



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

UNIDAD DE POSGRADOS

**MAESTRÍA EN SISTEMAS INTEGRADOS DE
GESTIÓN DE LA CALIDAD, AMBIENTE Y SEGURIDAD**

Tesis previa a la obtención
del Grado de Magister en
Sistemas Integrados de
Gestión de la Calidad,
Ambiente y Seguridad.

**EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO Y
EXPLOSIÓN EN UNA LÍNEA DE EXTRUSION
DE POLIETILENO EXPANDIDO**

Autores:

Ing. Juan Pablo Piedra G.

Ing. Juan Carlos Valdivieso T.

Dirigido por:

Dr. Luis Vasquez Zamora



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA UNIDAD DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD, AMBIENTE Y SEGURIDAD

Autores:

Ing. Juan Pablo Piedra G.

Ing. Juan Carlos Valdivieso T.

Dirigido por:

Dr. Luis Vasquez Zamora

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN EN UNA LÍNEA DE EXTRUSION DE POLIETILENO EXPANDIDO

En el siguiente trabajo se ha desarrollado un estudio del riesgo de incendio y de explosión de la línea de polietileno expandido tiene como propósito el concientizar a obreros y empleados del riesgo que se tiene en plantas industriales donde se tiene almacenamiento de gas.

Para el desarrollo del presente estudio se tomó como referencia dos metodologías de evaluación de riesgo. La primera fue el cálculo de incendio por el método del Índice de Dow, esta metodología es aplicada para la evaluación del riesgo de incendio en plantas que procesan químicos, plásticos o elementos relacionados. Esta metodología fue desarrollada justamente por una empresa química, que como su nombre lo indica se llama Dow Chemical.

La segunda metodología que se aplicó, es para el cálculo del riesgo de incendio de explosión, esta utiliza una simulación por métodos numéricos para determinar los posibles efectos que se pueden tener ante diferentes casos de fugas o explosiones de tanques de almacenamientos de combustibles o químicos. Esta herramienta automatizada que se llama ALOHA utiliza datos de la ubicación, dirección del viento, entre otros para realizar la simulación de los posibles efectos.

Para el desarrollo del estudio solo se tomó un área de la empresa, esta representa una parte de la misma, y como tal una parte del riesgo al que están expuestas las personas que laboran el área, se pudo determinar cuál es el área más afectada en caso de llegar a tener un accidente mayor, de esta manera se pueden tomar medidas preventivas para controlar el riesgo al que están expuestos.

**EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO Y
EXPLOSIÓN EN UNA LÍNEA DE EXTRUSION
DE POLIETILENO EXPANDIDO**

**EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO Y
EXPLOSIÓN EN UNA LÍNEA DE EXTRUSION DE
POLIETILENO EXPANDIDO**

JUAN PABLO PIEDRA G.

Ingeniero Químico

JUAN CARLOS VALDIVIESO T.

Ingeniero Mecánico

**Egresados de la Maestría en Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad,
Ambiente y Seguridad**

Dirigido por:

Dr. LUIS VASQUEZ ZAMORA

Doctor en Medicina y Cirugía

**Experto en Seguridad e Higiene Industrial; Especialista en Ergonomía,
Psicosociología, Seguridad e Higiene; Diplomado en estudios avanzados**

Egresado del PhD en Gestión de Salud y Ambiente



CUENCA – ECUADOR

2013

V

Datos de catalogación bibliográfica.

PIEDRA GONZÁLEZ JUAN PABLO

VALDIVIESO TORRES JUAN CARLOS

“EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN EN UNA LÍNEA DE EXTRUSION DE POLIETILENO EXPANDIDO”

Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca – Ecuador, 2013.

MAESTRÍA EN SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD, AMBIENTE Y SEGURIDAD.

FORMATO: 170 X 240 Páginas: 164

Breve reseña de los autores e información de contacto



JUAN PABLO PIEDRA GONZÁLEZ

Ingeniero Químico

Egresado de la Maestría en Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad, Ambiente y Seguridad



JUAN CARLOS VALDIVIESO TORRES

Ingeniero Mecánico

Egresado de la Maestría en Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad, Ambiente y Seguridad

Auditor de Sistema de Auditoría de Riesgos del Trabajo - SART



Dirigido por:

Dr. LUIS VASQUEZ ZAMORA

Dr. En Medicina y Cirugía

Experto en Seguridad e Higiene Industrial; Especialista en Ergonomía, Psicosociología, Seguridad e Higiene;

Diplomado en estudios avanzados

Egresado del PhD en Gestión de Salud y Ambiente

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

© 2013 Universidad Politécnica Salesiana

CUENCA – ECUADOR

PIEDRA GONZÁLEZ JUAN PABLO

VALDIVIESO TORRES JUAN CARLOS

“EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN EN UNA LÍNEA DE EXTRUSION DE POLIETILENO EXPANDIDO”

IMPRESO EN ECUADOR – PRINTED IN ECUADOR.

INDICE DE CONTENIDOS

Contenido

CAPITULO 1	- 29 -
INTRODUCCIÓN - LA EMPRESA.....	- 29 -
1.1. INTRODUCCION.....	- 29 -
1.2. PRODUCCION DE LA EMPRESA	- 32 -
1.3. ASPECTOS ORGANIZATIVOS Y PROPIOS DE LA EMPRESA	38
1.3.1. UBICACIÓN DE LA EMPRESA.....	38
1.3.2. JORNADA DE TRABAJO	40
1.3.3. TAMAÑO DE LA EMPRESA.....	40
1.3.4. TIPO DE PROCESO	41
1.3.5. RITMO DE LA ACTIVIDAD	42
1.3.6. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN	42
1.4. PROCESO TECNOLÓGICO DE LA FABRICACIÓN DE POLIETILENO EXPANDIDO.....	43
1.4.1. EL TORNILLO	47
1.4.2. EL ROMPEDOR	50
1.4.3. EL CABEZAL.....	51
1.4.4. TEMPERATURA DE EXTRUSIÓN.....	52
1.4.5. PRODUCTO TERMINADO.....	53
1.5. LAS INSTALACIONES	54

1.6.	MANTENIMIENTO	55
1.6.1.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	55
1.6.2.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	56
1.6.3.	MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	56
1.6.4.	COMPARACIÓN DE COSTOS DE LOS 3 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO	57
1.6.5.	MANTENIMIENTO PROACTIVO	58
1.6.6.	FALLAS.....	59
CAPITULO II.....		65
EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN		65
2.1.	DEFINICIONES.....	65
2.1.1.	Peligro.....	65
2.1.2.	Riesgo laboral	65
2.1.3.	Accidente de trabajo	65
2.1.4.	Factor de riesgo	65
2.1.5.	Explosión	66
2.1.6.	Riesgo de incendio.....	66
2.1.7.	Exposición al riesgo de Incendio.....	66
2.1.8.	Seguridad contra incendios.....	66
2.1.9.	Compartimientos contra fuego	67
2.1.10.	Células contrafuego	67

2.1.11.	Punto de Ignición.....	67
2.1.12.	Temperatura de Ignición.....	68
2.2.	EL FUEGO	68
2.3.	TETRAEDRO DEL FUEGO	68
2.3.1.	OXIGENO (AGENTE OXIDANTE).....	69
2.3.2.	CALOR (ENERGÍA CALÓRICA).....	69
2.3.3.	COMBUSTIBLE (AGENTE REDUCTOR).....	69
2.3.4.	REACCIÓN EN CADENA.....	70
2.4.	FASES DEL FUEGO	71
2.4.1.	ETAPA INCIPIENTE O INICIAL.....	71
2.4.2.	ETAPA DE COMBUSTION LIBRE	72
2.4.3.	ETAPA DE ARDER SIN LLAMA.....	73
2.4.4.	FLASHOVER.....	74
2.5.	TIPOS DE INCENDIO	77
2.5.1.	INCENDIO DE CHARCO (POOL FIRE)	77
2.5.2.	DARDO DE FUEGO (JET FIRE).....	78
2.6.	INDICE DE DOW	78
2.6.	MEZCLA AIRE GAS	81
2.7.	EVALUACION DEL RIESGO DE INCENDIO POR EL INDICE DE DOW 82	
2.7.1.	SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE PROCESO.....	82

2.7.2.	CÁLCULO DEL ÍNDICE DE MATERIAL (MF).....	83
2.7.3.	CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIESGO DE LA UNIDAD DE PROCESO (F3)	83
2.7.4.	CALCULO DEL FACTOR DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN (INDICE DOW) 88	
2.7.5.	DETERMINACIÓN DEL RADIO DE INCENDIO.....	89
2.7.6.	CALCULO DEL FACTOR DE DAÑO PROBABLE	90
2.7.7.	CALCULO DE DAÑO BÁSICO MÁXIMO PROBABLE A LA PROPIEDAD.....	91
2.7.8.	CALCULO DEL FACTOR DE BONIFICACIÓN	92
2.7.9.	CALCULO EFECTIVO MÁXIMO PROBABLE DE LA PROPIEDAD 95	
2.7.10.	DETERMINACIÓN DE LOS MÁXIMOS DÍAS PROBABLES DE INDISPONIBILIDAD.....	96
2.7.11.	CALCULO DEL DAÑO ECONÓMICO POR PERDIDA DE PRODUCCIÓN	97
2.8.	ALOHA	98
2.8.1.	Causas de accidentes en instalaciones de proceso	99
2.8.2.	AEGL – ACUTE EXPOSURE GUIDELINE LEVELS	100
2.8.3.	ESENAARIOS A ANALIZARSE	101
CAPÍTULO III		123
MEDIOS DE EXTINCIÓN.....		123
3.1.	MEDIOS DE EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	123
3.1.1.	TIPOS DE FUEGO	124

