASES	1				1		0	1	0	0	0
15	DERRAME DE PRODUCTOS LABORATORIOS	1			1			1	0	0	0	0

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Para la evaluación por este método se determina los tipos de riesgos que se puedan originar, se analiza la probabilidad de que estos riesgos se materialicen y la severidad o consecuencias que generen.

La valoración de la matriz es en base a la siguiente tabla.

Tabla 102
Valoración de la severidad del daño

		SEVERIDAD DEL DAÑO (CONSECUENCIAS)		
		Ligeramente dañino LD	Dañino D	Extremadamente dañino ED
Probabilidad de que el daño ocurra	Baja B	TRIVIAL T	TOLERABLE TO	MODERADO MO
	Media M	TOLERABLE TO	MODERADO MO	IMPORTANTE I
	Alta A	MODERADO MO	IMPORTANTE I	INTOLERABLE IN

- **Trivial:**
No requiere de acciones para su control.
- **Tolerable:**
Se debe adoptar medidas preventivas para actuar frente al riesgo o daño, deben existir controles periódicos.
- **Moderado:**
Se debe planificar acciones para reducir el nivel de riesgo.
- **Importante:**
Se requiere implementar medidas físicas y preparación del personal para actuar frente al riesgo.
En el caso de la materialización del riesgo se debe eliminar cualquier actividad propia de la empresa, hasta cuando el nivel de riesgo disminuya o desaparezca.
- **Intolerable:**
Se interrumpe toda actividad.
En caso de desastres naturales el personal deberá abandonar las instalaciones.
Para continuar con las labores se evaluará la situación.

11.6. Control de los riesgos

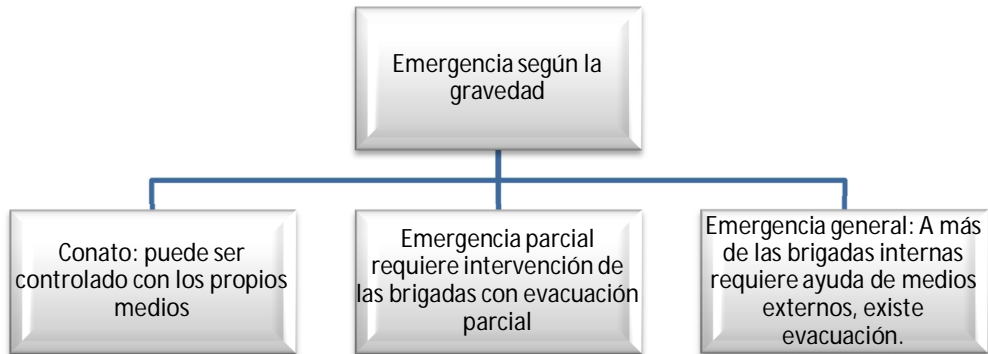
Una vez valorado el riesgo, se deberá establecer procedimientos y controles que minimicen los riesgos identificados.

Se implementaran medidas físicas, y mecanismos de respuesta ante las emergencias

11.7. Clasificación de las emergencias.

Las emergencias se clasifican en:

Tabla 103
Clasificación de las emergencias



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

11.8. Materiales peligrosos – hojas de seguridad

Tabla 104
Matriz de hojas de seguridad (MSDS)

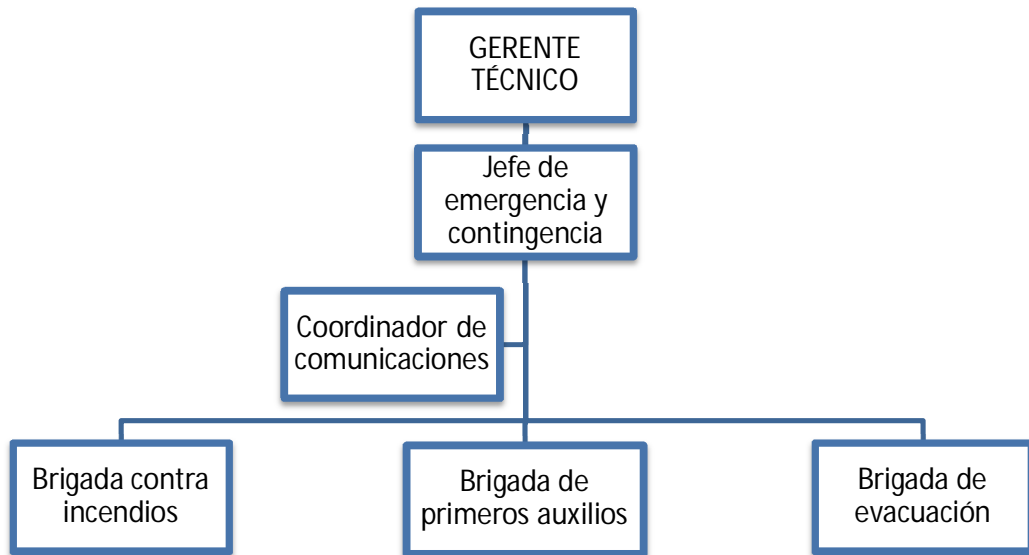
			MATRIZ DE LAS HOJAS DE SEGURIDAD												ESP GAB 06 VER 16/05/03				
OBJETIVO: Listar las hojas de los productos químicos existentes RESPONSABLE: JEFE DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE META: Informar al personal de los riesgos existente en la empresa			VALOR SALUD				INFLAMABILIDAD				REACTIVIDAD				RIESGO ESPECIFICO	OBSERVACIONES			
N°	NOMBRE DEL PRODUCTO	RESPONSABLE	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4		
1	ACEITE CAPELLA 68	MANTENIMIENTO	█					█	█					█				---	Contamina suelo, agua
2	ACEITE MEROPA	MANTENIMIENTO	█					█	█					█				---	Contamina suelo, agua
3	ACEITE MULTIGEAR 80 W 90	MANTENIMIENTO	█					█	█					█				---	Contamina suelo, agua
4	ACEITE RANDO HD 68	MANTENIMIENTO	█					█	█					█				---	Contamina suelo, agua
5	ACEITE REGAL OIL	MANTENIMIENTO	█					█	█					█				---	Contamina suelo, agua
6	ACEITE SAE 10	MANTENIMIENTO	█					█	█					█				---	Contamina suelo, agua
7	ACEITE URSA LA-3	MANTENIMIENTO	█					█	█					█				---	Contamina suelo, agua
8	ACEITE URSA PREMIUM TDX	MANTENIMIENTO	█					█	█					█				---	Contamina suelo, agua
9	ACETALDEHIDO	LABORATORIO			█							█				█		Usar EPP	Puede causar inc. instantáneos
10	Acido clorhídrico	LABORATORIO			█			█						█				CORROSIVO	No utilice agua en caso incendio
11	Acido fórmico	FERMENTACIÓN			█				█									CORROSIVO	No utilice agua en caso incendio
12	Acido sulfúrico	FERMENTACIÓN			█											█		CORROSIVO	No utilice agua en caso incendio
13	Aire comprimido gas	LABORATORIO	█					█						█				NINGUNO	NINGUNA
14	Aire extra puro	LABORATORIO	█					█										NINGUNO	NINGUNA
15	ALCOHOL ISOAMILICO	LABORATORIO			█					█								---	No utilice agua en caso incendio
16	Alumina.	LABORATORIO	█					█										NINGUNO	NINGUNA
17	Atlas Copco Cop Oil 1.0	MANTENIMIENTO	█					█										---	Contamina suelo, agua
18	Carbón activado	CO2		█						█								NINGUNO	Mantener alejado de focos ignición
19	Carbonato de sodio	LABORATORIO			█			█										NINGUNO	NINGUNA
20	Clavus 68	MANTENIMIENTO	█					█	█					█				---	Contamina suelo, agua
21	DC posca 6324 A	CALDERO	█					█										NINGUNO	NINGUNA
22	DC POSCA 6656 U	CALDERO			█													CORROSIVO	No utilice agua en caso incendio
23	DC-51	CALDERO			█					█								---	UTILICE EQUIPO PROTECCION
24	DIESEL	BODEGA		█						█								---	No utilice agua en caso incendio
25	Fosfato Monoamónico	BODEGA	█					█						█				NINGUNO	NINGUNA

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

11.9. Brigadas de emergencia.

a) Orgánico Funcional de la brigada contra emergencias.

Tabla 105
Orgánico funcional de la brigada



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

b) Integrantes de las Brigadas.

- **Jefe de Emergencias y Contingencias:** estará a cargo del Jefe de Seguridad y Ambiente.
- **Coordinador de Comunicaciones:** Estará a cargo del Jefe de brigada, y en su ausencia el personal de guardiana.

c) Brigadas contra incendios.

Estará conformado mínimo por 20 personas, que recibirán capacitación constante para todo tipo de emergencia:

- Primeros auxilios.
- Contra incendios.
- Derrames,
- Evacuación.
- Inundaciones

11.10. Funciones de los integrantes de las brigadas.

a) Gerente.

Antes.

- Conocer los planes de emergencia y su planificación.
- Asistir a las capacitaciones pertinentes.
- Brindar los recursos y responsabilidad para la implementación del plan de Emergencias.

Durante.

- Coordinar las acciones con los brigadistas, y mantener constante comunicación con el Jefe de Brigadistas.

Después.

- Proveer los recursos financieros para implementar las medidas de contingencias.
- Brindar las declaraciones a los medios de comunicación, de ser el caso.

b) Jefe de Emergencia.

Antes.

- Colaborar en la programación de simulacros.
- Vigilar por el buen estado de los equipos y sistemas de control.
- Capacitar al personal de la empresa.

Durante

- Coordinar con los organismos de socorro externos (ESI), las acciones a ejecutarse.
- Disponer las acciones a seguir con el Coordinador de Comunicaciones, Brigadas de Incendio, Primeros Auxilios y Evacuación

Después

- Autorizar el ingreso del personal a las instalaciones si el nivel de seguridad lo permite.

c) Coordinador de brigada contra incendios.

Antes

- Verificar el buen estado de los equipos y sistemas de control.

- Periódicamente planificar con el Jefe de Seguridad y ambiente las capacitaciones y simulacros.
- Difundir el plan de emergencias.

Durante

- Constituirse en el primer organismo de socorro en caso de emergencia.
- En caso de que la situación amerite cortar el suministro eléctrico.
- Evaluar las condiciones de los edificios y equipos.
- Permitir el trabajo de los grupos especializados y colaborar con ellos.
- Velar por la integridad física de los integrantes de la brigada.

a) Después

- Realizar inspecciones de las instalaciones.
- Colaborar en la investigación del siniestro.

11.11.Procedimiento para alerta y comunicación

- Será obligación de cualquier persona presente en la empresa dar aviso de situaciones de riesgo que se puedan producir.
- Si la persona que descubre una anomalía es un trabajador, deberá notificar a sus compañeros, brigadistas, o Jefe de seguridad.
- Los brigadistas se encargarán de activar la señal de alarma.
- Para obtener mejores tiempos de respuesta ante la presencia de conatos de emergencia se implementará el uso de radios dentro de la empresa.
- Estas radios estarán destinadas a mantener comunicación con fines de trabajo y emergencia.

En la empresa se tendrá en cuenta la siguiente clasificación de la alarma sonora:

ALARMA ROJA:

Se evacuará la empresa, y se solicitará ayuda externa. (Se pulsará la alarma continuamente). En este caso el tipo de emergencia es general.

ALARMA AMARILLA:

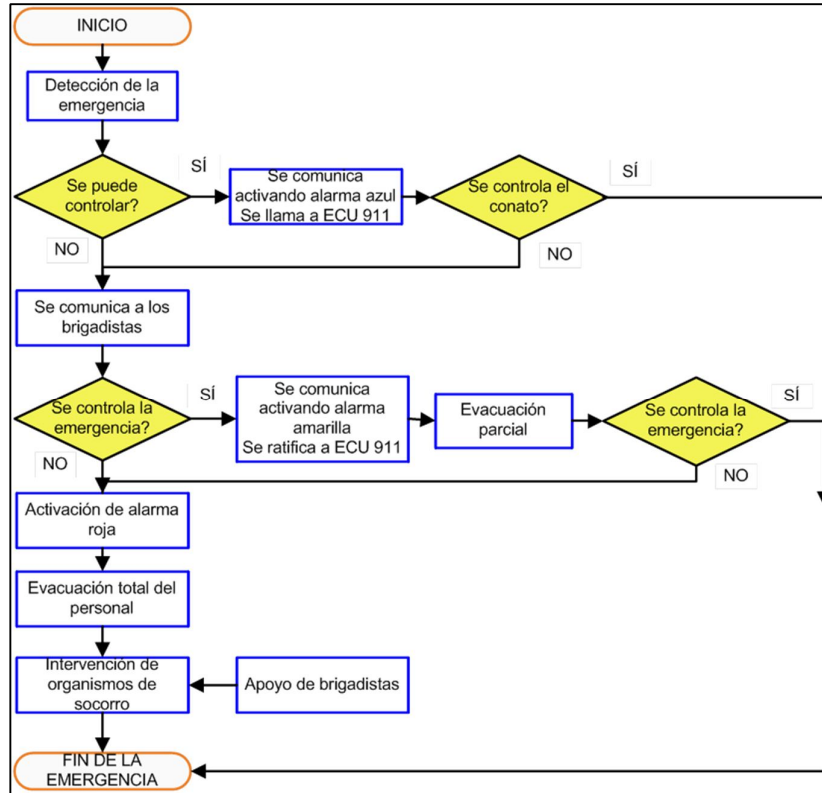
Se tocará esta alarma cuando la empresa por sus propios medios puede controlar la emergencia. (Se pulsará sonidos intermitentes de aproximadamente 30 segundos cada uno). La alarma se catalogará como una emergencia parcial.

ALARMA AZUL:

Con este tipo de alarma se identificará los conatos de emergencia. (Se pulsará sonidos cortos intermitentes).

Tabla 106

Protocolo de actuación y comunicación en caso de emergencia



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

11.12. Brigadistas

En la siguiente tabla se encuentra detallada la brigada de la empresa.

Tabla 107

Conformación de la brigada

<i>BRIGADA DIURNA (9h00 - 17h00) DE LUNES A VIERNES</i>	
JEFE DE BRIGADA	JEFE DE SEGURIDAD SUPERVISOR DE PLANTA JEFE PRODUCCION
PERSONAL DE APOYO	CARLOS VILLARROEL SANTANDER MIGUEL ROMERO KLEVER VICTOR BASURTO ARNALDO INGA
PERSONAL CORTE DE ENERGÍA	CALDERISTA DE TURNO
<i>BRIGADA DE TURNOS (17h00 - 1h00, 1h00 - 9h00; 09H00-1700)</i>	
JEFE DE BRIGADA	SUPERVISOR DE PLANTA DE TURNO CLARIFICADOR DE TURNO
PERSONAL DE APOYO	FERMENTADOR DE TURNO CENTRIFUGADOR DE TURNO DESTILADOR DE TURNO
PERSONAL CORTE DE ENERGÍA	CALDERISTA DE TURNO
LÍDERES DE EVACUACION	
LÍDERES DE AREA	Jefe producción: Ing. Luis Ocaña J. Mant. Mecánico: Ing. Freddy Campoverde Gerente: Ing. Carlos López J. Seg. Industrial: Ing. Julio Cajamarca J. Control calidad: Ing. Mercedes Reino

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

11.13.Cadena de llamadas

Este es un mecanismo que permite una comunicación inmediata, y garantiza una eficaz respuesta de los brigadistas de acuerdo a las alarmas establecidas.

Mediante esta cadena de llamadas se comunica a todo el personal el tipo de emergencia declarada.

Tabla 108

Listado telefónico de emergencia - Personal de la empresa

Lista de Teléfonos de Emergencias/ Personal Interno de la empresa				
ESP SEG 02 VER				
Nº	Personal de emergencia	Nombre	Teléfono	LLAMA A
1	Jefe de emergencias y Contingencias	Ing. Julio Cajamarca C.	999792781 072-421269, ext. 104	2, 3, 4, ECU 911
2	Gerente Planta	Ing. Carlos López S.	999792773 072-421269, ext. 103	5, 6, 7, 8, 9
3	Jefe de brigadistas	Ing. Luis Ocaña V.	999792785 072-421269, ext. 106	9, ECU 911
4	Jefe de Comunicaciones	Ing. Freddy Campoverde	968423934 072-421269, ext. 109	1, 2, 3 ECU 911
5	Producargo Planta	La troncal	072-421269	
6	Producargo Oficinas	Guayaquil	042-263867 042-651258	
7	Laboratorio	La troncal	0987207336 072421269, ext. 108	
8	Garita de guardiana	La troncal	072-421269 Ext. 102	1, 2, 3, 4, 9, ECU 911
9	Secretaría	La troncal	072-421269 Ext. 101	1, 2, 3, 4, 7, ECU 911
<p>_____</p> <p>JEFE SEGURIDAD INDUSTRIAL</p>				

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

Tabla 109

Listado telefónico de emergencia - Organismos externos de socorro

Lista de Teléfonos de Emergencias Organismos externos de socorro	
ESP SEG 03 VER	
Personal de emergencia	Teléfono
Policía Nacional	911
Bomberos	
Defensa Civil	
Nota: Llamada vía celular al 911 es gratis.(Sin costo)	
Hospital Darío Machuca Palacios	072-420-168
Centro de Salud IESS - La Troncal	072-420178/072-420682
Empresa Eléctrica	07-2420556/07-2420557

Elaborado por: Julio Cajamarca C.

11.14.Procedimiento en caso de incendio

Antes de un incendio.

- Verificar los extintores por lo menos una vez por mes, o cuando la ocasión lo amerite.
- Certificación anual del cuerpo de bomberos.
- Coordinar labores con los organismos externos de apoyo.
- Mantener libres las rutas de salida de emergencia.
- Realizar mínimo un simulacro anual.
- Verificar los sistemas de control, extintores, hidrantes, BIE, sprinklers, detectores de humo, detectores de llamas, alarmas sonoras, etc.
- Revisar las instalaciones eléctricas.
- Realizar órdenes de trabajo.

Durante un incendio.

- La persona que detecte humo o fuego deberá comunicar inmediatamente a un brigadista o al Jefe de Comunicaciones.
- Si la situación amerita activar la alarma.
- Toda la brigada presente y el Jefe de emergencia acudirán al área afectada para ayudar con las labores de respuesta primaria en el control y extinción del fuego.
- Una vez declarado el incendio y que la gravedad lo amerite se coordinará con el jefe de comunicaciones para la evacuación del personal, manteniendo la calma en todo momento.
- El orden de evacuación será en primer lugar las personas vulnerables con capacidades especiales incluyendo a mujeres en estado de embarazo, en segundo lugar las personas presentes y al final los brigadistas.
- El jefe de los brigadistas será el encargado de precautelar la evacuación de los discapacitados.
- La guardianía será responsable de la constatación del personal evacuado, para esto llevarán un registro actualizado del personal presente en la empresa.
- El jefe de comunicaciones será el encargado de coordinar ayuda con los organismos de socorro externo (cuerpo de bomberos, cruz roja, policía, defensa civil), previa notificación al Jefe de Seguridad y Ambiente.
- Si no existe personal laborando en la empresa (período de vacaciones), el guardia asumirá las responsabilidades del Jefe de Emergencia y comunicación, llamando inmediatamente a los organismos externos, y a las autoridades de la empresa.

Después de un incendio.

- El jefe de Emergencia y de seguridad evaluarán con la ayuda de los organismos de ayuda externa los daños e investigarán las causas que dieron origen al incendio.
- Se realizará un informe de la emergencia para la Gerencia General.
- El Gerente será el encargado de realizar el informe para la aseguradora.
- En el caso de que los medios de comunicación requieran información, solamente el Gerente Técnico será responsable de dar el informe y entrevista a los medios de comunicación.
- La Aseguradora evaluará los informes y el proceso de respuesta a la emergencia para rendir un informe a la Gerencia General
- La Gerencia General revisará los informes y procederán a solicitar las acciones y gestiones necesarias para atender la situación.
- El Jefe de Seguridad inspeccionará las áreas afectadas para determinar si es posible retornar a las actividades normales.
- En caso de no existir complicaciones en las instalaciones, se reanudará las labores, ingresando el personal a laborar.

11.15.Procedimiento en caso de terremoto

Antes de un terremoto.

- Realizar inspecciones de las estructuras y edificaciones.
- Del resultado de las inspecciones eliminar todas las condiciones inseguras.
- Ubicar zonas de seguridad en cada área.
- Ubicar los puntos seguros en la empresa.
- Definir las rutas de evacuación
- Mantener la señalética adecuada.
- Capacitar al personal.

Durante el terremoto.

- Apoyar al personal para evitar el pánico o desorden.
- No correr, ni gritar.
- Los brigadistas y jefes de operaciones deberán asumir el liderazgo.
- Si la situación lo amerita sonar la alarma para la evacuación.
- Una vez sonada la alarma roja, se desconectará la energía eléctrica para evitar la presencia de incendios.
- En el caso que los trabajadores se encuentren en zonas de alto riesgo y les impida la evacuación, buscar las zonas seguras designadas en la empresa (junto a estructuras fuertes, o al lado de escritorios, o mesas robustas).
- La evacuación se hará por las rutas designadas en el plano de la empresa.
- Bajo ningún motivo el personal regresará a sus puestos de trabajo.

- En los puntos de encuentro los brigadistas verificarán el número de personas evacuadas.

Después de un terremoto

- Verificar el estado de los trabajadores.
- En el caso de existir lesionados trasladarlos a las unidades de salud más cercanos.
- Informar a los miembros del comité de seguridad, brigadistas en descanso y autoridades de la empresa del acontecimiento.
- Se evitará llamadas innecesarias.
- Se revisará las instalaciones únicamente con los brigadistas y organismos de apoyo externo.
- Se verificará el estado de los tanques, válvulas y las diques de control, para evitar si existen derrames que puedan afectar zonas aledañas
- En el caso de que exista incendio se aplicará el procedimiento respectivo.
- El Gerente dará la orden del regreso a casa de los trabajadores.
- El Gerente informará cuando se debe regresar al trabajo, en el caso de no haber afectaciones mayores en las instalaciones.

11.16.Procedimiento en caso de derrames o fuga de gases.

Antes de un derrame o fuga de gases.

- Una vez originado el incidente, la persona que detectó deberá comunicar a los brigadistas o al Jefe de Seguridad.
- Una vez analizada la situación activar la alarma, de acuerdo al debido procedimiento.
- Los brigadistas deberán actuar como organismo de primera respuestas y control de la emergencia.
- Se deberá desenergizar equipos que puedan afectar la emergencia.
- Se deberá proceder de acuerdo a las indicaciones emitidas en las hojas MSDS.
- Si la condición lo amerita se iniciará la evacuación.
- Se respetará el orden de evacuación dispuestos en el procedimiento en caso de terremotos.
- En las instalaciones de amoníaco nunca se utilizarán manómetros de mercurio. Estos compuestos en presencia de agua forman atmósferas explosivas.

Durante un derrame de hidrocarburos:

- Eliminar las fuentes de ignición.
- Solo el personal de brigada deberá permanecer en la zona afectada.

- Señalizar el área afectada.
- Tomar las medidas de prevención contra incendio.
- En el caso de existir un incendio se deberá poner en marcha el plan contra incendio, y retirar la mayor cantidad de combustible.
- Utilizar el equipo de protección adecuado, según las hojas MSDS.
- Cerrar todas las válvulas.
- En el caso que el derrame afecte áreas distintas a los diques de contención se deberá confinarlo mediante el empleo de los kits para derrames.
- Recuperar la mayor cantidad del hidrocarburo derramado y disponerlo en la bodega de desechos peligrosos.

Durante derrames de alcohol:

- Eliminar las fuentes de ignición.
- Desenergizar la zona afectada.
- Limitar el acceso al personal a la zona afectada.
- Señalizar el área.
- Tomar las medidas de prevención contra incendio.
- En el caso de existir incendio se deberá poner en marcha el plan contra incendio, y retirar la mayor cantidad de combustible.
- Cerrar todas las válvulas.

Durante derrame de aceites:

- Se confinará el aceite regado.
- El material recuperado se colocará en tachos de color rojo.
- La limpieza se realizará con waípe y arena.

Durante derrames de ácidos y bases:

- Evacuar la zona afectada.
- Desenergizar la zona afectada.
- Utilizar los equipos de protección recomendados.
- En el caso de derrames mayores los brigadistas deberán confinar las sustancias en los diques de contención.
- Nunca se deberá mezclar estas sustancias químicas, provocan reacciones con gran desprendimiento de calor y humos tóxicos.
- Antes de manipular cualquiera de estos productos neutralizar la zona afectada.
- Para rescatar personal afectado se deberá emplear el equipo de respiración autónomo.
- Los desechos deberán tratarse como desechos peligrosos.
- Al final los pisos deberán ser lavados con abundante agua.

Durante derrames de productos inflamables, nocivos, tóxicos (Laboratorio).

- Cortar toda fuente de ignición.
- Evacuar el laboratorio.
- Dar aviso a los brigadistas o Jefe de Comunicaciones.
- El personal de emergencia deberá utilizar el equipo de protección adecuado.
- Neutralizar el área afectada.
- Utilizar los kits para derrames.
- Ventilar el laboratorio.
- Limpiar la zona con agua y jabón.

Durante de fuga de gas

- En caso de fuga de gas se procederá a cerrar inmediatamente las válvulas afectadas.
- Se cortará el suministro eléctrico.
- Se evitará realizar cualquier trabajo que pudiera originar una fuente de ignición.
- Si la fuga tiene lugar en zonas cerradas se ventilará el área afectada abriendo las ventanas y puertas en el caso de ser posible.

Durante fuga de amoníaco.

- En caso de fuga de gas se procederá a cerrar inmediatamente las válvulas afectadas.
- Se cortará el suministro eléctrico.
- Informar inmediatamente a los brigadistas o Jefe de Seguridad.
- Si la situación lo amerita tocar la sirena para iniciar la evacuación.
- Para la evacuación se verificará la dirección del viento.
- Si la concentración es alta aléjese del lugar.
- Cuando existan pequeñas concentraciones en el ambiente se utilizará máscaras con filtro.
- Se deberá señalar el área afectada.
- Nunca se deberá utilizar agua en caso de amoníaco en estado libre.
- En el caso de existir víctimas se utilizará el equipo de respiración autónoma para el rescate.
- En caso de existir incendio utilizar polvo químico seco, siempre que no exista cloro en el área afectada.

Después de un derrame o fuga de gas.

- Evaluar el estado de salud de los trabajadores.
- En el caso de existir afectados acudir al hospital más cercano.
- Se acordonará el área
- Limpiar la zona afectada.

- Los residuos generados se almacenarán en la bodega de desechos peligrosos.
- Las zonas afectadas deberá señalizarse hasta el restablecimiento adecuado.
- La disposición final de los desechos peligrosos será entregar a un gestor autorizado.
- Elaborar los informes.

11.17. Plan de mantenimiento de los sistemas de control.

En el sistema informático que posee la empresa se elaborará el plan de mantenimiento anual para los sistemas de control.

a) Sistema de alarmas, paneles de detección analógicas.

Se contratará este servicio a una empresa calificada, cada tres meses se deberá dar el mantenimiento a estos paneles analógicos. El mantenimiento preventivo consistirá en:

- Revisión de las fuentes de suministro de energía.
- Sustitución o cambio de partes defectuosas.
- Verificación de todo el sistema instalado.
- Revisión y limpieza de los equipos instalados, y sistemas de transmisión de alarma y sensores.
- Antes de la entrega – recepción de la obra se realizará la prueba final del sistema.

b) Extintores portátiles.

- Se dispondrá del registro en el que se detallará la fecha de inspección y/o mantenimiento de cada unidad, así como detalles del estado de cada extintor.
- La inspección interna de la empresa se la hará con personal designado por el Jefe de Seguridad, previa capacitación.
- Las inspecciones deberán ser periódicas por lo menos una vez mensual, y en casos de emergencia garantizando la reposición.
- Los extintores deberán tener una ubicación definida, de fácil acceso y visible.
- Se colocará la señalética adecuada.
- Al final de las inspecciones se elaborará el respectivo informe donde constará datos como: estado de los sellos y precintos, defectos en las unidades, estado de la pintura y del material del extintor (corrosión), estado del manómetro,
- Los extintores serán sometidos a mantenimiento según las instrucciones del fabricante, se deberá incluir los exámenes básicos: partes mecánicas, agente

extintor, medio expulsor y en el caso de requerirse las pruebas de estanqueidad del recipiente.

c) Abastecimiento de agua contra incendios.