3.2.	MEDIOS DE EXTINCIÓN.....	126
3.2.1.	ELIMINACIÓN DEL COMBUSTIBLE.....	127
3.2.2.	SOFOCACIÓN.....	128
3.2.3.	ENFRIAMIENTO	128
3.2.4.	INHIBICIÓN.....	128
	CAPÍTULO IV	139
	PLAN DE EMREGENCIA	139
4.1.	DESCRIPCION DE LA EMPRESA.....	140
4.2.	ANTECEDENTES	140
4.3.	JUSTIFICACION.....	140
4.4.	OBJETIVOS.....	140
4.5.	RESPONSABLES.....	140
4.6.	IDENTIFICACION DE FACTORES DE RIESGO PROPIOS DE LA ORGANIZACIÓN (VER CAPITULO 1).....	141
4.7.	FACTORES EXTERNOS QUE GENERAN POSIBLES AMENAZAS ..	141
4.8.	METODO SIMPLIFICADO EVALUACION DE RIESGO DE INCENDIO 142	
4.9.	PREVENCION Y CONTROL DE RIESGOS	142
4.10.	PROTOCOLO DE ALARMA Y COMUNICACIONES PARA EMERGENCIA.....	142
4.11.	ACTUACIÓN EN CASO DE EMERGENCIA	143
4.11.1.	DETECCIÓN DE LA ALARMA.....	143

4.11.2.	CONFIRMACIÓN/ACTIVACIÓN DE LA ALARMA.....	144
4.11.3.	DECLARACIÓN DEL TIPO DE EMERGENCIA.	144
4.11.4.	TRANSMISIÓN DE LA EMERGENCIA.	144
4.11.5.	EVACUACIÓN.....	145
4.11.6.	AYUDA EXTERIOR.....	145
4.11.7.	FIN DE LA EMERGENCIA.....	145
4.12.	PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA EN CASO DE INCENDIO..	146
4.12.1.	EMPLEADO QUE DETECTA EL FUEGO.....	146
4.12.2.	CONFIRMACIÓN DE LA ALARMA	146
4.12.3.	DECLARACIÓN DEL TIPO DE EMERGENCIA	146
4.12.4.	TRANSMISIÓN DE LA EMERGENCIA	146
4.12.5.	INTERVENCIÓN:	147
4.12.6.	EVACUACIÓN, AYUDA EXTERIOR.....	148
4.12.7.	FIN DE LA EMERGENCIA	148
4.13.	TAREAS PARTICULARES.....	148
4.13.1.	RESPONSABLE DE SEGURIDAD INDUSTRIAL:.....	148
4.13.2.	TRATAMIENTO DE VÍCTIMAS.....	148
4.14.	PROTOCOLO DE INTERVENCION ANTE INCENDIOS	149
4.15.	PROCEDIMIENTOS DE IMPLANTACION DEL PLAN DE EMERGENCIA.....	150
	CONCLUSIONES.....	155

RECOMENDACIONES	159
BIBLIOGRAFIA	161

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

FIGURA 1. 1 - LINEAS DE PRODUCCION	- 29 -
FIGURA 1. 2 - DISTRIBUCIÓN DE LA LINEAS DE PRODUCCIÓN	- 30 -
FIGURA 1. 3 - DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCION SEMANAL	34
FIGURA 1. 4 - RECICLAJE DEL MATERIAL	36
FIGURA 1. 5 - DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OBTENCION DE POLIETILENO EXPANDIDO	37
FIGURA 1. 6 - EMPLAZAMIENTO PARQUE INDUSTRIAL	38
FIGURA 1. 7 - EMPLAZAMIENTO RACAR	39
FIGURA 1. 8 - DIAGRAMA DE UNA EXTRUSORA	44
FIGURA 1. 9 - TOLVA DE ALIMENTACIÓN	45
FIGURA 1. 10 - BARRIL DE EXTRUSIÓN	45
FIGURA 1. 11- PROCESO DE EXTRUSIÓN	46
FIGURA 1. 12 - TORNILLO DE EXTRUSIÓN	47

FIGURA 1. 13 - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - ALIMENTACIÓN	48
FIGURA 1. 14 - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - COMPRESIÓN	48
FIGURA 1. 15 - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - DOSIFICACIÓN.....	49
FIGURA 1. 16 - PRESIÓN EN EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN	50
FIGURA 1. 17 - ROMPEDOR Y MALLAS	51
FIGURA 1. 18 – CABEZAL.....	52
FIGURA 1. 19 - LÍNEAS DE EXTRUSIÓN.....	53
FIGURA 1. 20 - ROLLOS DE POLIETILENO EXPANDIDO	54
FIGURA 1. 21 - CONDICION DE LA MAQUINARIA.....	57
FIGURA 1. 22 - COMPARACION DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO ...	58
FIGURA 1. 23 - MANTENIMIENTO PROACTIVO	59

CAPITULO 2

FIGURA 2. 1 - TETRAEDRO DEL FUEGO	69
FIGURA 2. 2 - TRIÁNGULO DE FUEGO - COMBUSTIBLES	70
FIGURA 2. 3 - FASE INCIPIENTE	72
FIGURA 2. 4 - COMBUSTION LIBRE.....	73
FIGURA 2. 5 - ARDER SIN LLAMA.....	74
FIGURA 2. 6 - FASES DE DESARROLLO DEL FUEGO	76
FIGURA 2. 7 - PODER CALORIFICO	77

FIGURA 2. 8 - PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DOW	80
FIGURA 2. 9 - MEZCLA AIRE – GAS	81
FIGURA 2. 10 - ZONA DE EXTRUSION DE POLIETILENO EXPANDIDO.....	82
FIGURA 2. 11 - FACTOR DE PENALIZACION POR CANTIDAD DE MATERIAL	85
FIGURA 2. 12 - FACTOR DE PENALIZACION POR LIQUIDOS O GASES EN ALMACENAMIENTO.....	86
FIGURA 2. 13 - FACTOR DE PENALIZACION POR COMBUSTIBLES SOLIDOS ENF ALMACENAMIENTO	87
FIGURA 2. 14 - AREA DE EXPLOSIÓN.....	89
FIGURA 2. 15 - RADIO DE EXPLOSIÓN.....	89
FIGURA 2. 16 - FACTOR DE DAÑO PROBABLE DE LA INSTALACION	90
FIGURA 2. 17 - FACTOR DE BONIFICACION EFECTIVO	95
FIGURA 2. 18 - DIAS PERDIDOS	96
FIGURA 2. 19 - DATOS PARA SIMULACIÓN EN ALOHA.....	102
FIGURA 2. 20 - TABLA DE RESUMEN DE DATOS.....	104
FIGURA 2. 21 - NUBE TOXICA DE VAPOR – CASO 1.....	105
FIGURA 2. 22 - NUBE TOXICA – CASO 1	105
FIGURA 2. 23 - CONCENTRACION DE GAS	106
FIGURA 2. 24 - NUBE INFLAMABLE – CASO 1.....	107
FIGURA 2. 25 - NUBE DE GAS INFLAMABLE – CASO 2	108
FIGURA 2. 26 – NUBE DE GAS INFLAMABLE – CASO 2.....	109

FIGURA 2. 27 - EXPLOSIÓN DE NUBE DE VAPOR DE GAS – CASO 2.....	110
FIGURA 2. 28 - EXPLOSION DE NUBE DE VAPOR – CASO 2.....	110
FIGURA 2. 29 - EXPLOSION DE LA NUBE DE VAPOR – CASO 3.....	111
FIGURA 2. 30 - EXPLOSION DE NUBE DE VAPOR – CASO 3.....	112
FIGURA 2. 31 - NUBE DE GAS INFLAMABLE – CASO 4.....	113
FIGURA 2. 32 - NUBE DE GAS INFLAMABLE CASO 4.....	113
FIGURA 2. 33 - FLUJO DE GAS – CASO 4.....	114
FIGURA 2. 34 - CONCENTRACION DE GAS – CASO 4.....	115
FIGURA 2. 35 - CONCENTRACIÓN DE GAS – CASO 4.....	115
FIGURA 2. 36 - EXPLOSIÓN DEL TANQUE AL 100%.....	116
FIGURA 2. 37 - EXPLOSIÓN DEL TANQUE AL 100%.....	117
FIGURA 2. 38 - AREA DE DAÑO AL 100%.....	117
FIGURA 2. 39 - EXPLOSION DEL TANQUE AL 30%.....	118
FIGURA 2. 40 - EXPLOSION DEL TANQUE AL 30%.....	118
FIGURA 2. 41 - AREA DE DAÑO AL 30%.....	119

CAPITULO 3

FIGURA 3. 1 - FUEGO TIPO CHARCO (POOL FIRE).....	124
FIGURA 3. 2 - DARDO DE FUEGO (JET FIRE).....	125
FIGURA 3. 3 – BLEVE.....	125

FIGURA 3. 4 – EXTINTOR	130
FIGURA 3. 5 - AGENTES EXTINTORES	131
FIGURA 3. 6 – BIE.....	132
FIGURA 3. 7 – ROCIADOR	133
FIGURA 3. 8 - ESPACIOS OCULTOS.....	134

CAPITULO 4

FIGURA 4. 1 - ESQUEMA ORGANIZATIVO	143
FIGURA 4. 2 - USO DEL EXTINTOR	147
FIGURA 4. 3 BRIGADA DE INCENDIOS	149
FIGURA 4. 4 - EXTINTORES EN LA PLANTA	150

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 1

TABLA 1. 1 – RESUMEN DE PRODUCTOS ELABORADOS. FUENTE: AUTOR	- 31 -
TABLA 1. 2 – PRODUCCION DE LA EMPRESA. FUENTE: AUTOR-FABRICA	- 32 -
TABLA 1. 3 – TAMAÑO DE LA EMPRESA. FUENTE: CURSO SUPERIOR DE MANTENIMIENTO/ LEZANA GARCIA.....	41
TABLA 1. 4 – TEMPERATURAS DE LA EXTRUSORA. FUENTE: AUTOR- FABRICA.....	52
TABLA 1. 5 – COMPARACION DE COSTOS. FUENTE: www.fing.uncu.edu.ar/catedras/planeamiento/archivos	57

CAPITULO 2

TABLA 2. 1 – INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION VS GRADO DE PELIGRO. FUENTE: FIRE & EXPLOSION INDEX 5ta EDICION	91
---	----

CAPITULO 3

TABLA 3. 1 – FACTORES DE COMBUSTIÓN, FUENTE: AUTOR..... 123

TABLA 3. 2- Superficies máximas admisibles establecimientos industriales 135

TABLA 3. 3 – MATERIALES DE DISEÑO, Fuente: (Fernandez de Castro, 2013).
..... 135

CAPITULO 4

TABLA 4. 1 – CURSOS DE SEGURIDAD, FUENTE: AUTOR..... 151

TABLA 4. 2 – CAPACITACION DE SIMULACROS, FUENTE: AUTOR..... 152

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a:

A todas aquellas personas que se preocupan por nosotros, nos apoyaron durante la realización del presente trabajo, nos dieron fuerza para continuar y lograr a la feliz culminación de todo este proyecto.