Cada tres meses se deberá realizar:

- Inspección de cada componente de la red contra incendio.
- Verificación de las instalaciones y accesorios como válvulas, manómetros, hidrantes, rociadores, etc.
- Revisión y mantenimiento de la bomba contra incendio.
- Revisión, reparación, y cambio de los sistemas eléctricos y de sus protecciones.
- Revisión y limpieza de la válvula check.

d) Bomba contra incendio.

La revisión y mantenimiento se la hará con personal autorizado, y consiste en las siguientes actividades:

- Mantener limpia la unidad.
- Revisar las instalaciones eléctricas del motor y sus componentes.
- Revisar las protecciones del motor.
- La bomba y el motor contra incendio deben trabajar en ambientes ventilados, y libre de humedad.

e) Tubería y mangueras.

- Las pruebas de la tubería y mangueras se realizarán con personal calificado.
- Las pruebas hidrostáticas se hará una vez anual con empresas calificadas, que emitirán un certificado
- Las pruebas de los manómetros se hará anualmente con laboratorios acreditados, que emitirán el respectivo certificado de calibración.

f) Sistemas de rociadores y “*SPRINKLERS*”.

Cada tres meses se hará la revisión de estos sistemas:

- Comprobación del estado de las boquillas.
- Limpieza general de cada componente.
- Mantener libre los accesos a estos sistemas.
- Mantener la señalética adecuada.

g) Sistemas de detectores de humo, temperatura y llama.

- Mensualmente se limpiará adecuadamente estos sistemas.
- Se verificará y ajustará la sensibilidad de cada detector.
- Se verificará las instalaciones eléctricas de este sistema.

h) Luces de emergencia – botón de pánico

- Revisar el estado y funcionamiento de las baterías de emergencia.
- Limpieza general del sistema.
- Comprobar la alimentación de energía eléctrica.
- Mantener libre los accesos a estos sistemas.
- Mantener la señalética adecuada

i) Gabinetes contra incendio.

- Las inspecciones, prueba, y mantenimiento de este sistema se hará con personal calificado y según lo dispuesto por las normas NFPA.
- Se revisará el adecuado almacenamiento de las mangueras y accesorios
- Comprobar las boquillas, sistemas de eductores, tanques de espuma.
- Revisión y mantenimiento de los racores, mangueras y accesorios.
- Inspección visual del estado de: mangueras, boquillas o lanzas, válvulas y partes mecánicas.

j) Señalética.

- Mensualmente se verificará la ubicación de las señaléticas.
- Se verificará que no obstaculice ni la visibilidad ni el adecuado tránsito,
- En el caso de ser necesario se procederá a la reubicación.
- Periódicamente se limpiará la señalética.
- Se verificará que no existan obstáculos que impidan la visualización.

11.18. Normas de seguridad para personal externo.

El personal externo que ingrese a la empresa deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Respetar las normas de seguridad impuesto en la empresa, estas se encuentran en la tarjeta para visitantes.
- Deberán recibir la inducción impartida por el Jefe de Seguridad, y posteriormente llenar la respectiva evaluación.
- En el caso de generar desechos en su permanencia, deberá cumplir con el procedimiento de manejo de desechos.
- En el caso de ingresar en vehículo deberán cumplir con las leyes de tránsito vigente, y las normas impuestas por la empresa.

- En el caso de manejo de materiales peligrosos cumplir con lo dispuesto en la norma INEN 2266.
- El personal transeúnte deberá circular por las vías y áreas asignadas.

11.19.Procedimiento en caso de evacuación

Las evacuaciones se realizarán ante los siguientes eventos: Incendios, explosiones, desastre naturales, riesgo declarado en edificaciones, simulacros (Gómez, 2013).

Antes de la evacuación.

- Capacitar a todo el personal
- Mantener las rutas de evacuación libres de obstáculos, y bien identificadas con la señalética pertinente.
- Mantener en buen estado todos los mecanismos de protección existentes en la empresa.
- Conocer las rutas de evacuación existentes y los puntos de encuentro.

Desarrollo de la evacuación.

- a) Cuando se detecte una emergencia el Jefe de Seguridad en coordinación con el Gerente determinarán la necesidad del proceso de evacuación.
- b) Los brigadistas serán los encargados de ejecutar el plan de evacuación de acuerdo a las siguientes recomendaciones:
 - Estimular para que las personas guarden silencio y tranquilidad.
 - Evitar correr.
 - Las órdenes impartidas al personal a evacuar deben ser claras para evitar confusión.
 - No perder tiempo por causa alguna.
 - Nunca debe retornar a las zonas de riesgo por tareas incumplidas o en busca de objetos personales.
 - No transitar por zonas distintas a la ruta de evacuación.
 - Deberán transitar por las vías de evacuación trazadas en los planos, salvo que haya cambio de orden por parte de las personas encargadas de la emergencia.
 - Mantener la calma, ayudar a dominar el pánico a las personas afectadas.
 - Dejar que cada brigadista actúe en las actividades para los que fueron capacitados.
 - Conducir al personal hasta los puntos de encuentro designados.
 - Cerciorarse si todo el personal ha evacuado.
 - Si falta personal por evacuar se analizará la situación y de ser posible se ingresará a rescatarlas, previa coordinación con los medios de ayuda externa.

Medidas de contingencia.

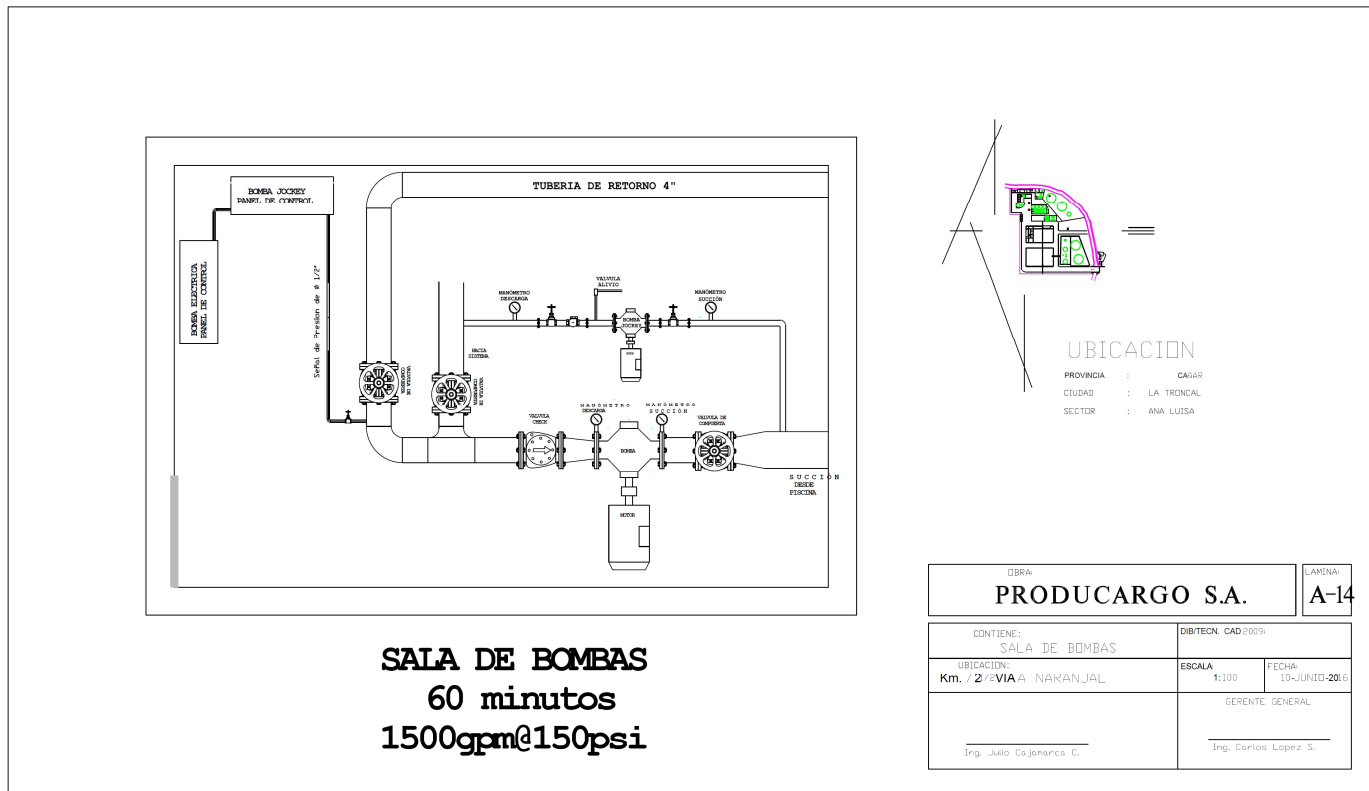
- Analizar los daños existentes.
- El personal volverá a ingresar al establecimiento previa notificación que ha pasado el peligro. Este anuncio lo realizará un representante de la Gerencia.
- Se investigará las causas que provocaron la emergencia.
- Se elaborará el informe final.
- Se elaborará un cronograma para implementar medidas correctivas.

Recursos.

- Señalética.
- Lámparas de emergencia.
- Sistema de detección de incendio, alarmas, botones de pánico, etc.
- Sistemas de comunicación adecuados.

12. SALA DE BOMBAS

Plano 15
Diagrama de la sala de bombas



Elaborado por: Julio Cajamarca C.

CONCLUSIONES

- De las evaluaciones que se realizó según el índice de **GRETENER**, el coeficiente de seguridad contra incendio es insuficiente en todas las áreas de la destilería (Tabla 51. Resumen de los riesgos por incendio).
- Los procesos, equipos, materiales e insumos utilizados en la empresa pueden originar explosiones del tipo "**BLEVE**", que ocasionarían daño a las personas, y en las instalaciones de la empresa.
- El número de extintores existentes actualmente en la empresa no son los requeridos para ofrecer una protección óptima.
- En la empresa actualmente no existe un sistema adecuado de rociadores que garanticen una óptima protección
- El sistema de hidrantes de la red contra incendios existentes en la empresa no es el óptimo, de acuerdo a los riesgos existentes en la misma.
- El suministro de agua existente actualmente cumple con los requerimientos establecidos en el presente estudio.
- Actualmente el suministro de energía del sistema de bombeo no garantiza la independencia en su funcionamiento en caso de una emergencia

RECOMENDACIONES

- Instalar los extintores requeridos de acuerdo a los cálculos realizados en el presente estudio para minimizar el riesgo existente.
- Implementar el sistema de rociadores calculados en el presente estudio.
- Implementar el sistema de hidrantes de acuerdo con los cálculos determinados en el presente estudio
- Para el adecuado funcionamiento del sistema contra incendio se recomienda la instalación de una bomba de 1250 gpm.
- Realizar el estudio para que el sistema contra incendio cuente con el suministro de energía necesaria, y para que su funcionamiento sea independiente del resto de instalaciones. (Diagrama sugerido en anexo 3)
- Capacitar y difundir a todo el personal de la empresa del plan de emergencia.
- Capacitar al personal de mantenimiento y brigadistas del funcionamiento adecuado de estos sistemas de prevención contra incendios,
- Implementar la señalética para las nuevas instalaciones de los elementos de protección.
- Capacitar a los brigadistas en temas de emergencia para mejorar los tiempos de respuesta.
- Realizar evaluaciones periódicas del índice de GRETENER para determinar el nuevo nivel de riesgos de la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asfahi, C. R. (2000). *Seguridad Industrial Y Salud* (Cuarta edición ed.). (P. E. Vázquez, Ed., & G. S. García, Trad.) Arkansas, EEUU: Prentice Hall.
- Azcúenaga, L. L. (2009). *Elaboración de un plan de emergencia en la empresa* (Tercera ed.). España: FC EDITORIAL.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2011). *Termodinámica* (Sexta ed.). México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Código del Trabajo. (2005). *Registro Oficial S. 167. 16 de diciembre de 2005* (2015 ed.). Quito.
- Constitución De La República Del Ecuador. (2008). *Registro Oficial N° 449, 20 de octubre de 2008*.
- Cortés, J. M. (2012). *Seguridad E Higiene Del Trabajo* (10 ed.). Madrid, España: TÉBAR.
- Creus, A., & Magnosio, J. (2011). *Seguridad E Higiene En El Trabajo*. Buenos Aires, Argentina: ALFAOMEGA.
- D. E. 2393. (1986). *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores. Registro Oficial N° 565. 17 de noviembre de 1986*.
- Decisión N° 584. (2004). *Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. Registro Oficial S. 461, 15 de noviembre de 2004*. (C. A. Exteriores, Ed.)
- Gómez, R. (2013). *Manual práctico para la realización de planes de autoprotección y simulacros de emergencia*. Sevilla: Puntos Rojos libros, S.L.
- Ley De Defensa Contra Incendios. (1979). *Registro Oficial N° 815. 19 de abril de 1979*. Quito: Ediciones Legales.
- Medina, P. F. (2012). *Sguridad Integral*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: ESPOL.
- NEC. (2015). *Norma Ecuatoriana de la construcción: Contra Incendios. MIDUVI Registro Oficial N° 630. 18 de noviembre de 2015*. Quito, Ecuador.
- NFPA 10. (2007). *Norma para extintores portátiles contra incendios*. (J. M. Pérez, Trad.) Bogotá, Colombia: Instituto Internacional de Administración de Riesgos.
- NFPA 13. (2013). *Norma para la instalación de sistemas de rociadores* (2013 ed.). (I. A. Normalización, Trad.) Quincy: NFPA.
- NFPA 14. (2013). *Norma para la instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras* (2013 ed.). (A. F. Ramos, Trad.) Bogotá, Colombia: Organización Iberoamericana de protección Contra Incendios.
- NFPA 15. (2013). *Norma para sistemas fijos aspersores de agua para protección contra incendios*. (OPCI, Ed., & A. F. Ramos, Trad.) Bogotá, Colombia: Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios.