Personalmente dedico a mis padres por el apoyo continuo en esta muy difícil etapa de la vida, ya que sin él no lo hubiera podido realizar, Patricio y Lina, este trabajo es para ustedes ya que el esfuerzo no solo fue mío, fue en conjunto. También dedico a Sofía, ya que sin su apoyo y comprensión día a día no estaría en el punto en el que me encuentro.

Juan Carlos

Mi dedicatoria más importante es para mi amada esposa Estefanía y mis hijos Emilia y Francisco quienes han sido mi inspiración, agradezco además a mi madre Magdalena y mis abuelos Beatriz y Rafael quienes siempre guían mis pasos.

Juan Pablo

PROLOGO

En el siguiente trabajo se ha desarrollado un estudio del riesgo de incendio y de explosión de la línea de polietileno expandido tiene como propósito el concientizar a obreros y empleados del riesgo que se tiene en plantas industriales donde se tiene almacenamiento de gas.

Para el desarrollo del presente estudio se tomó como referencia dos metodologías de evaluación de riesgo. La primera fue el cálculo de incendio por el método del Índice de Dow, esta metodología es aplicada para la evaluación del riesgo de incendio en plantas que procesen químicos, plásticos o elementos relacionados. Esta metodología fue desarrollada justamente por una empresa química, que como su nombre lo indica se llama Dow Chemical.

La segunda metodología que se aplicó, es para el cálculo del riesgo de incendio de explosión, esta utiliza una simulación por métodos numéricos para determinar los posibles efectos que se pueden tener ante diferentes casos de fugas o explosiones de tanques de almacenamientos de combustibles o químicos. Esta herramienta automatizada que se llama ALOHA utiliza datos de la ubicación, dirección del viento, entre otros para realizar la simulación de los posibles efectos.

Para el desarrollo del estudio solo se tomó un área de la empresa, esta representa una parte de la misma, y como tal una parte del riesgo al que están expuestas las personas que laboran el área, se pudo determinar cuál es el área más afectada en caso de llegar a tener un accidente mayor, de esta manera se pueden tomar medidas preventivas para controlar el riesgo al que están expuestos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Dr. Luis Vásquez Zamora por haber aceptado ser el director del presente proyecto, ya que sin su apoyo no hubiéramos logrado el término del mismo, su valiosa enseñanza nos ha ayudado a crecer profesionalmente en esta muy difícil área de estudio, de la cual en el país hay muy pocos profesionales formados.

Agradezco a Patricio, Lina y Sofía, porque el sacrificio material y sentimental que representó no solo el desarrollo de este trabajo, si no el proceso de formación, no fue fácil, ya que este fue la plataforma para arrancar con mi formación fuera de mi querida ciudad. Este trabajo es en honor a su sacrificio.

Juan Carlos

Mi agradecimiento más importante es para mi amada esposa Estefanía y mis hijos Emilia y Francisco quienes han sido mi inspiración agradezco además a mi madre Magdalena y mis abuelos Beatriz y Rafael quienes siempre guían mis pasos.

Juan Pablo

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN LA EMPRESA

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN - LA EMPRESA

1.1. INTRODUCCION

La empresa del presente estudio forma parte del grupo ADHEPLAST S.A., se dedicada a la elaboración de una gran gama de productos plásticos como de PVC.

Para la elaboración de estos productos existe una amplia variedad de maquinaria que realiza diversas funciones y elaboran según la línea un producto específico, en el caso de las que utilizan un molde, el producto variará según el tipo de molde que se encuentre montado al momento de la producción; así podemos tener maquinaria de inyección, de extrusión, maquinaria de calandrado, máquinas para extrusión de espuma de polietileno, entre otras. Como podemos observar en Figura 1.1., se esquematiza las líneas de producción en las que se trabaja.

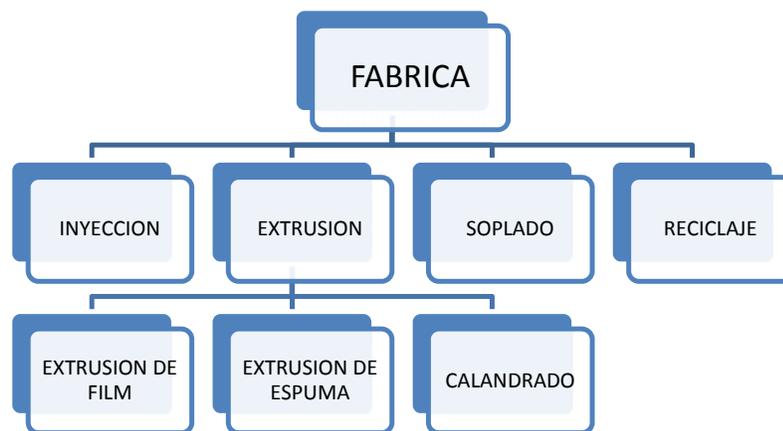


FIGURA 1. 1 - LINEAS DE PRODUCCION
FUENTE: AUTOR

Por esta razón, y debido al crecimiento de la empresa, esta se ha dividido en dos locaciones, la primera se encuentra en el Parque Industrial de la Ciudad de Cuenca, aquí se encuentran emplazadas las líneas de extrusión, de calandrado, de soplado y de inyección; mientras que en el segundo emplazamiento, que se encuentra en la zona de Racar, podemos encontrar la línea de extrusión de polietileno expandido y el área de reciclaje de plásticos. En la Figura 1.2., podemos observar la distribución de las líneas de producción según la locación.

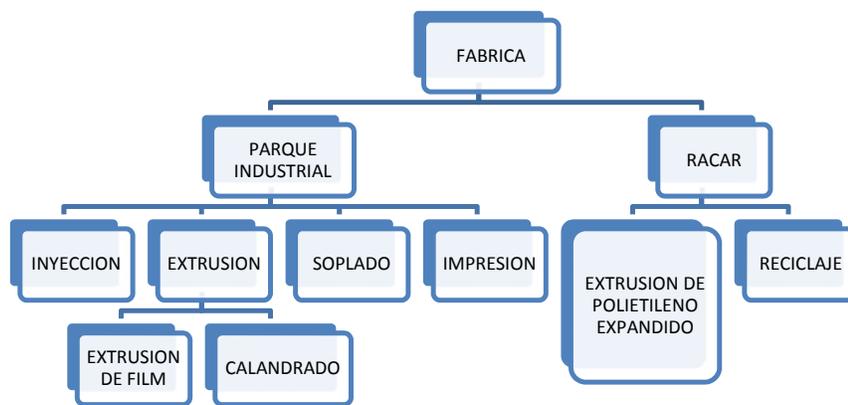


FIGURA 1. 2 - DISTRIBUCIÓN DE LA LINEAS DE PRODUCCIÓN
FUENTE: AUTOR

Como se observa en la figura 1.1., la fábrica tiene cuatro líneas de producción, y dentro del área de extrusión tenemos una sub división debido a que se hacen diferentes productos que utilizan el mismo proceso de elaboración, pero la maquinaria varía según el producto que se quiera obtener

En la Tabla 1.1., se enumeran algunos de los productos que se elaboran en cada una de las diferentes líneas, con un breve resumen de los tipos de polietileno que se utiliza para su fabricación.

TABLA 1. 1 – RESUMEN DE PRODUCTOS ELABORADOS. FUENTE: AUTOR

PRODUCTO	HDPE	LDPE	LLDPE	P.P.	PVC	PIG	PRODUCTO	HDPE	LDPE	LLDPE	PELET.	PIG
INYECCION							EXTRUSION					
CANECAS	X					X	PLASTICO NEGRO	X	X	X	X	X
GALONES	X					X	PLASTICO TRANSPARENTE	X	X			
TAPAS	X					X	PLASTICO D COLOR	X	X	X	X	X
JALADERAS	X					X	STRECH	X	X			
CAPUCHONES					X		FUNDAS DE HDPE	X		X		X
TACOS				X		X	HOJA DE EXPANDIDO	X				
CODOS				X		X	MALLAS	X				
CONOS PARA HILO				X		X	BARRAS	X				
PATAS DE CAMA				X		X	CORDON	X				
PORTA CUBIERTOS				X		X	SOPLADO					
ESCURRIDORES				X		X	GOMERO T1	X				X
TAPAS DE GOMEROS		X				X	GOMERO T2	X				X
							LITROS	X		X		X
							GALONES	X		X		X

También se debe tener en cuenta que cada tipo de polietileno tiene diferentes índices de dureza, teniendo así otro tipo de polietileno más específico para la elaboración de cada producto.