- NFPA 170. (2013). *Norma para símbolos de seguridad contra el fuego*. (OPCI, Ed., & I. B. Diego, Trad.) Bogotá, Colombia: Organización Iberoamericano de Protección Contra Incendios.
- NFPA. (2012). *Manual de Protección Contra Incendios*. (I. J. Ing. Jaime Moncada Pérez, Ed., & e. a. Alfredo Fajardo, Trad.) Quincy, Massachussetts, E.U.A.: Quad Graphics.
- NFPA 30. (2013). *Código de líquidos Inflamables y Combustibles*. (OPCI, Ed., & L. S. Narváez, Trad.) Bogotá, Bogotá: Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendio.
- NFPA 921. (2013). *Guía para la investigación de incendios y explosiones*. Quincy: NFPA.
- NORMA INEN 802. (1987). *Extintores portátiles. Selección y distribución en edificaciones. Acuerdo Ministerial N° 337. 11 de mayo 1987*. Quito, Ecuador.
- NTE INEN 1076:2013. (2013). *Prevención de incendios. Clasificación e identificación de sustancias Peligrosas en presencia de fuego. Registro Oficial N° 954. 15 de mayo de 2013* (Primera ed.). Quito, Ecuador.
- NTE INEN 7202:2013. (2013). *Protección contra incendios - agentes para la extinción de incendios - polvo. Registro oficial 954. 15 de mayo de 2013* (Segunda ed.). Quito, Ecuador.
- NTE INEN 731:2009. (2009). *Extintores portátiles y estacionarios contra incendios. Definición y clasificación. Registro Oficial No 64. 11 de noviembre de 2009* (Primera ed.). Quito, Ecuador.
- NTE INEN 801:1987. (1987). *Extintores portátiles. Requisitos generales. Registro oficial No 728. 14 de julio de 1987*. Quito: Ecuador.
- NTE INEN 92:2013. (2013). *Clasificación de los fuegos. Registro Oficial N° 954. 15 de mayo de 2013* (Primera ed.). Quito.
- NTP 291. (1991). *Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit*. ESPAÑA: INSHT.
- NTP 293. (1991). *Explosiones BLEVE (I): evaluación de la radiación térmica*. ESPAÑA: INSHT.
- NTP 379. (1997). *Productos inflamables: variación de los parámetros de peligrosidad*. España:INSHT.
- NTP 39. (1983). *Resistencia ante el fuego de elementos constructivos*. España.
- NTP 47. (1983). *Parámetros de interés a efectos de incendio de las sustancias químicas más usuales. Valores*. ESPAÑA: INSHT.
- Organización Mundial De La Salud. (2008). *Enfermedades Ocupacionales: Guía para su diagnóstico* (480 ed.). Washington.
- Quintela, C. J. (2010). *Instalaciones Contra Incendios*. Barcelona, España: Editorial UOC.

Storch, D. G., & García Martín, T. (2008). *Seguridad Industrial En Plantas Químicas y Energéticas: Fundamentos, evaluación de riesgos y diseño*. España: EDIGRAFOS S.A.

Suay, B. J. (2010). *Manual de Instalaciones Contra Incendios*. Madrid: AMV EDICIONES.

Trujillo, M. R. (2011). *Planes de contingencia*. Medellín: ECOE Ediciones.

ANEXOS

ANEXO 1 TABLA - PODER CALORIFICO



MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ASUNTOS SOCIALES



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

TABLA 1.4

Poder calorífico (q) de diversas sustancias

Producto	MJ/kg	Mcal/kg	Producto	MJ/kg	Mcal/kg
Aceite de algodón	37,2	9	Alcohol butílico	33,5	8
Aceite de creosota	37,2	9	Alcohol cetílico	42,0	10
Aceite de lino	37,2	9	Alcohol etílico	25,1	6
Aceite mineral	42,0	10	Alcohol metílico	21,0	5
Aceite de oliva	42,0	10	Almidón	16,7	4
Aceite de parafina	42,0	10	Anhídrido acético	16,7	4
Acetaldehído	25,1	6	Anilina	37,2	9
Acetamida	21,0	5	Antraceno	42,0	10
Acetato de amilo	33,5	8	Antracita	33,5	8
Acetato de polivinilo	21,0	5	Azúcar	16,7	4
Acetona	29,3	7	Azufre	8,4	2
Acetileno	50,2	12	Benzaldehído	33,5	8
Acetileno disuelto	16,7	4	Bencina	42,0	10
Acido acético	16,7	4	Benzol	42,0	10
Acido benzóico	25,1	6	Benzofena	33,8	8
Acroleína	29,3	7	Butano	46,0	11
Aguarrás	42,0	10	Cacao en polvo	16,7	4
Albúmina vegetal	25,1	6	Café	16,7	4
Alcanfor	37,2	9	Cafeína	21,0	5
Alcohol alílico	33,5	8	Calcio	4,2	1
Alcohol amílico	42,0	10	Caucho	42,0	10




Producto	MJ/kg	Mcal/kg	Producto	MJ/kg	Mcal/kg
Carbón	31,4	7,5	Dipenteno	46	11,0
Carbón	33,5	8,0	Ebonita	33,5	8,0
Cartón	16,7	4,0	Etano	50,2	12,0
Cartón asfáltico	21	5,0	Eter amílico	42	10,0
Celuloide	16,7	4,0	Eter etílico	33,5	8,0
Celulosa	16,7	4,0	Fibra de coco	25,1	6,0
Cereales	16,7	4,0	Fenol	33,5	8,0
Chocolate	25,1	6,0	Fósforo	25,1	6,0
Cicloheptano	46	11,0	Furano	25,1	6,0
Ciclohexano	46	11,0	Gasóleo	42	10,0
Ciclopentano	46	11,0	Glicerina	16,7	4,0
Ciclopropano	50,2	12,0	Grasas	42	10,0
Cloruro de polivinilo	21	5,0	Gutapercha	46	11,0
Cola celulósica	37,2	9,0	Harina de trigo	16,7	4,0
Coque de hulla	29,3	7,0	Heptano	46	11,0
Cuero	21	5,0	Hexametileno	46	11,0
Dietilamina	42	10,0	Hexano	46	11,0
Dietilcetona	33,5	8,0	Hidrógeno	142	34,0
Dietileter	37,2	9,0	Hidruro de magnesio	16,7	4,0
Difenil	42	10,0	Hidruro de sodio	8,4	2,0
Dinamita (75%)	4,2	1,0	Lana	21	5,0




Producto	MJ/kg	Mcal/kg	Producto	MJ/kg	Mcal/kg
Leche en polvo	16,7	4	Poliisobutileno	46,0	11
Lino	16,7	4	Politetrafluoretileno	4,2	1
Linóleum	2,1	5	Poliuretano	25,1	6
Madera	16,7	4	Propano	46,0	11
Magnesio	25,1	6	Rayón	16,7	4
Malta	16,7	4	Resina de pino	42,0	10
Mantequilla	37,2	9	Resina de fenol	25,1	6
Metano	50,2	12	Resina de urea	21,0	5
Monóxido de carbono	8,4	2	Seda	21,0	5
Nitrito de acetona	29,3	7	Sisal	16,7	4
Nitrocelulosa	8,4	2	Sodio	4,2	1
Octano	46,0	11	Sulfuro de carbono	12,5	3
Papel	16,7	4	Tabaco	16,7	4
Parafina	46,0	11	Té	16,7	4
Pentano	50,2	12	Tetralina	46,0	11
Petróleo	42,0	10	Toluol	42,0	10
Poliamida	29,3	7	Triacetato	16,7	4
Policarbonato	29,3	7	Turba	33,5	8
Poliéster	25,1	6	Urea	8,4	2
Poliestireno	42,0	10	Viscosa	16,7	4
Polietileno	42,0	10			

ANEXO 2 NORMA NTP 39: TABLA DE RESISTENCIA AL FUEGO

Año: 1983



MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA



INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

NTP 39: Resistencia ante el fuego de elementos constructivos

Fire resistance of construction designs
Résistance au feu des éléments de construction

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:
Jose Luis Villanueva Muñoz
Ingeniero Industrial

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA

Las NTP 26.82 y 27.82 contienen respectivamente los criterios legales y técnicos respecto a la limitación de la propagación del fuego por aislamientos de riesgos.

La presente NTP pretende divulgar las tablas del Apéndice II de la NBE-CPI-82 (1) que contiene las características de resistencia ante el fuego que, sin necesidad de ensayo, se podrán otorgar a algunos de los elementos constructivos más usuales.

Tabla II.1: Tabiques y muros de fábrica de ladrillo

Espesor en cm sin considerar los revestimientos	29	24	14	11,5	9	4
Elemento constructivo						
Elemento de ladrillo cerámico hueco:						
Sin revestimiento.			RF-90	RF-90	RF-60	RF-30
Con 1,5 cm de guarnecido de yeso en la cara expuesta.			RF-120	RF-120	RF-90	RF-60
Con 1,5 cm de guarnecido de yeso en cada cara.			RF-180	RF-180	RF-120	RF-90
Con 1,5 cm de mortero de vermiculita y yeso en la cara expuesta.			RF-240	RF-240	RF-180	RF-120
Elemento de ladrillo cerámico perforado o macizo:						
Sin revestir.	RF-180	RF-180	RF-120	RF-120		
Con 1,5 cm de revestimiento de mortero de yeso o cemento en la cara expuesta.	RF-240	RF-240	RF-180	RF-180		
Con mortero de yeso o cemento en ambas caras.	RF-240	RF-240	RF-240	RF-180		
Con 1,5 cm. de mortero de vermiculita y yeso en la cara expuesta.	R F-240	R F-240	RF-240	RF-240		
Elemento de ladrillo silicocalcáreo:						
Sin revestimiento.				RF-120		
Con 1,5 cm de guarnecido de yeso en la cara expuesta.				RF-180		
Con 1,5 cm de guarnecido de yeso en cada cara.				RF-240		
Con 1,5 cm de mortero de vermiculita y yeso en la cara expuesta.				RF-240		

Resistencia al fuego, en minutos.

Tabla II.2: Tabiques y muros de fábrica de bloque de hormigón

Esesor en cm sin considerar los revestimientos	29	24	14	11	9	5,5
Elemento constructivo						
Elemento de fábrica de bloques huecos de hormigón:						
Sin revestir.	RF-180	RF-180	RF-120	RF-90	RF-60	RF-30
Con 1,5 cm de revestimiento de mortero de yeso o cemento en la cara expuesta.	RF-240	RF-180	RF-120	RF-120	RF-90	RF-60
Con mortero de yeso o cemento en ambas caras.	RF-240	RF-240	RF-180	RF-180	RF-120	RF-90
Con 1,5 cm de mortero de vermiculita y yeso en la cara expuesta.	RF-240	RF-240	RF-240	RF-240	RF-180	RF-120
Elemento de fábrica de bloques macizos de hormigón:						
Sin revestir.	RF-240	RF-180	RF-120	RF-90	RF-60	RF-30
Con 1,5 cm de revestimiento de mortero de yeso o cemento en la cara expuesta.	RF-240	RF-240	RF-180	RF-120	RF-90	RF-60
Con mortero de yeso o cemento en ambas caras.	RF-240	RF-240	RF-240	RF-180	RF-120	RF-90
Con 1,5 cm de mortero de vermiculita y yeso en la cara expuesta.	RF-240	RF-240	RF-240	RF-240	RF-180	RF-120
Resistencia al fuego, en minutos.						

Tabla II.3: Muros de hormigón armado

Esesor en cm sin considerar los revestimientos	24	20	16	14	12	10
Recubrimiento en cm de la armadura principal	2,5	2,5	2,5	1,5	1,0	1,0
Elemento constructivo						
Muro de hormigón armado:						
Sin revestir.	RF-240	RF-180	RF-120	RF-90	RF-60	RF-30
Con 1,5 cm de revestimiento de yeso o cemento en la cara expuesta.	RF-240	RF-240	RF-180	RF-120	RF-120	RF-60
Con 1,5 cm de revestimiento de mortero de yeso o cemento en cada cara.	RF-240	RF-240	RF-180	RF-120	RF-120	RF-90
Con 1,5 cm. de mortero de vermiculita y yeso en cada cara.	RF-240	RF-240	RF-240	RF-180	RF-180	RF-120
Resistencia al fuego, en minutos.						

Tabla II.4: Forjados de piso de vigueta de hormigón, aligerados con bovedillas cerámicas de hormigón

Canto del forjado, en cm, sin considerar revestimientos	19	17,5	16	14	11	10
Ancho del nervio, en cm	12,5	10	9	8	7	5
Recubrimiento, en cm, de la armadura principal	6,5	5,5	4	3	2	1
Tipo de forjado						
Forjado de vigueta de hormigón con piezas cerámicas de entrevigado:						
Sin revestir.	RF-240	RF-180	RF-120	RF-90	RF-60	RF-30
Con 1,5 cm de guarnecido de yeso en la cara inferior.			RF-180	RF-120	RF-90	RF-90
Con 1 cm de revestimiento con mortero de yeso y vermiculita o perlita en la cara inferior.			RF-180	RF-180	RF-120	RF-120
Con 2 cm de revestimiento con mortero de yeso y vermiculita o perlita en la cara inferior.			RF-240	RF-180	RF-120	RF-120
Resistencia al fuego, en minutos.						

Tabla II.5: Losas macizas de hormigón armado

Esesor de la losa, en cm, sin considerar revestimientos	175	15	12	12	10	10
Recubrimiento, en cm, de la armadura principal	6,5	5,5	4,0	3,0	2,0	1,0
Tipo de losa						
Losa de hormigón armado:						
Sin revestir.	RF-240	RF-180	RF-120	RF-90	RF-60	RF-30
Con 1 cm de revestimiento con mortero de yeso y vermiculita o perlita en la cara inferior.		RF-240	RF-180	RF-120	RF-120	RF-120
Con 2 cm de revestimiento con mortero de yeso y vermiculita o perlita en la cara inferior.			RF-240	RF-180	RF-180	RF-180
Resistencia al fuego, en minutos.						

Tabla II.6: Pilares de hormigón armado

Dimensión mínima, en cm, de la sección transversal	50	40	30	24	20	15
Recubrimiento, en cm, de la armadura principal	3,5	3,5	3,5	3,0	2,0	1,0
Elemento constructivo						
Pilar de hormigón armado exento:						
Sin revestir.	RF-240	RF-180	RF-120	RF-90	RF-60	RF-30
Con 1,5 cm de revestimiento de mortero de yeso o cemento sobre malla metálica.		RF-180	RF-120	RF-90	RF-90	RF-30
Con 1,5 cm de mortero de yeso y vermiculita o perlita sobre malla metálica.		RF-180	RF-120	RF-90	RF-90	RF-30
Con 1,5 cm de mortero de amianto sobre malla metálica.	RF-240	RF-180	RF-120	RF-90	RF-90	RF-60
	Resistencia al fuego, en minutos.					