1.2. PRODUCCION DE LA EMPRESA

Como se mencionó en la introducción, la empresa cuenta con diferentes líneas de producción, las cuales al sumar su volumen individual de consumo de los diferentes tipos de polietileno para la elaboración de los productos, nos da como resultado una cantidad de ciento cuarenta y seis toneladas métricas. En la Tabla 1.2., que se muestra a continuación, se observa la producción de cada una de las secciones.

TABLA 1. 2 – PRODUCCION DE LA EMPRESA. FUENTE: AUTOR-FABRICA

SECCION	Producción (Ton/semana)	% que representa
Expandido	20	13.70
Extrusión de plástico	25	17.12
Extrusión de Mangueras	30	20.55
Inyección	63	43.15
Soplado	8	5.48

Se puede observar en la Tabla 1.2 el área que maneja la mayor cantidad de polietileno es la de inyección, pero esto debido a la cantidad de máquinas que realizan la transformación del producto, dieciocho máquinas, versus las tres máquinas que realizan el proceso de transformación en el área de polietileno expandido. Al realizar el cálculo de la cantidad de consumo de material por cada máquina tenemos que las de extrusión

de polietileno expandido son las que consumen una mayor cantidad de material, con un consumo medio de 6,66 toneladas de material por semana, en comparación a las 3,5 toneladas por semana de las inyectoras; si a esto le sumamos que para la fabricación de polietileno expandido se realiza una mezcla con cera, talco y gas, el riesgo es proporcionalmente más alto, y se debe tener muy en cuenta los riesgos de incendio y de explosión.

En la Figura 1.3., que se muestra a continuación se presentan estos mismos resultados pero de manera gráfica, en donde se puede observar la distribución porcentual de consumo de polietileno por cada una de las líneas que tiene la empresa.

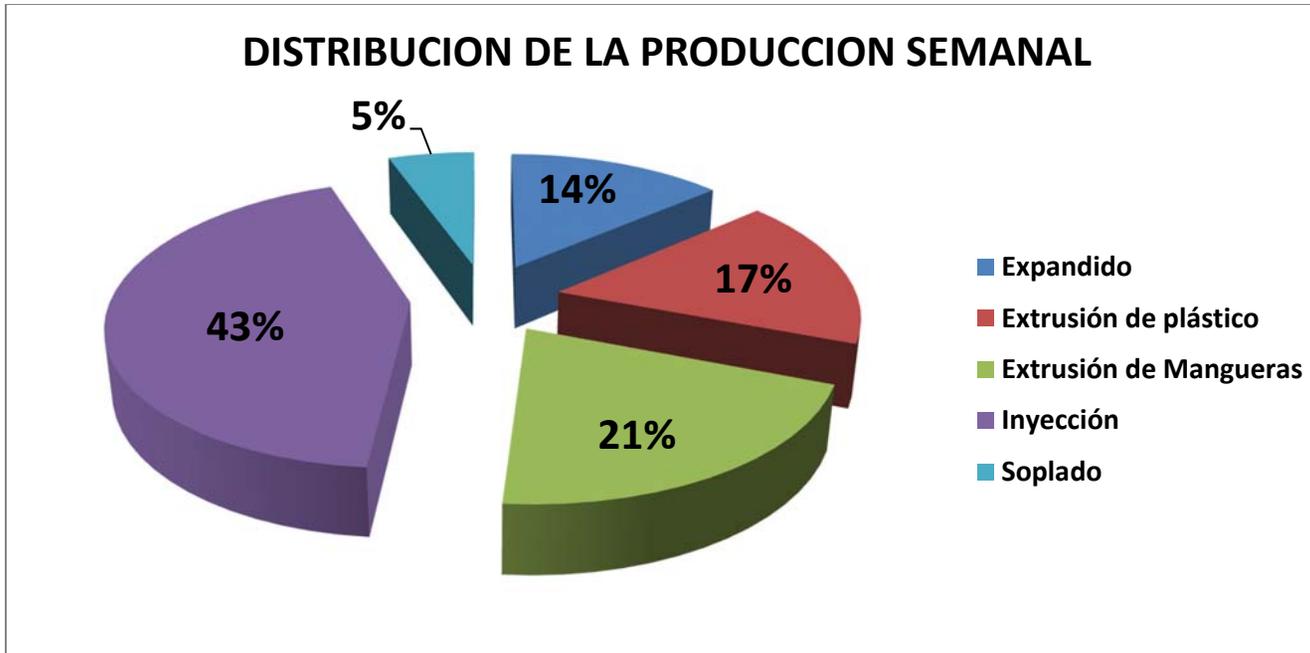


FIGURA 1. 3 - DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCION SEMANAL
FUENTE: AUTOR

Podemos observar en la Figura 1.3., la sección de polietileno expandido produce veinte toneladas por semana, que representa el 13,7% de la producción. Esta sección tiene tres máquinas que elaboran los diferentes tipos de productos de polietileno expandido como láminas, cordones, mallas etc., gran cantidad de estos productos son exportados a países como Colombia o Perú, de ahí la importancia de que las máquinas funcionen a su nivel óptimo, con la finalidad de obtener un producto de una alta calidad y garantizando la integridad del personal que labora en esta área.

La empresa cuenta con un área de reciclado, donde se toman todos los desperdicios y recortes que producen todas las líneas, aquí se reciclan estos desperdicios y plástico que se compra a terceros, solo en peletizado que se produce en la empresa se tiene un volumen de producción de 6,5 toneladas por semana, esto equivale al 4,45% de la producción, es un porcentaje considerable, ya que a nivel económico es un gran ahorro de recursos, y si se considera el impacto ambiental también es una gran iniciativa.

En la Figura 1.4. se muestra el ciclo de reciclaje del polietileno en la empresa, en el cual podemos observar que una vez que se ha tomado el material virgen y se ha sometido a cualquiera de los procesos como el de extrusión, el desperdicio que se genera en esta área se procede a transportarlo a la zona de reciclaje en donde el primer paso es el de molerlo para una vez obtenido pedazos más pequeños y manejables, se puede pasar a la máquina de peletizado, en la cual se elaboran nuevamente los pellets para ser utilizados nuevamente en el proceso de fabricación.

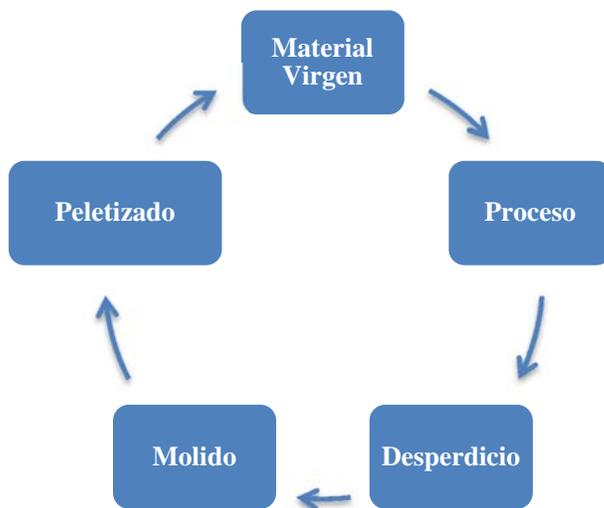
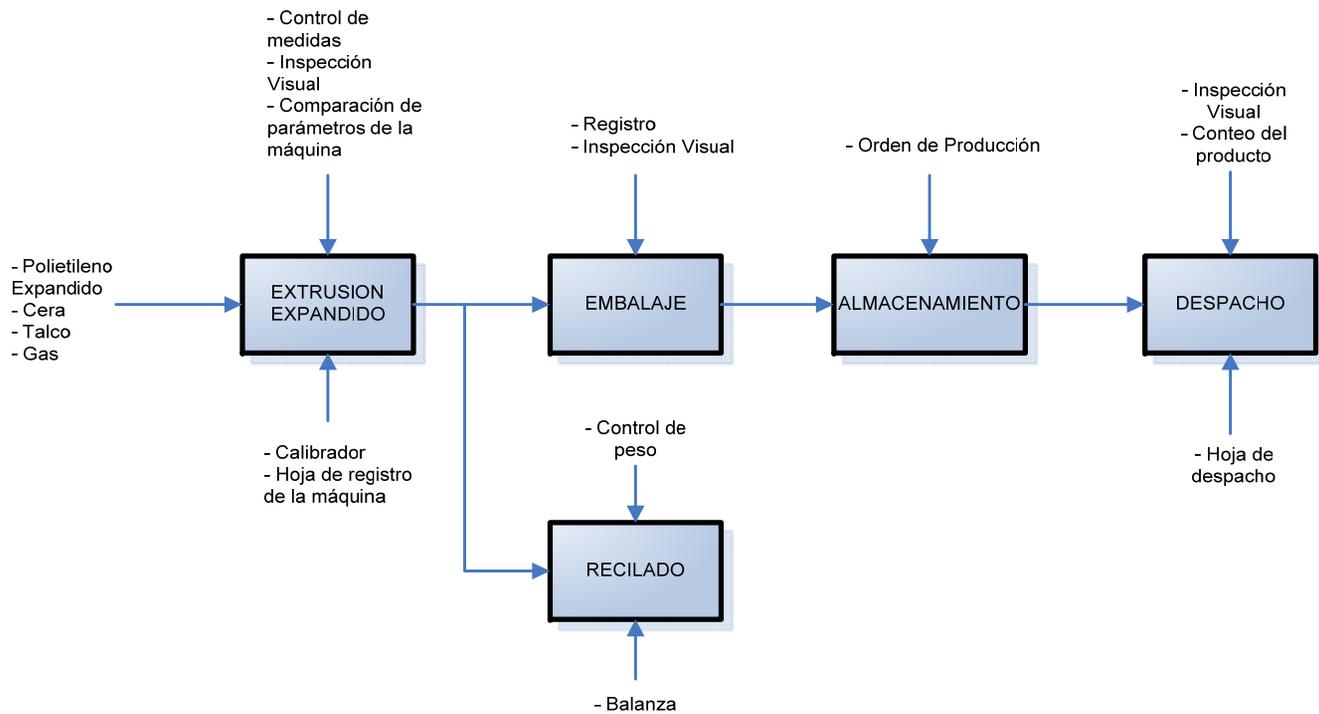


FIGURA 1. 4 - RECICLAJE DEL MATERIAL
FUENTE: AUTOR

A continuación, en la Figura 1.5, se presenta el diagrama de flujo del proceso de producción más importante para la empresa, se dice esto ya que esta sección es la que más utilidad produce para la empresa, como ya se vio en la distribución de la producción de la empresa (Tabla 1.2), esta línea tiene el 13,7% del volumen semanal de producción, otra de las razones de la importancia de esta línea es que la calidad del producto tiene una relación directa con la maquinaria y el nivel de riesgo para la producción es considerable comparado con los demás procesos de la empresa. Se debe tener muy en cuenta que la empresa como tal tiene un “nivel de riesgo alto”¹, se dice esto ya que trabaja con solventes, plástico, cera, gas, si mencionamos los elementos inflamables, y si tenemos en cuenta los elementos mecánicos hay un alto riesgo de atrapamiento de miembros de los trabajadores.

¹ MRL - CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL INDUSTRIAL UNIFICADA (CIU). (17 de DICIEMBRE de 2013). *HANDYMAN*. Obtenido de <http://www.enquitoecuador.com/userfiles/categorizacion-del-riesgo.pdf>



**FIGURA 1. 5 - DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OBTENCION DE POLIETILENO EXPANDIDO
FUENTE: AUTOR**

1.3. ASPECTOS ORGANIZATIVOS Y PROPIOS DE LA EMPRESA

1.3.1. UBICACIÓN DE LA EMPRESA.

La Empresa tiene dos locaciones debido a que ha ido creciendo y su espacio físico en el parque industrial de la ciudad de Cuenca ya no daba abasto para más maquinaria.

Por esta razón se ha dividido en dos locaciones:

- 1- Parque Industrial de Cuenca: En la nave que se encuentra ubicada en el parque industrial de la ciudad de Cuenca se encuentra al momento emplazado las líneas de Inyección de plástico, de Extrusión de plástico y de manguera, y la línea de soplado. Como podemos ver en la Figura 1.6. se muestra con un recuadro rojo el lugar donde está la nave.



**FIGURA 1. 6 - EMPLAZAMIENTO PARQUE INDUSTRIAL
FUENTE: GOOGLE EARTH**

- 2- Racar: En las naves que se encuentran en Racar se encuentra las bodegas generales del grupo y la otra parte de la empresa, en esta área tenemos la línea de extrusión de polietileno expandido, que es la línea de producción que nos interesa para nuestro caso de estudio, y por último tenemos el área de reciclaje. Como podemos ver en la Figura 1.7., tenemos la ubicación de esta área delimitada con un cuadro rojo.



FIGURA 1. 7 - EMPLAZAMIENTO RACAR
FUENTE: GOOGLE EARTH

1.3.2. JORNADA DE TRABAJO

La jornada de trabajo es un elemento muy importante dentro de la empresa, podemos tener jornadas de trabajo a un turno, a dos turnos y a tres turnos. La importancia en la jornada de trabajo radica en que si tenemos una empresa que trabaja a una sola jornada, digamos ocho horas al día, y se produce algún accidente o incidente la forma en que se reaccionará y la cantidad de personal a movilizar será diferente.

Por otra parte en las empresas que trabajan a dos o tres jornadas, es decir las veinte y cuatro horas del día, en el caso de que una de sus máquinas sufra un daño y se llegara a producir un incidente, accidente o conato de incendio, la movilización del personal tiene un factor de complejidad.

Todo esto hace que la disponibilidad en una empresa que trabaja a dos o tres turnos tenga que ser del 100%, para obtener esta disponibilidad se tendrá que hacer mantenimiento preventivo y predictivo de todos los elementos de trabajo y contra incendios.

En nuestra empresa la jornada de trabajo es de doce horas a dos turnos, durante los siete días de la semana.

1.3.3. TAMAÑO DE LA EMPRESA

El tamaño de la empresa se puede expresar por el número de personas que tenga trabajando, esto nos dará una idea del tamaño de las instalaciones, así mismo los recursos asignados tanto para el mantenimiento de sus equipos como para la prevención de seguridad. “Un fallo en una máquina afectará a más personas en una empresa grande que en otra pequeña.”²

² Garcia Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.

El valorar el tamaño de una empresa no es nada fácil, pero para nuestro caso podemos ayudarnos de la tabla que se presenta a continuación, que es una forma fácil y rápida.

TABLA 1. 3 – TAMAÑO DE LA EMPRESA. FUENTE: CURSO SUPERIOR DE MANTENIMIENTO/ LEZANA GARCIA.

TAMAÑO	CANTIDAD DE TRABAJADORES
GRANDE	Más de 500 empleados
MEDIANA	Entre 50 y 500 empleados
PEQUEÑA	Menos de 50 empleados

Utilizando la Tabla 1.3., para calificar a nuestra empresa, esta cae en el rango de “50 a 500 empleados, considerándose como una empresa mediana”³

1.3.4. TIPO DE PROCESO

Con el tipo de proceso se puede diferenciar entre continuos, en serie o por lotes.

Dentro de los procesos continuos tenemos como un ejemplo a los procesos químicos. En este tipo de procesos la disponibilidad de las instalaciones es muy importante salvo que se cuente con almacenes intermedios. Al ser el proceso continuo, la calidad de los

³ MIPRO. (Junio de 2013). *Ministerio de Industrias y Productividad*. Obtenido de http://aplicaciones.mipro.gob.ec/crecuador/files/sello/requisito_sello_hb_2012.pdf

productos es muy importante ya que si tenemos un fallo en la calidad por un mal mantenimiento en la maquinaria afectará directamente a un gran volumen de productos.

En los procesos en serie tenemos como ejemplo las cadenas de montaje, aquí será el mantenimiento mucho más estricto, ya que se necesitara un nivel de fiabilidad muy alta debido a que sí tenemos el daño en una de las máquinas de la línea, esta obligará a la detención obligatoria de toda la línea de producción con sus consiguientes pérdidas en tiempo de trabajo, económicas y el nivel de riesgo para los trabajadores aumentará pudiendo llegar a producirse incidentes o en él peor de los casos un accidente.

En los procesos en serie o por lotes tenemos las empresas con multitud de productos. Este tipo de empresas se caracterizan generalmente por un grado alto de automatización en su maquinaria o en su proceso, este tipo de empresas generalmente trabajan bajo pedido y si se tiene un fallo, la fecha de entrega de los productos no se cumplirá.

1.3.5. RITMO DE LA ACTIVIDAD

Dentro del ritmo de la actividad tenemos la actividad permanente o la estacional. La actividad permanente de la empresa se da cuando esta no depende de un periodo específico del año para su producción o ventas, y por otro lado la actividad estacional es aquella que como su nombre lo dice depende propiamente de un periodo específico del año, como ejemplo podemos tener a las empresas que venden juguetes.

El ritmo de la actividad de nuestra empresa en estudio es permanente.

1.3.6. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN

El grado de automatización de la empresa se puede clasificar en tres grupos⁴:

- **Alto:** los procesos están automatizados casi en su totalidad

⁴ Lezana Garcia, E. (2001). *Curso superior de mantenimiento industrial*. Comisión latinoamericana de productividad y medio ambiente: Caplam.

- **Medio:** el porcentaje de automatización y manual son parecidos
- **Bajo:** el grado de automatización es casi nulo.

Mientras más alto sea el grado de automatización en la empresa mejor será el mantenimiento que se hará, sus recursos serán mayores ya que se necesita personal con mayor conocimiento o especialización para el trabajo a realizarse y los riesgos para el personal disminuirán.

Para nuestro caso el grado de automatización es casi nulo, ya que no todo el proceso de producción esta automatizado, y las labores diarias generan un elevado riesgo para el personal.

1.4. PROCESO TECNOLÓGICO DE LA FABRICACIÓN DE POLIETILENO EXPANDIDO

Para la fabricación de la hoja de polietileno expandido se utiliza un proceso de Extrusión, el cual se define como: “En una definición amplia el proceso de extrusión hace referencia a cualquier operación de transformación en la que un material fundido es forzado a atravesar una boquilla para producir un artículo de sección transversal constante y, en principio, longitud indefinida.”⁵

Así mismo tenemos otro tipo de definición del proceso la cual nos dice “La palabra extrusión proviene del latín "extrudere" que significa forzar un material a través de un orificio. La extrusión consiste en hacer pasar bajo la acción de la presión un material termoplástico a través de un orificio con forma más o menos compleja (hilera), de manera tal, y continua, que el material adquiera una sección transversal igual a la del orificio.”⁶

^{5,8} Marcilla, M. B. (21 de Diciembre de 2012). *Universidad de Alicante*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2013, de Departamento de Ingeniería Química: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>

^{6,7} Mariano. (15 de Marzo de 2011). *Tecnología de los plásticos*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2013, de Blog dedicado a los materiales plásticos: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

Como podemos observar, ambas definiciones nos indica que el proceso de extrusión es un proceso en el cual se fuerza a un material a pasar a través de un orificio el cual le da la forma que necesita tomar el material, así mismo nos dice que el producto que se obtiene puede ser de longitud indefinida, o la longitud a la cual se necesite.

Como podemos ver en la Figura 1.8, se encuentra un diagrama de una extrusora común de plástico, en esta máquina lo que se hace es colocar el plástico en la tolva, como podemos observar en la Figura 1.9, el cual alimenta el tornillo por gravedad, en este es en donde se produce la fundición y mezcla por temperatura y arrastre, como se puede observar en la Figura 1.10, procediéndose a la extrusión del material por el cabezal de la máquina.