Tabla II.7: Vigas de hormigón armado

Períodos de resistencia al fuego	RF-30		RF-60		RF-90		RF-120		RF-180		RF-240	
Recubrimiento c, en cm, correspondiente a la dimensión e, en cm, de la sección transversal	e	c	e	c	e	c	e	c	e	c	e	c
Elemento constructivo												
Viga de hormigón armado:												
Sin revestir.	80	2,0	120	3,5	150	5,0	200	6,0	240	7,5	280	8,5
	120	1,0	160	3,0	200	4,0	240	5,0	300	6,5	350	7,5
	160	1,0	200	2,5	280	3,5	300	4,5	400	6,0	500	7,0
	200	1,0	300	2,0	400	3,0	500	4,0	600	5,5	700	6,5
Con 1,5 cm de mortero de yeso o cemento sobre malla metálica.			80	2,0	120	3,5	150	5,0	200	6,0	240	7,5
			120	1,0	180	3,0	200	4,0	240	5,0	300	6,5
			160	1,0	200	2,5	280	3,5	300	4,5	400	6,0
			200	1,0	300	2,0	400	3,0	350	4,0	600	5,5
Con 1,5 cm de mortero de yeso y vermiculita sobre malla metálica.					80	2,0	120	3,5	150	5,0	200	6,0
					120	1,0	180	3,0	200	4,0	240	5,0
					160	1,0	200	2,5	280	3,5	300	4,5
					200	1,0	300	2,0	400	3,0	350	4,0

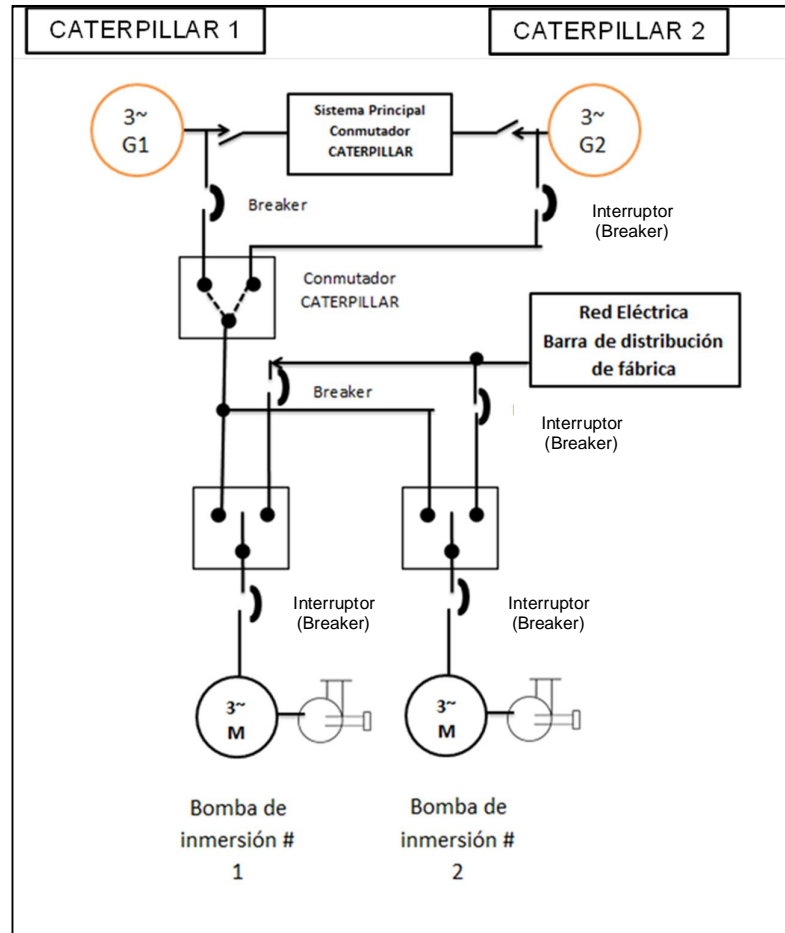
Tabla II.8: Recubrimientos

Esesor en cm	7	6	5	4	3	2	1
Tipo de recubrimiento							
Mortero de yeso o cemento sobre malla metálica.	RF-120	RF-120	RF-90	RF-90	RF-60	RF-30	
Mortero de yeso y vermiculita o perlita.	RF-180	RF-180	RF-120	RF-120	RF-90	RF-60	RF-30
Mortero de amianto.	RF-240	RF-240	RF-180	RF-120	RF-120	RF-90	RF-60
Resistencia al fuego, en minutos.							
Los tiempos de resistencia ante el fuego aportados por cada tipo de recubrimiento se podrán sumar a los aportados por el elemento constructivo sin recubrir.							

Bibliografía

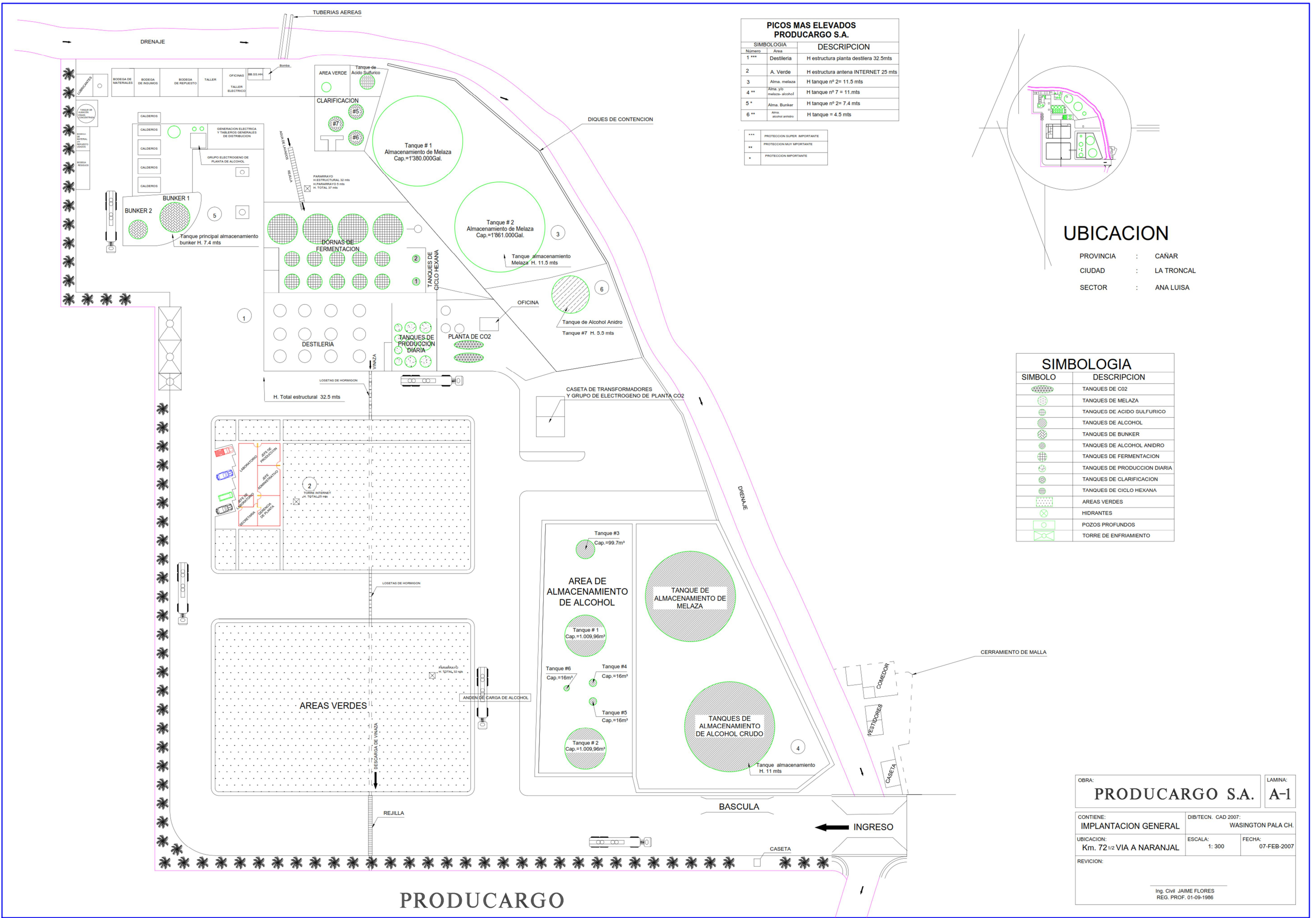
(1) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO "NBE-CPI-81". Real Decreto 2059/1981 de 10.4.81, B.O.E. de 18 y 19.9.81. Modificado en Real Decreto 1587/1982 de 25.6.1982, B.O.E. de 21.7.82.

ANEXO 3. DIAGRAMA ELÉCTRICO DE LA RED CONTRA INCENIO



PLANOS

Plano 16 IMPLEMENTACIÓN GENERAL



OBRA: **PRODUCARGO S.A.** LAMINA: **A-1**

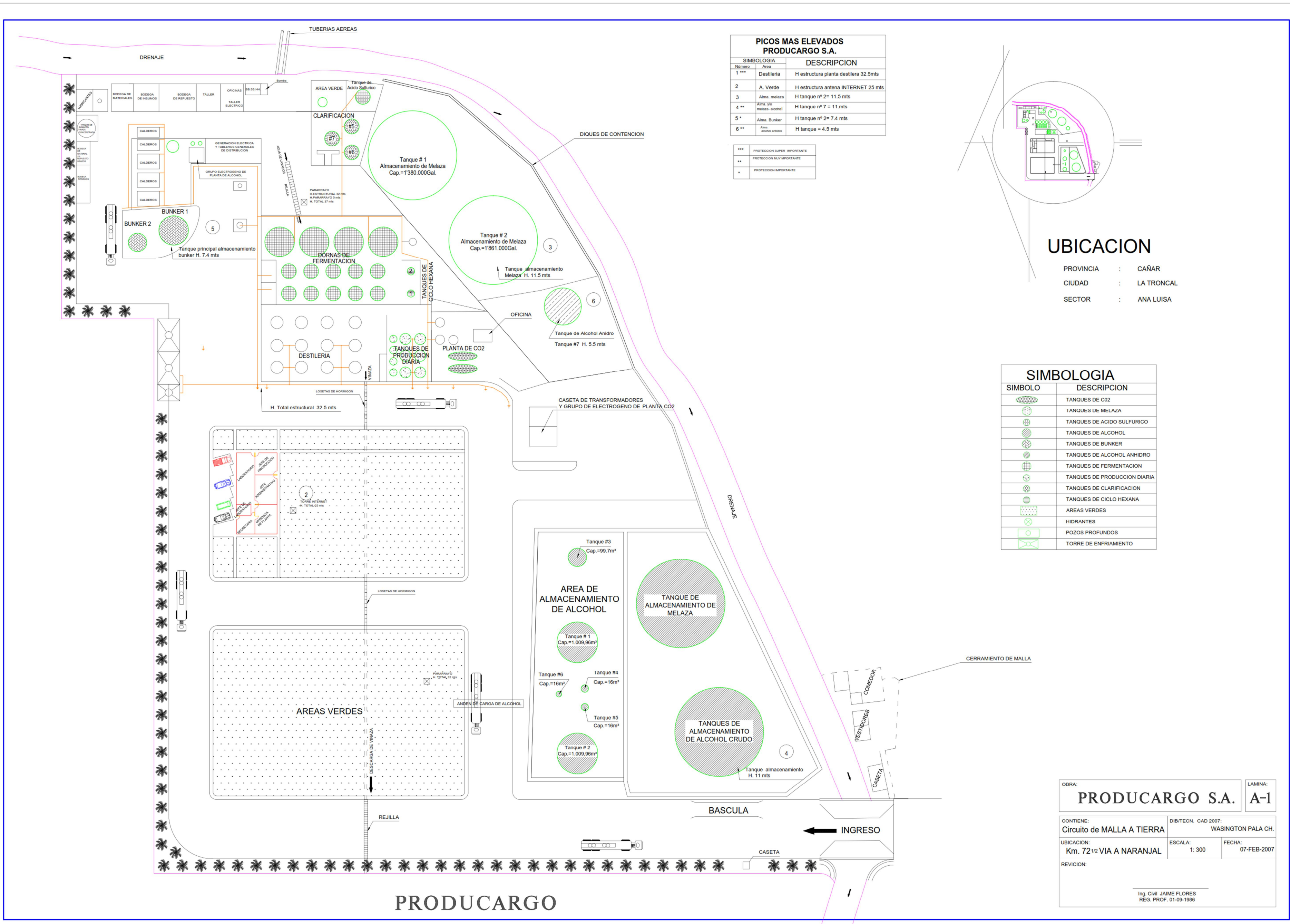
CONTIENE: **IMPLANTACION GENERAL** DIB/TECN. CAD 2007: **WASHINGTON PALA CH.**

UBICACION: **Km. 72 1/2 VIA A NARANJAL** ESCALA: **1: 300** FECHA: **07-FEB-2007**

REVISION:

Ing. Civil **JAIMÉ FLORES**
 REG. PROF. 01-09-1986

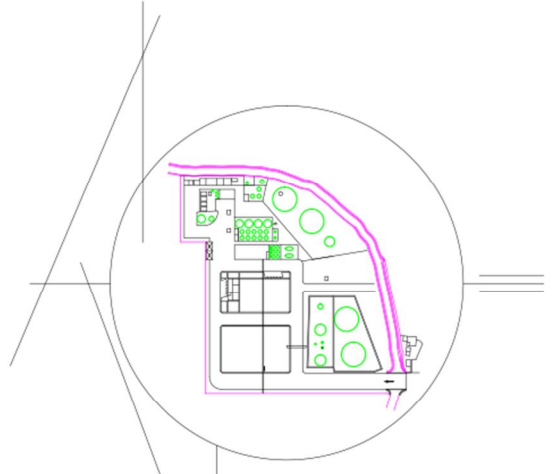
Plano 17 CIRCUITO A TIERRA



PICOS MAS ELEVADOS PRODUCARGO S.A.