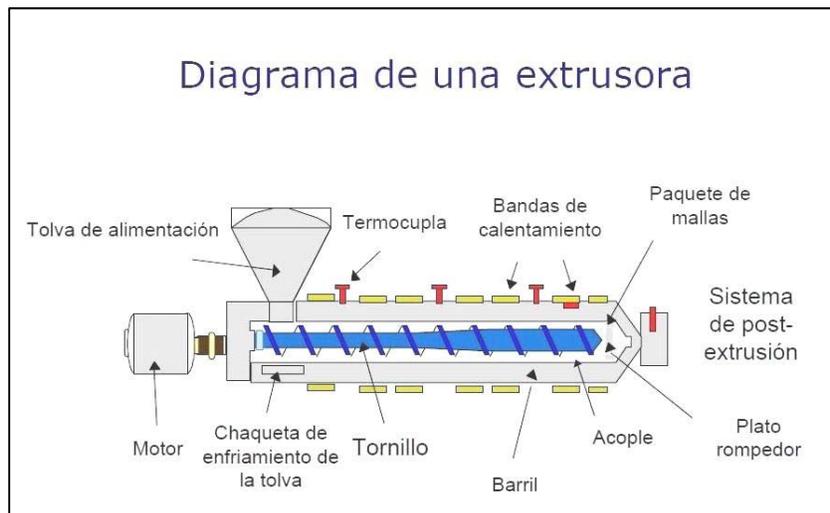


FIGURA 1. 8 - DIAGRAMA DE UNA EXTRUSORA
Fuente: Mariano Ojeda, Extrusión de materiales plásticos

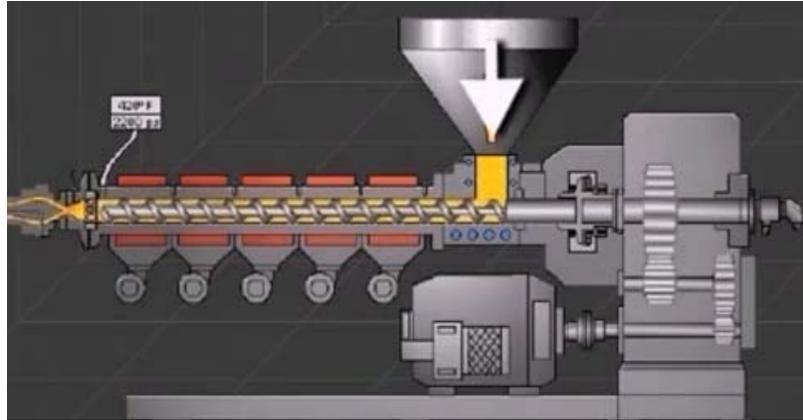


FIGURA 1. 9 - TOLVA DE ALIMENTACIÓN
Fuente: Jorge Vázquez, Extrusión Plástico

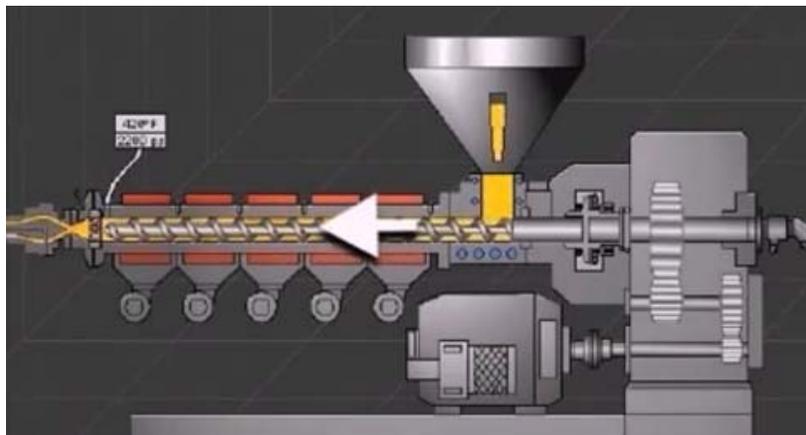


FIGURA 1. 10 - BARRIL DE EXTRUSIÓN
Fuente: Jorge Vázquez, Extrusión Plástico

La diferencia del proceso de extrusión de polietileno y la del polietileno expandido radica básicamente en que se inyecta en la máquina dos componentes adicionales al plástico, los cuales son cera y gas, como se puede ver en la Figura 1.11, los cuales ayudan a mantener la estructura del material y a generar la expansión para la producción de la hoja.

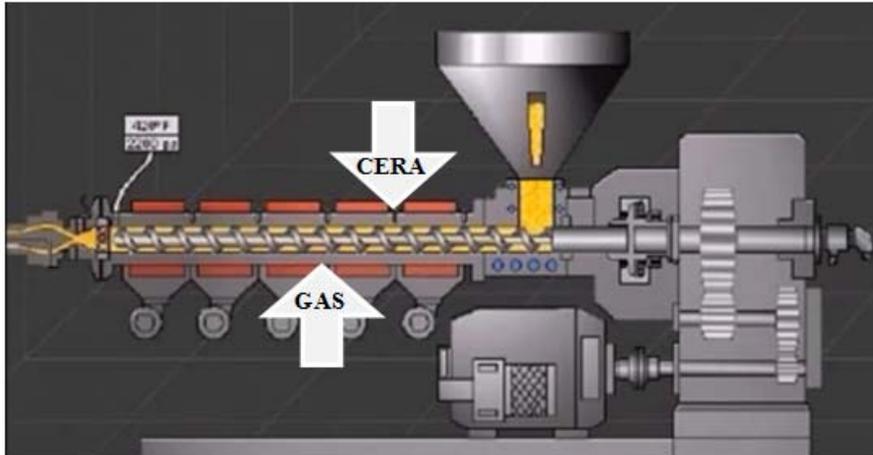


FIGURA 1. 11- PROCESO DE EXTRUSIÓN

Fuente: Autor

Estos dos materiales se mezclan en el tornillo, el cual lo podemos observar en la Figura 1.8, este y el barril o cilindro son los elementos principales de la máquina, ya que en el barril y por el tornillo se produce la mezcla del material con el resto de los componentes. Además se debe tener en cuenta que “Los alabes o filetes, que recorren el husillo de un extremo al otro, son los verdaderos impulsores del material a través del extrusor. Las dimensiones y formas que éstos tengan, determinará el tipo de material que se pueda procesar y la calidad de mezclado de la masa al salir del equipo.”⁷

Para la fabricación del polietileno expandido como ya se mencionó anteriormente se mezcla la cera con el gas, esto se realiza en la zona de compresión del tornillo.

1.4.1. EL TORNILLO

En el tornillo de extrusión se pueden distinguir tres zonas, como se puede ver también en el gráfico 1.12:

- 1- Zona de alimentación
- 2- Zona de compresión
- 3- Zona de dosificación

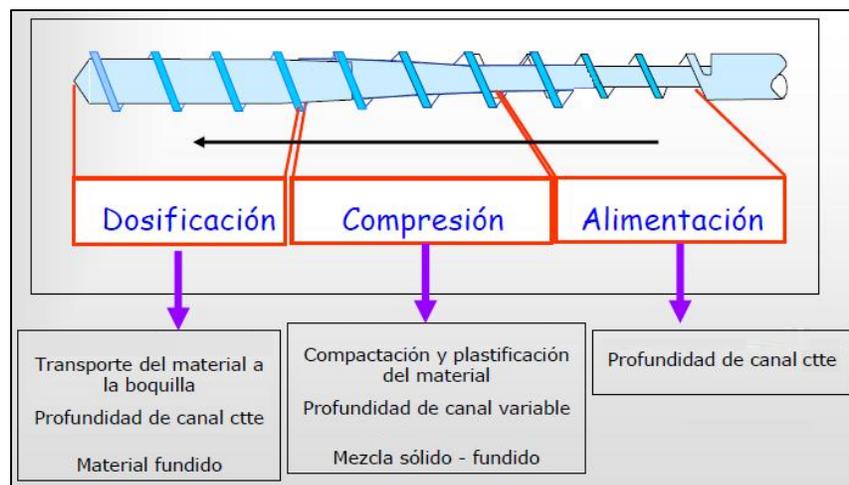


FIGURA 1. 12 - TORNILLO DE EXTRUSIÓN

Fuente: Mariano Ojeda, Extrusión de materiales plásticos

1.4.1.1. ZONA DE ALIMENTACIÓN

La zona de alimentación es el área por donde se alimenta al barril de la máquina, en esta ingresan los pellets de polietileno por la tolva al barril. Esta zona se caracteriza porque los hilos del tornillo son elevados, teniendo una mayor eficiencia al arrastre del material lo cual mejora la productividad. En la Figura 1.13 podemos observar la zona de arrastre del tornillo.

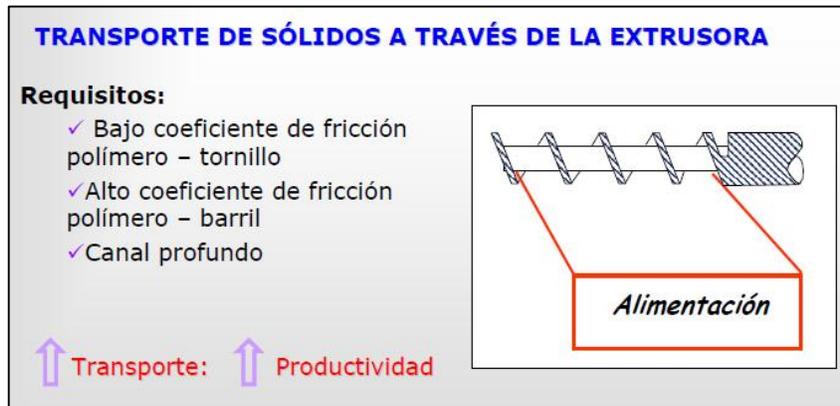


FIGURA 1. 13 - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - ALIMENTACIÓN
 Fuente: Mariano Ojeda, Extrusión de materiales plásticos

1.4.1.2. ZONA DE COMPRESIÓN

La zona de compresión del tornillo es el área donde se empieza a mezclar el material que se ha empezado a fundir, se expulsa el aire que se encuentra atrapado en el material. Otra de las características de esta zona, es que el diámetro interno del tornillo empieza a aumentar progresivamente y el tamaño de hilo del tornillo empieza a decrecer, como se puede observar en la Figura 1.14.