Número	Area	DESCRIPCION
1 ***	Destileria	H estructura planta destilera 32.5mts
2	A. Verde	H estructura antena INTERNET 25 mts
3	Alma. melaza	H tanque nº 2= 11.5 mts
4 **	Alma. yú melaza alcohol	H tanque nº 7 = 11 mts
5 *	Alma. Bunker	H tanque nº 2= 7.4 mts
6 **	Alma. alcohol anhidro	H tanque = 4.5 mts

- *** PROTECCION SUPER IMPORTANTE
- ** PROTECCION MUY IMPORTANTE
- * PROTECCION IMPORTANTE



UBICACION

PROVINCIA : CAÑAR
 CIUDAD : LA TRONCAL
 SECTOR : ANA LUISA

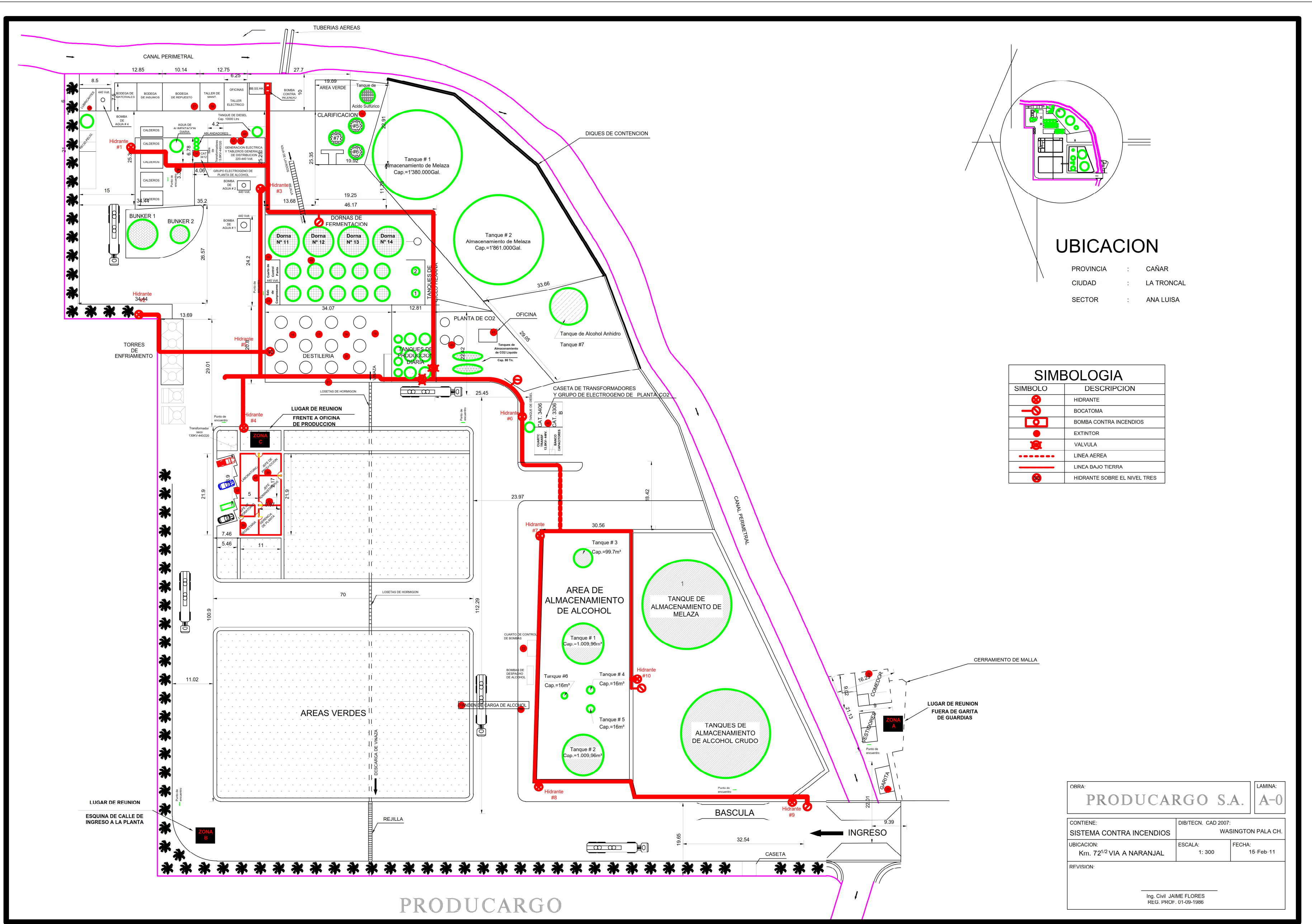
SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	TANQUES DE CO2
	TANQUES DE MELAZA
	TANQUES DE ACIDO SULFURICO
	TANQUES DE ALCOHOL
	TANQUES DE BUNKER
	TANQUES DE ALCOHOL ANHIDRO
	TANQUES DE FERMENTACION
	TANQUES DE PRODUCCION DIARIA
	TANQUES DE CLARIFICACION
	TANQUES DE CICLO HEXANA
	AREAS VERDES
	HIDRANTES
	POZOS PROFUNDOS
	TORRE DE ENFRIAMIENTO

OBRA:	PRODUCARGO S.A.	LAMINA:	A-1
CONTIENE:	Circuito de MALLA A TIERRA	DIB/TECN. CAD 2007:	WASHINGTON PALA CH.
UBICACION:	Km. 72 1/2 VIA A NARANJAL	ESCALA:	1: 300
REVISION:		FECHA:	07-FEB-2007
Ing. Civil JAIME FLORES REG. PROF. 01-09-1986			

PRODUCARGO

Plano 18 RED CONTRA INCENDIO ACTUAL



UBICACION

PROVINCIA : CAÑAR
 CIUDAD : LA TRONCAL
 SECTOR : ANA LUISA

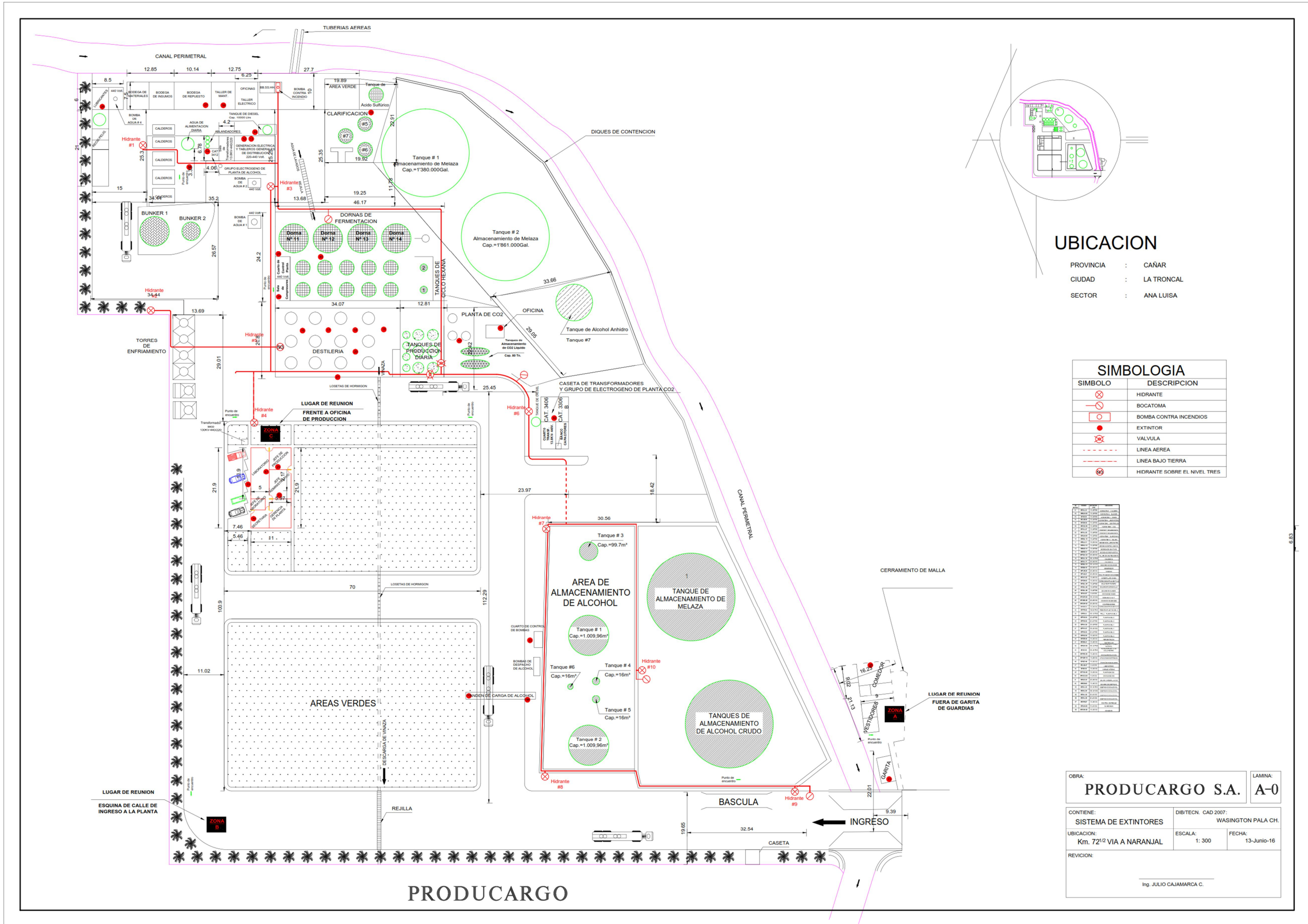
SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	HIDRANTE
	BOCATOMA
	BOMBA CONTRA INCENDIOS
	EXTINTOR
	VALVULA
	LINEA AEREA
	LINEA BAJO TIERRA
	HIDRANTE SOBRE EL NIVEL TRES

OBRA: PRODUCARGO S.A.		LAMINA: A-0
CONTIENE: SISTEMA CONTRA INCENDIOS	DIB/TECN. CAD 2007: WASHINGTON PALA CH.	
UBICACION: Km. 72^{1/2} VIA A NARANJAL	ESCALA: 1: 300	FECHA: 15-Feb-11
REVISION:		
Ing. Civil JAIME FLORES REG. PROF. 01-09-1986		

PRODUCARGO

Plano 19 EXTINTORES



UBICACION

PROVINCIA : CAÑAR
 CIUDAD : LA TRONCAL
 SECTOR : ANA LUISA

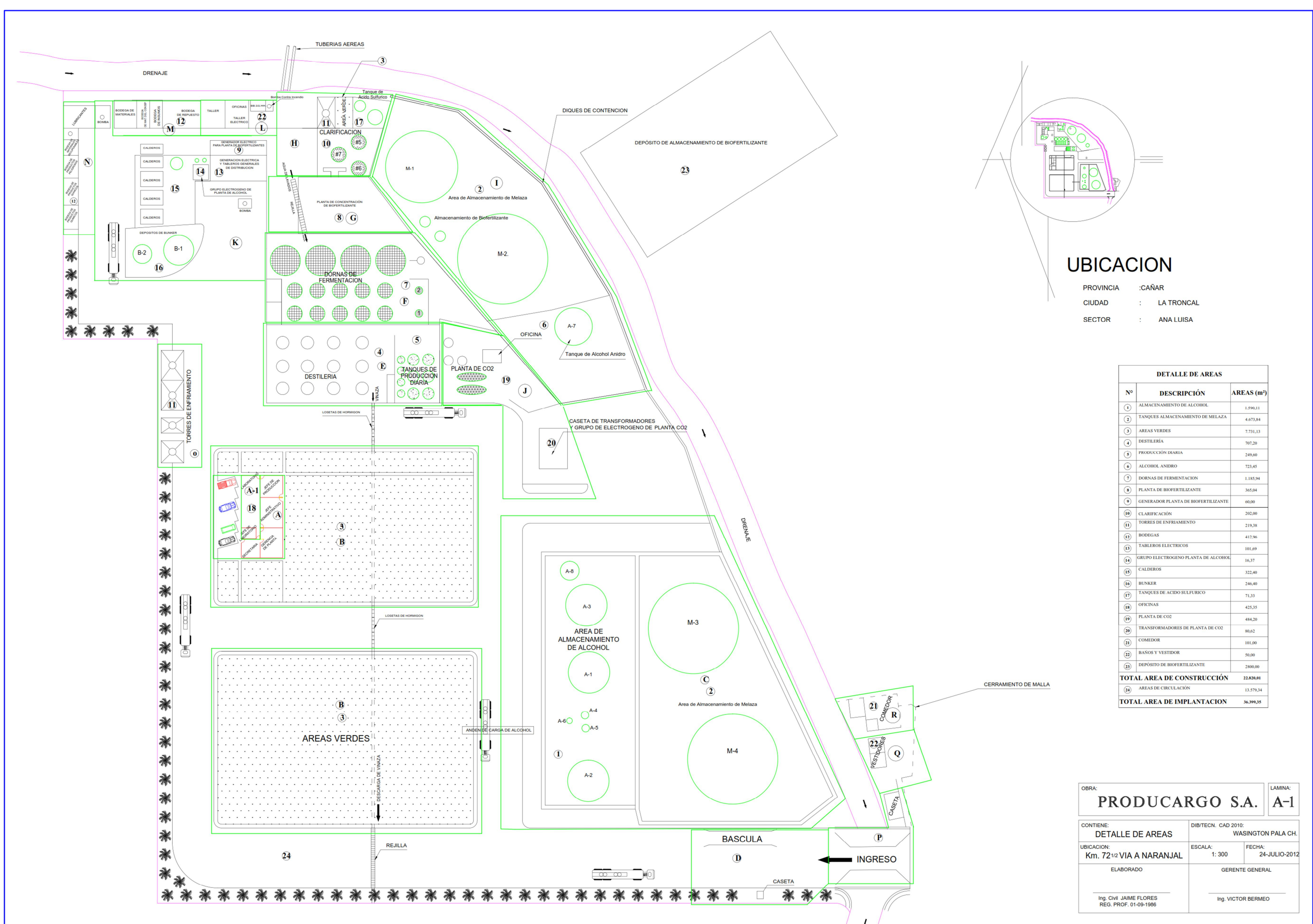
SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	HIDRANTE
	BOMBAS
	BOMBA CONTRA INCENDIOS
	EXTINTOR
	VALVULA
	LINEA AEREA
	LINEA BAJO TIERRA
	HIDRANTE SOBRE EL NIVEL TRES

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	Extintor	10	Unidad
2	Valvula	5	Unidad
3	Linea Aerea	100	Metros
4	Linea Bajo Tierra	100	Metros
5	Hidrante	10	Unidad
6	Bomba	1	Unidad
7	Linea Aerea	200	Metros
8	Linea Bajo Tierra	200	Metros
9	Hidrante	5	Unidad
10	Bomba	1	Unidad
11	Linea Aerea	300	Metros
12	Linea Bajo Tierra	300	Metros
13	Hidrante	3	Unidad
14	Bomba	1	Unidad
15	Linea Aerea	400	Metros
16	Linea Bajo Tierra	400	Metros
17	Hidrante	2	Unidad
18	Bomba	1	Unidad
19	Linea Aerea	500	Metros
20	Linea Bajo Tierra	500	Metros
21	Hidrante	1	Unidad
22	Bomba	1	Unidad
23	Linea Aerea	600	Metros
24	Linea Bajo Tierra	600	Metros
25	Hidrante	1	Unidad
26	Bomba	1	Unidad
27	Linea Aerea	700	Metros
28	Linea Bajo Tierra	700	Metros
29	Hidrante	1	Unidad
30	Bomba	1	Unidad
31	Linea Aerea	800	Metros
32	Linea Bajo Tierra	800	Metros
33	Hidrante	1	Unidad
34	Bomba	1	Unidad
35	Linea Aerea	900	Metros
36	Linea Bajo Tierra	900	Metros
37	Hidrante	1	Unidad
38	Bomba	1	Unidad
39	Linea Aerea	1000	Metros
40	Linea Bajo Tierra	1000	Metros
41	Hidrante	1	Unidad
42	Bomba	1	Unidad
43	Linea Aerea	1100	Metros
44	Linea Bajo Tierra	1100	Metros
45	Hidrante	1	Unidad
46	Bomba	1	Unidad
47	Linea Aerea	1200	Metros
48	Linea Bajo Tierra	1200	Metros
49	Hidrante	1	Unidad
50	Bomba	1	Unidad

OBRA:	PRODUCARGO S.A.	LAMINA:	A-0	
CONTIENE:	SISTEMA DE EXTINTORES	DIB/TECN:	CAD 2007	
UBICACION:	Km. 72 ^{1/2} VIA A NARANJAL	WASINGTON PALA CH.	ESCALA:	1: 300
REVISION:		FECHA:	13-Junio-16	
Ing. JULIO CAJAMARCA C.				