FIGURA 1. 14 - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - COMPRESIÓN
 Fuente: Mariano Ojeda, Extrusión de materiales plásticos

1.4.1.3. ZONA DE DOSIFICACIÓN

La zona de dosificación es el área donde se ejerce presión sobre el material para empezar a dosificar la cantidad de este que va a fluir hacia el cabezal, de esta manera se garantiza que la temperatura, presión y mezcla del material sea homogénea para que al momento de la extrusión no se tenga rupturas de la hoja que se está elaborando. En la Figura 1.15 podemos observar el área de dosificación.



FIGURA 1. 15 - TORNILLO DE EXTRUSIÓN - DOSIFICACIÓN

Fuente: Mariano Ojeda, Extrusión de materiales plásticos

En la figura 1.16, que se presenta a continuación, se puede observar como la presión varía de forma creciente en el tornillo según la zona en la que el material se encuentra, de esta manera podemos ver gráficamente lo que se ha explicado en los ítems anteriores.

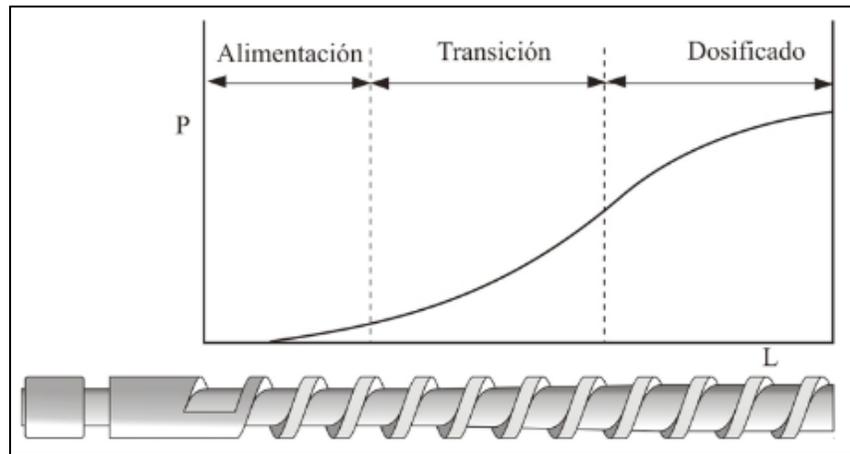


FIGURA 1. 16 - PRESIÓN EN EL TORNILLO DE EXTRUSIÓN
 Fuente: Mariano Ojeda, Extrusión de materiales plásticos II

1.4.2. EL ROMPEDOR

El rompedor es el punto de transición en la extrusión, en este se cambia el sentido de flujo del material en espiral para que este entre ya en el cabezal de extrusión, en este se encuentra las mallas, como podemos ver en la Figura 1.17, las que tienen por misión el filtrar todos los elementos o suciedades que se vienen arrastrando del proceso de mezclado en el barril y pueden causar la ruptura de la lámina en su extrusión.



FIGURA 1. 17 - ROMPEDOR Y MALLAS

Fuente: Mariano Ojeda, Extrusión de materiales plásticos

En lo que respecta a su diseño, “el plato rompedor no es más que una placa cilíndrica horadada. Por otro lado, las mallas deben ser fabricadas con acero inoxidable, ya que las compuestas con cobre o bronce tienen un efecto catalítico sobre las reacciones termo-oxidativas.”⁸

1.4.3. EL CABEZAL

El cabezal es la pieza que se encuentra situada al final del tornillo, por este se produce el moldeo del material para su extrusión, es decir le va ando la forma que se necesite, pudiendo tener boquillas anulares, en ángulo, planas, etc., para nuestro caso a la salida del cabezal se produce la expansión del material, como se puede ver en la Figura 1.18, aquí se puede observar el momento en que se forma la burbuja de polietileno expandido, esta se enfría y se corta por un lado formándose la hoja de polietileno expandido.



FIGURA 1. 18 – CABEZAL

Fuente: Autor

1.4.4. TEMPERATURA DE EXTRUSIÓN

Consideremos que la extrusora es el intercambiador de calor más eficiente porque cuenta con un sistema de enfriamiento forzado y el espesor de la capa de resina es relativamente bajo.

En la Tabla 1.4., podemos observar el perfil de temperaturas de “Joroba” de una extrusora en °C.

TABLA 1. 4 – TEMPERATURAS DE LA EXTRUSORA. FUENTE: AUTOR-FABRICA

Zona N°1	Zona N°2	Zona N°3	Zona N°4
180	240	220	220

Este es un perfil típico para una extrusora de cuatro zonas, se debe tener en cuenta que para cada diseño de tornillo la curva de temperaturas es diferente, por lo que el perfil de temperatura para cada caso determinado debe establecerse para lograr los mejores resultados. Igualmente se debe tener siempre en cuenta que la temperatura de la última zona no debe ser menor que la temperatura de fusión del material, porque si lo es el polímero se solidificará en la camisa de la extrusora si el tornillo deja de operar.

1.4.5. PRODUCTO TERMINADO

En la Figura 1.19 podemos observar las tres líneas de producción de polietileno expandido, en dos de ellas se está produciendo lámina de polietileno y en la tercera se está produciendo mallas para la protección de productos de exportación



FIGURA 1. 19 - LÍNEAS DE EXTRUSIÓN

Fuente: Autor

Como resultado de todo el proceso de extrusión el producto que se obtiene se almacena para su despacho. En la Figura 1.20 podemos observar una de las presentaciones del producto, las láminas se venden en rollos, el volumen de estos depende del metraje que tengan.



FIGURA 1. 20 - ROLLOS DE POLIETILENO EXPANDIDO

Fuente: Autor

1.5. LAS INSTALACIONES

Como se indicó en la ubicación de la empresa, esta se encuentra dividida, el área de interés es la sección que se encuentra ubicada en el sector de Racar, las instalaciones se encuentran dentro de un conjunto de naves. En la Figura 1.19 se observa la distribución interna del área de producción, aquí podemos ver que la nave está fabricada de una estructura metálica con paredes de bloque, estos no cuentan con ningún revestimiento resistente al fuego.

Las áreas de la empresa no se encuentran separadas entre sí, esto se observa en la Figura 1.19, las paredes no llegan hasta el tope del techo, solo llegan a media altura, no se encuentra compartimentado las secciones de la empresa, lo cual en caso de llegar a tener un incendio hará que este se propague muy rápidamente ya que al tener almacenado elementos altamente inflamables, la propagación será muy rápida; las tuberías de distribución de gas, agua se encuentran descubiertas, en algunos sitios se puede observar inicios de corrosión de las mismas.

Dentro de las bodegas de almacenamiento de producto terminado se encuentran cables eléctricos, los cuales pueden generar un cortocircuito y así producir un incendio en las instalaciones.

Dentro de la nave solo se encuentran extintores, pero no se tienen Bocas Equipadas contra Incendios (BIE) para el control de los incendios. Se cuenta con un taque de

almacenamiento de agua para enfriamiento del tanque de gas, este tanque cuenta con una sola línea de alimentación de agua y con un grupo de pitones colocados para el enfriamiento en caso de emergencia.

El tanque de Gas que se encuentra en la empresa se encuentra a la intemperie, así mismo las mangueras de flexibles que conectan al tanque con líneas de alimentación, retorno y alimentación a la bomba se deben estar protegidas de los elementos como sol y agua para evitar su degradación.

1.6. MANTENIMIENTO

Lo primero que se va a realizar es una breve definición del mantenimiento:

Mantenimiento es el conjunto de técnicas y de sistemas que nos permiten prevenir las averías en los equipos, y efectuar las revisiones y reparaciones correspondientes a fin de garantizar el buen funcionamiento de los equipos

En pocas palabras el objetivo principal del mantenimiento es el hacer que la empresa tenga una mayor utilidad, evitando las pérdidas por piezas defectuosas o por paradas intempestivas de la línea de producción y por accidentes e incidentes con los trabajadores.

A continuación vamos a ver qué tipos de mantenimiento hay:

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Proactivo
- Mantenimiento Cero horas (Overhaul)
- Mantenimiento en uso

1.6.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Como sabemos el mantenimiento correctivo es el que se realiza cuando ya se produce el daño en el equipo o el daño en este ya es inminente. Este tipo de mantenimiento se realiza en la gran mayoría de empresas.

En el caso de que no se produzca ninguna falla, el mantenimiento es nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se produzca un fallo para en ese momento tomar acciones al respecto, esto trae repercusiones a la empresa como:

- Paradas no previstas
- Costos de mantenimiento no presupuestados
- Daños en la maquinaria o el personal

1.6.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EL mantenimiento preventivo, como su nombre lo dice, son las labores que se realizan antes de que ocurra un desperfecto en la maquinaria, todo esto ocurre bajo condiciones controladas en la empresa.

1.6.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo se basa en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin detención de la producción. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.

Para ello, se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, análisis de vibraciones, etc., además se realiza el monitoreo de las condiciones del equipo mientras este se encuentra trabajando.