Plano 20 DETALLES DE ÁREAS



UBICACION

PROVINCIA : CAÑAR
 CIUDAD : LA TRONCAL
 SECTOR : ANA LUISA

DETALLE DE AREAS		
Nº	DESCRIPCIÓN	AREAS (m²)
1	ALMACENAMIENTO DE ALCOHOL	1.590,11
2	TANQUES ALMACENAMIENTO DE MELAZA	4.673,84
3	AREAS VERDES	7.731,13
4	DESTILERIA	707,20
5	PRODUCCION DIARIA	249,60
6	ALCOHOL ANIDRO	723,45
7	DORNAS DE FERMENTACION	1.185,94
8	PLANTA DE BIOFERTILIZANTE	365,04
9	GENERADOR PLANTA DE BIOFERTILIZANTE	60,00
10	CLARIFICACION	202,00
11	TORRES DE ENFRIAMIENTO	219,38
12	BODEGAS	417,96
13	TABLEROS ELECTRICOS	101,69
14	GRUPO ELECTROGENO PLANTA DE ALCOHOL	16,37
15	CALDEROS	322,40
16	BUNKER	246,40
17	TANQUES DE ACIDO SULFURICO	71,33
18	OFICINAS	425,35
19	PLANTA DE CO2	484,20
20	TRANSFORMADORES DE PLANTA DE CO2	80,62
21	COMEDOR	101,00
22	BANOS Y VESTIDOR	50,00
23	DEPOSITO DE BIOFERTILIZANTE	2800,00
TOTAL AREA DE CONSTRUCCION		22.820,01
24	AREAS DE CIRCULACION	13.579,34
TOTAL AREA DE IMPLANTACION		36.399,35

OBRA: **PRODUCARGO S.A.** LAMINA: **A-1**

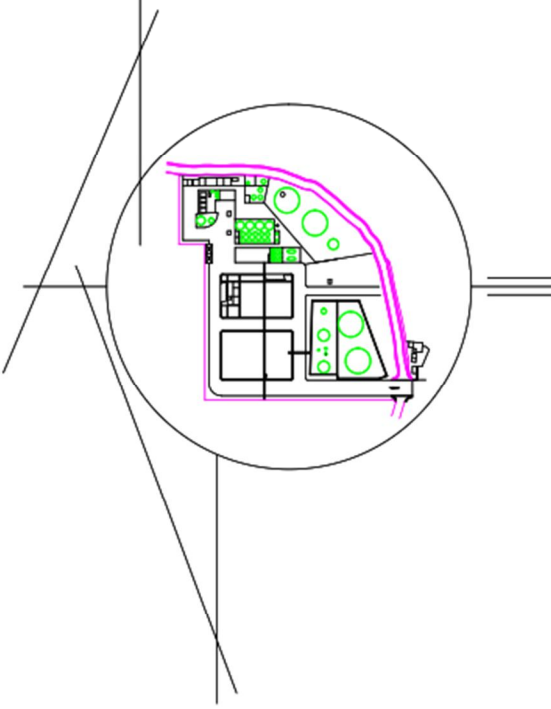
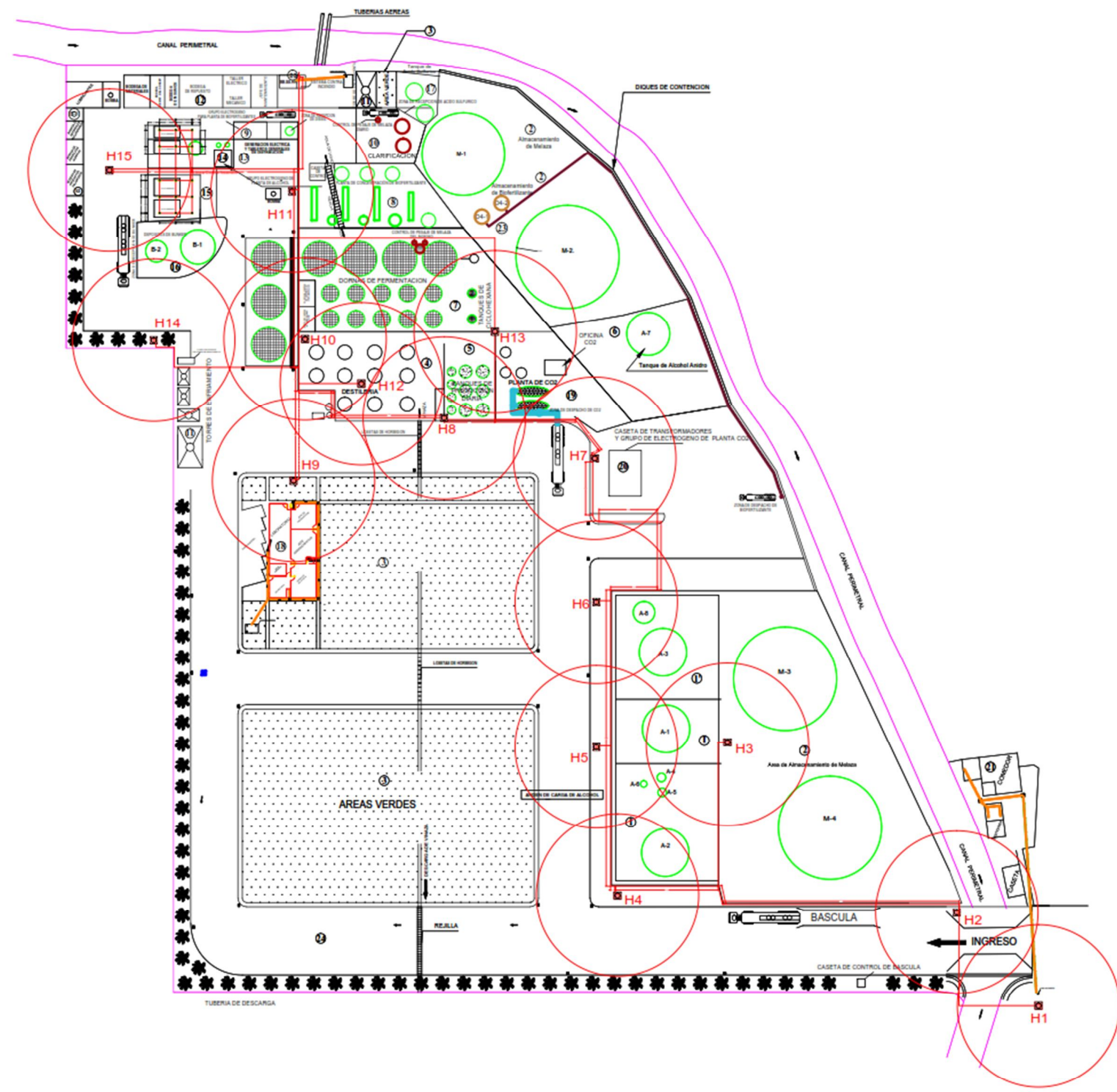
CONTIENE: **DETALLE DE AREAS** DIB/TECN. CAD 2010: WASHINGTON PALA CH.

UBICACION: **Km. 72 1/2 VIA A NARANJAL** ESCALA: 1: 300 FECHA: 24-JULIO-2012

ELABORADO: _____ GERENTE GENERAL: _____

Ing. Civil JAIME FLORES REG. PROF. 01-09-1986 Ing. VICTOR BERMEO

Plano 21 RED CONTRA INCENDIO - HIDRANTES



UBICACION

PROVINCIA : CAÑAR
 CIUDAD : LA TRONCAL
 SECTOR : ANA LUISA

SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	COLECTOR AASS.
	CAJA DE REGISTRO AASS.
	COLECTOR AALL.
	CAJA DE REGISTRO AALL.
	REJILLA AALL.

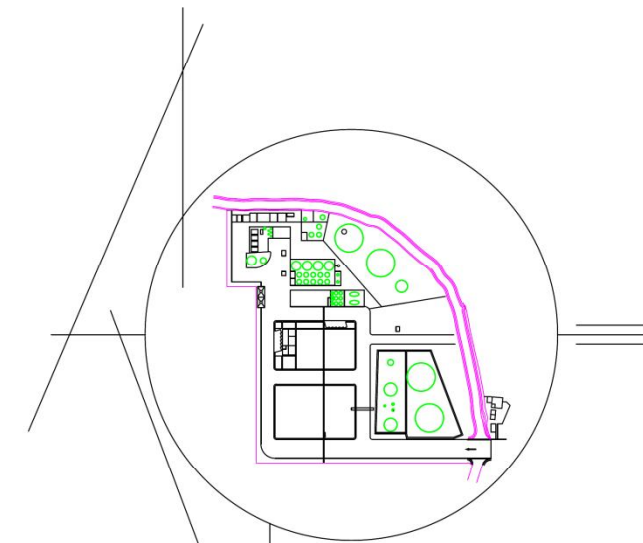
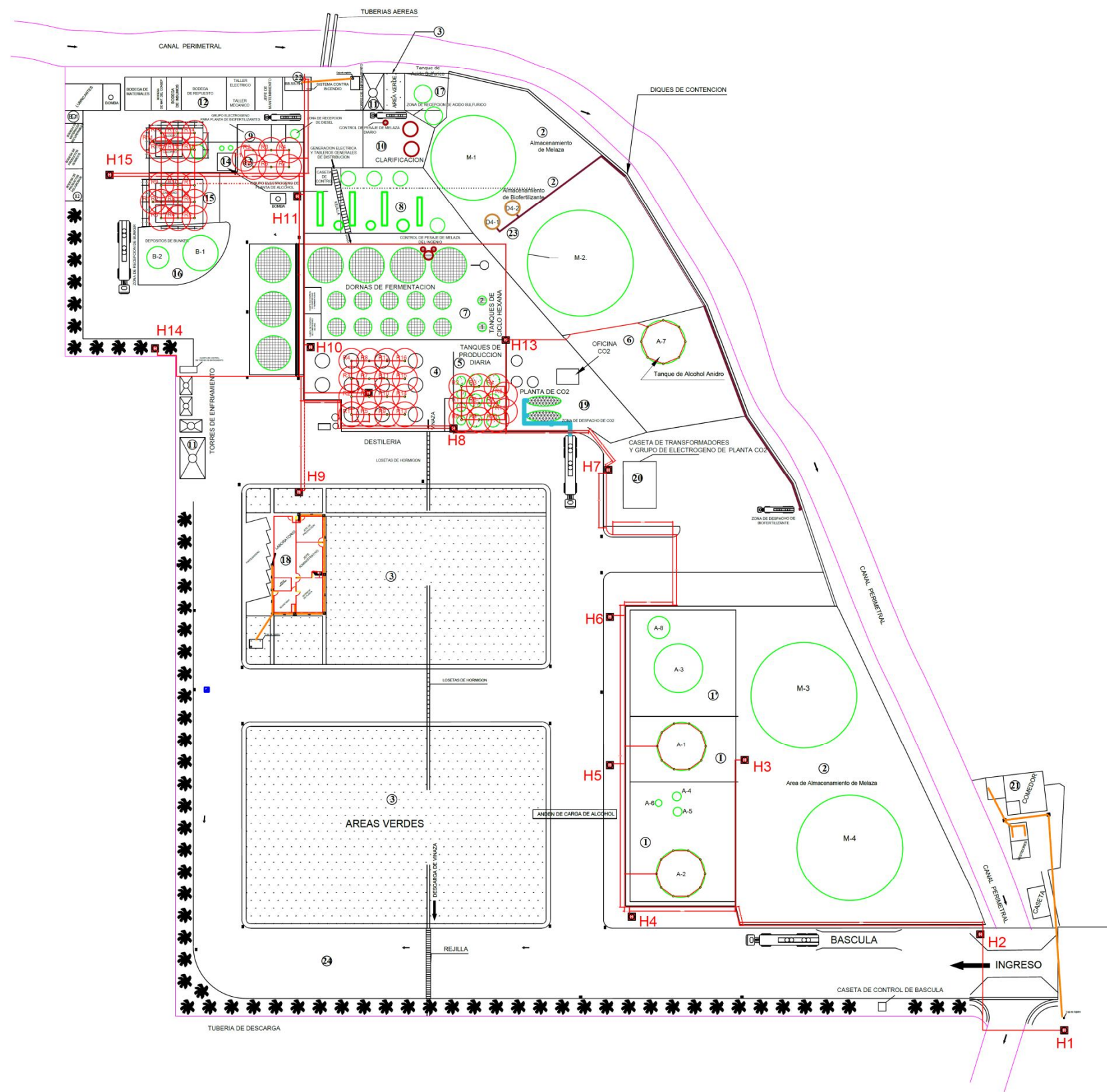
SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	HEBIANTE
	BUCATON
	BOQUIL CONTRA INCENDIO
	EXTINTOR
	VALVULA
	LINEA AEREA
	LINEA BAJA TIERRA
	HEBIANTE SOBRE EL NIVEL TRES

DETALLE DE AREAS

Nº	DESCRIPCION	AREAS (m²)
13	ALMACENAMIENTO DE ALCOHOL	1.231,43
1	INSTALACION INDUSTRIAL	358,68
2	TANQUES ALMACENAMIENTO DE MELAZA	2.638,39
3	AREAS VERDES	7.731,13
4	DESTILERIA	707,20
5	PRODUCCION DIARIA	249,60
6	ALCOHOL ANDIRO	723,45
7	DORNAS DE FERMENTACION	1.185,94
8	PLANTA DE BIOFERTILIZANTE	365,04
9	GENERADOR PLANTA DE BIOFERTILIZANTE	60,00
10	CLARIFICACION	202,00
11	TORRES DE ENFRIAMIENTO	219,38
12	BODEGAS	412,96
13	TABLEROS ELECTRICOS	101,69
14	GRUPO ELECTROGENO PLANTA DE ALCOHOL	16,37
15	CALDEROS	322,40
16	BUNKER	264,40
17	TANQUES DE ACIDO SULFURICO	71,33
18	OFICINAS	425,35
19	PLANTA DE CO2	484,20
20	TRANSFORMADORES DE PLANTA DE CO2	80,62
21	COMEDOR	101,00
22	BAÑOS Y VESTIDOR	50,00
23	DEPOSITO DE BIOFERTILIZANTE	2800,00
TOTAL AREA DE CONSTRUCCION		28.875,56
24	AREAS DE CIRCULACION	13.579,34
TOTAL AREA DE IMPLANTACION		34.363,90

OBRA:	PRODUCARGO S.A.		LAMINA:	A-1	
CONTIENE:	Red contra Incendio Propuesto		DIB/TECN. CAD 2009:		
UBICACION:	Km. 72 ^{1/2} VIA A NARANJAL	ESCALA:	1: 50	FECHA:	22-NOV-2015
		GERENTE GENERAL			
Ing. JULIO CAJAMARCA CAJAS		Ing. Carlos Lopez S.			

Plano 22 RED CONTRA INCENDIO - ROCIADORES



UBICACION

PROVINCIA : CA.....
 CIUDAD : LA TRONCAL
 SECTOR : ANA LUISA

SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
—	COLECTOR AASS.
□	CAJA DE REGISTRO AASS.
—	COLECTOR AALL.
□	CAJA DE REGISTRO AALL.
■	REJILLA AALL.

SIMBOLOGIA

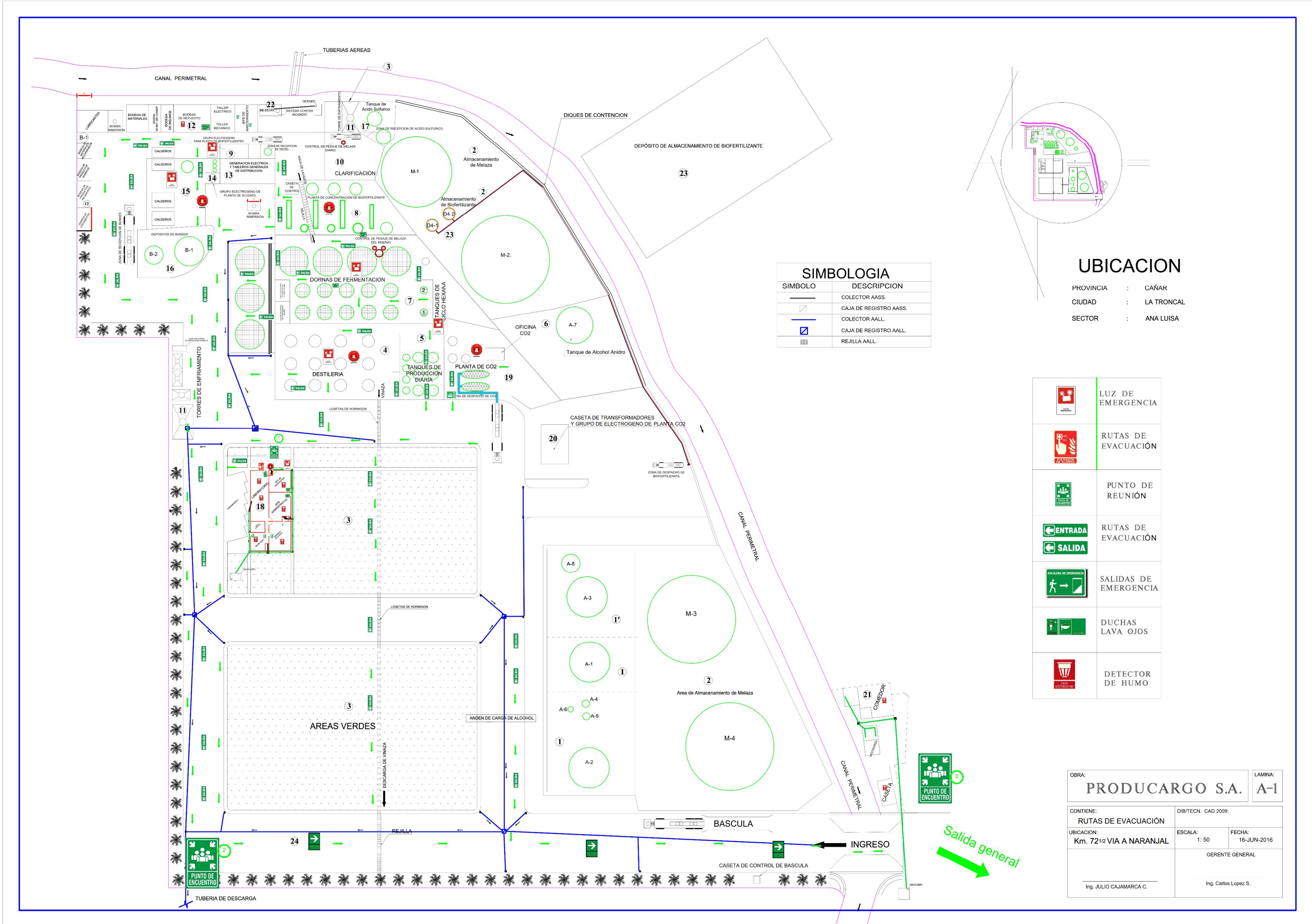
SIMBOLO	DESCRIPCION
○	INDICANTE
○	ROCIATORIA
○	BOMBA CONTRA INCENDIOS
○	EXTRACTOR
○	VALVULA
—	LINEA AEREA
—	LINEA S/O A TIERRA
○	INDICANTE SOBRE EL NIVEL TRES

DETALLE DE AREAS

Nº	DESCRIPCIÓN	AREAS (m²)
1-1	ALMACENAMIENTO DE ALCOHOL	1.231,43
1	.....	358,68
2	TANQUES ALMACENAMIENTO DE MELAZA	2.638,39
3	AREAS VERDES	7.731,13
4	.....	707,20
5	.....	249,60
6	ALCOHOL ANIDRO	723,45
7	DORNAS DE FERMENTACION	1.185,94
8	PLANTA DE BIOFERTILIZANTE	365,04
9	GENERADOR PLANTA DE BIOFERTILIZANTE	60,00
10	.....	202,00
11	TORRES DE ENFRIAMIENTO	219,38
12	BODEGAS	412,96
13	TABLEROS ELECTRICOS	101,69
14	GRUPO ELECTROGENO PLANTA DE ALCOHOL	16,37
15	CALDEROS	322,40
16	BUNKER	246,40
17	TANQUES DE ACIDO SULFURICO	71,33
18	OFICINAS	425,35
19	PLANTA DE CO2	484,20
20	TRANSFORMADORES DE PLANTA DE CO2	80,62
21	COMEDOR	101,00
22	.....	50,00
23	.....	550,00
TOTAL AREA DE CONSTRUCCIÓN		20.875,56
24	.....	13.579,34
TOTAL AREA DE IMPLANTACION		34.363,90

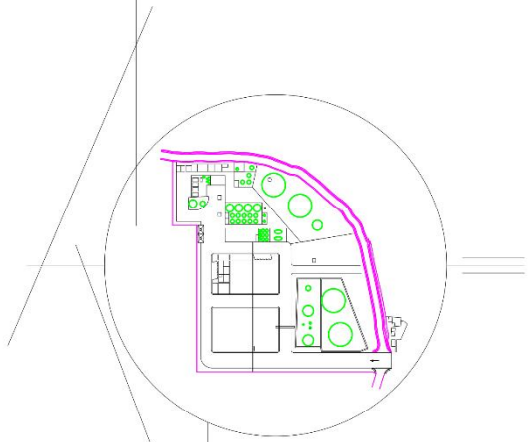
OBRA:		PRODUCARGO S.A.		LAMINA:	A-1
CONTIENE:		SISTEMA DE ROCIADORES			
UBICACION:		Km. 72 1/2 VIA A NARANJAL		ESCALA:	1: 50
				FECHA:	22-NOV-2015
		GERENTE GENERAL			
Ing. JULIO CAJAMARCA C.		Ing. Carlos Lopez S.			

Plano 23 RUTAS DE EVACUACIÓN



SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	COLECTOR AASS.
	CAJA DE REGISTRO AASS.
	COLECTOR AALL.
	CAJA DE REGISTRO AALL.
	REJILLA AALL.



UBICACION

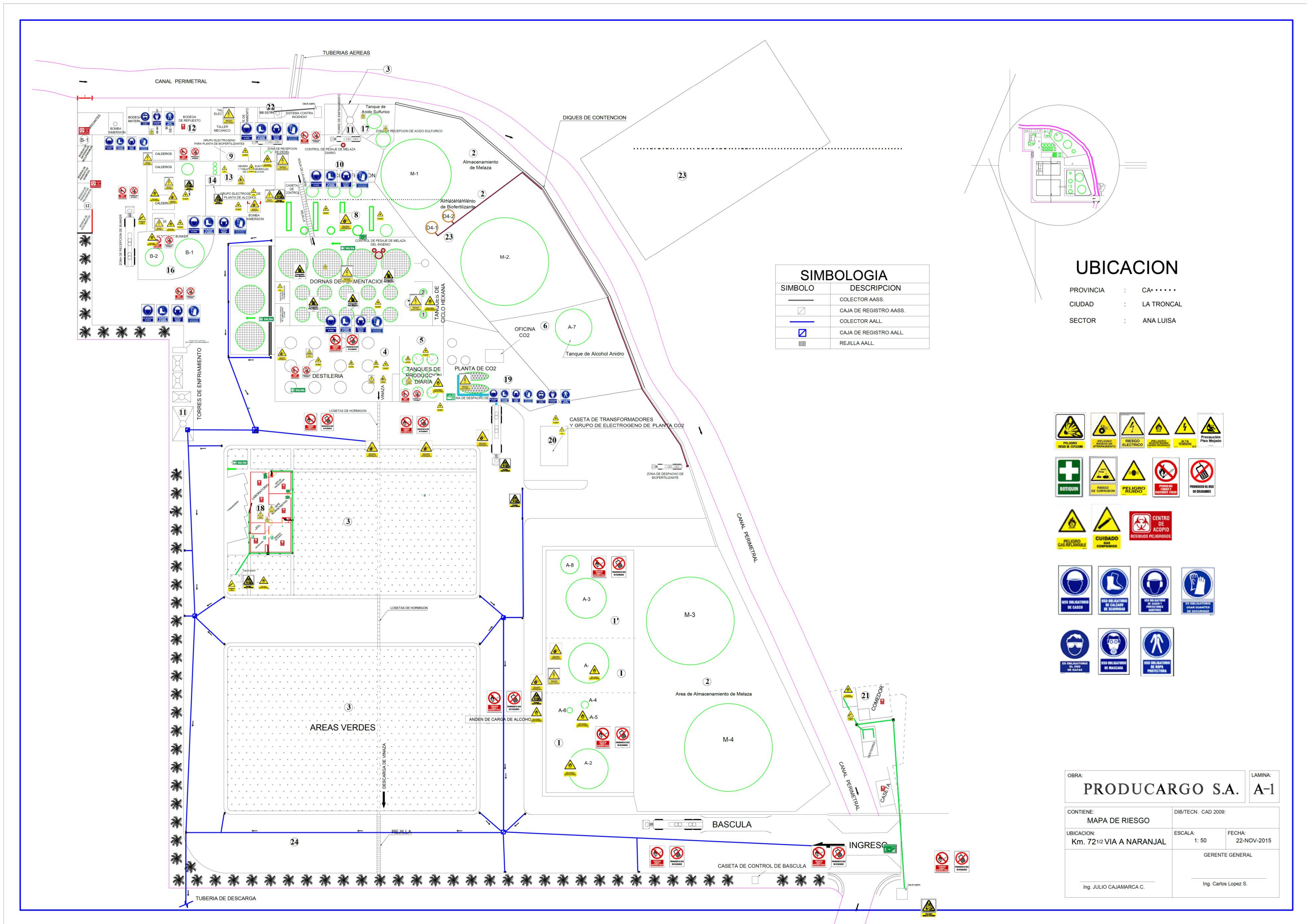
PROVINCIA : CAÑAR
 CIUDAD : LA TRONCAL
 SECTOR : ANA LUISA

	LUZ DE EMERGENCIA
	RUTAS DE EVACUACION
	PUNTO DE REUNION
	RUTAS DE EVACUACION
	SALIDAS DE EMERGENCIA
	DUCHAS LAVA OJOS
	DETECTOR DE HUMO

OBRA:	PRODUCARGO S.A.		LAMINA:	A-1	
CONTIENE:	RUTAS DE EVACUACION				
UBICACION:	Km. 72 1/2 VIA A NARANJAL	ESCALA:	1: 50	FECHA:	16-JUN-2016
		GERENTE GENERAL			
Ing. JULIO CAJAMARCA C.		Ing. Carlos Lopez S.			

Salida general

Plano 24 MAPA DE RIESGO GENERAL



SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
—	COLECTOR AASS.
—	CAJA DE REGISTRO AASS.
—	COLECTOR AALL.
—	CAJA DE REGISTRO AALL.
—	REJILLA AALL.

UBICACION

PROVINCIA : CA.....
 CIUDAD : LA TRONCAL
 SECTOR : ANA LUISA



OBRA:	PRODUCARGO S.A.	LAMINA:	A-1
CONTIENE:	MAPA DE RIESGO	DIB/TECN:	CAD 2009:
UBICACION:	Km. 72 1/2 VIA A NARANJAL	ESCALA:	1: 50
		FECHA:	22-NOV-2015
		GERENTE GENERAL	
	Ing. JULIO CAJAMARCA C.	Ing. Carlos Lopez S.	