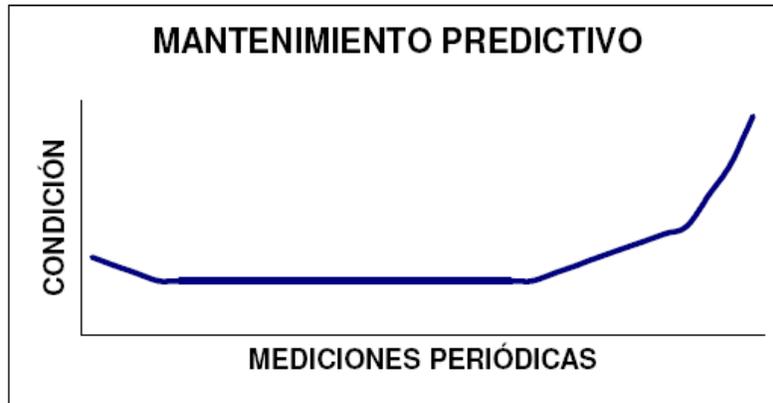


FIGURA 1. 21 - CONDICION DE LA MAQUINARIA
FUENTE: Mario Clemente, La función del Mantenimiento

En la Figura 1.21 se puede observar la curva de la condición de la maquinaria cuando se aplica el mantenimiento preventivo.

1.6.4. COMPARACIÓN DE COSTOS DE LOS 3 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

TABLA 1. 5 – COMPARACION DE COSTOS. FUENTE: Lezana Garcia, Emilio. Curso superior de mantenimiento industrial

COSTOS	CORRECTIVO	PREVENTIVO	PREDICTIVO
Para implementar	Bajo	Mediano	Altos
Improductivos	Altos	Mediano	Muy bajos
Tpo. de parada	Altos e indefinidos	Predefinidos	Mínimos
Asociado a existencia de repuestos	Alto consumo e indefinidos	Alto consumo y definidos	Consumo mínimo

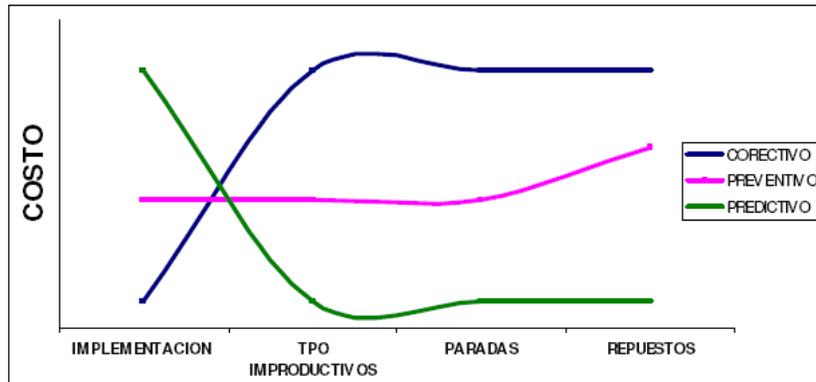


FIGURA 1. 22 - COMPARACION DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO
FUENTE: Mario Clemente, La función del Mantenimiento

Como podemos observar en la Figura 1.22, los costos del mantenimiento predictivo son elevados al momento de su implementación, pero al transcurrir el tiempo estos bajan, todo lo contrario al mantenimiento correctivo, en el cual al momento de la implementación no hay una inversión, pero al transcurrir el tiempo los costos de los daños van aumentando progresivamente.

1.6.5. MANTENIMIENTO PROACTIVO

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar consistentes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

En la figura 1.22 que se muestra a continuación, se puede observar un resumen del plan de mantenimiento proactivo.

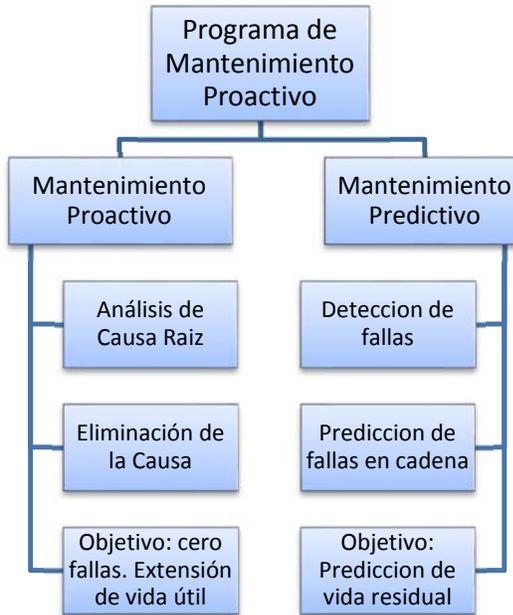


FIGURA 1. 23 - MANTENIMIENTO PROACTIVO
FUENTE: ORGANIZACIÓN Y GESTION INTEGRAL DE MANTENIMIENTO, GARCIA GARRIDO, Santiago

1.6.6. FALLAS

Podemos decir que algo falla cuando deja de brindar el servicio que debía darnos según las especificaciones de diseño con las que fue construido.

La falla en alguno de los elementos pueden producir incidentes o accidentes en el personal de la empresa, los cuales más que representar una pérdida económica representan una pérdida de una vida en el peor de los casos

1.6.6.1. TIPOS DE FALLAS⁹

Dentro de las fallas se pueden tener diferentes clasificaciones, según el momento de la vida útil de un bien se los puede clasificar como:

1.6.6.1.1. FALLAS TEMPRANAS

“Son aquellas que aparecen al comienzo de la vida útil del elemento y constituyen un pequeño porcentaje del total de las falla. Se presentan generalmente en forma repentina y pueden causar graves daños.”⁹

1.6.6.1.2. FALLAS ADULTAS

“Estas son fallas que se presentan con mayor frecuencia durante la vida útil de los equipos. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores.”⁹

1.6.6.1.3. FALLAS TARDIAS

“Este tipo de fallas representa una pequeña fracción de las falla en la etapa final de la vida útil del elemento.”⁹

⁹ Lezana Garcia, E. (2001). *Curso superior de mantenimiento industrial*. Comisión latinoamericana de productividad y medio ambiente: Caplam.

1.6.7. HOJAS CHECK LIST

Las hojas check list son hojas de control de la maquinaria, en estas hojas se describe una lista de acciones rutinarias de control, como revisión de presión, revisión del sistema eléctrico de la maquinaria, entre otras actividades.

Estas hojas de control son manejadas no necesariamente por técnicos o ingenieros de la empresa, si no por los operadores de la maquinaria, haciendo que el diseño de estas tenga que ser de fácil entendimiento y manejo para este tipo de personas.

CAPITULO II

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN

CAPITULO II

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN

2.1. DEFINICIONES

2.1.1. Peligro

“Amenaza de accidente o de daño para la salud”. (Decisión 584. Sustitución de la decisión 547, del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo).

2.1.2. Riesgo laboral

“Probabilidad de que la exposición a un factor ambiental peligroso en el trabajo cause enfermedad o lesión”. (Decisión 584. Sustitución de la decisión 547, Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo).

2.1.3. Accidente de trabajo

“Es todo suceso imprevisto y repentino que ocasiona al trabajador una lesión corporal o perturbación funcional, con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena”. (Art 348. Código de Trabajo. Ministerio de Trabajo y Empleo- Régimen Laboral Ecuatoriano)

2.1.4. Factor de riesgo

“Se considera factor de riesgo de un determinado tipo de daño aquella condición de trabajo, que, cuando está presente, incrementa la probabilidad de aparición de ese daño. Podría decirse que todo factor de riesgo denota la ausencia de una medida de control apropiada”. (Art 42. Resolución 390 del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social)

2.1.5. Explosión

Es la liberación de energía en un intervalo temporal ínfimo. De esta forma, la potencia de la explosión es proporcional al tiempo requerido y su orden de magnitud ronda los giga vatios. Los orígenes de las explosiones se suelen dividir en dos clases:¹⁰

- Físicos: mecánicos (choques de móviles), electromagnéticos (relámpagos) o neumáticos (presiones y gases).
- Químicos: de reacciones de cinética rápida.

2.1.6. Riesgo de incendio

“La definición de incendio comprende la noción de exposición, que incluye, a su vez, la magnitud no medible exactamente, de la probabilidad de ocurrencia de un siniestro.”¹¹

2.1.7. Exposición al riesgo de Incendio

“La noción de exposición al riesgo de incendio se define como relación entre los peligros potenciales y las medidas de protección tomadas.”¹²

2.1.8. Seguridad contra incendios

“La seguridad contra el incendio de un compartimiento o en un edificio se considera suficiente, cuando el riesgo de incendio existe no sobrepasa el que se considera como aceptable. Este riesgo aceptable se corresponda con los objetivos de protección definidos. Una construcción puede, según ello, calificarse de “Segura contra incendio”,

¹⁰ Soler, J. A. (23 de 11 de 2013). *CALAMEO*. Obtenido de <http://es.calameo.com/read/00213957548222b9e572b>

^{11,12,13,14,15,16,17} Sevilla, U. d. (21 de 11 de 2013). *Biblioteca de Ingenieria*. Obtenido de Universidad de Sevilla: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/3998/fichero/PFC_PEYPCI_PDF%252FAnejos%252FAnejo+4.pdf,

cuando esta está concebida de manera que se aseguren las dificultades técnicas para la propagación de un incendio.”¹³

2.1.9. Compartimientos contra fuego

“Un compartimiento contra fuego es una parte del edificio, separada del conjunto por medio de paredes, suelos techos, y cierres de manera en que en caso de incinerarse en el incendio, este quede limitado, con toda probabilidad al compartimiento y que en una propagación del fuego a focales, pisos o partes de edificios vecinos no se pueda propagar.”¹⁴

La superficie de un compartimiento cortafuegos en un edificio o parte de este es aquella limitada por fachadas o elementos interiores resistentes al fuego.

2.1.10. Células contrafuego

“Las células contrafuego con compartimientos cuya superficie no excede de 200 m² y tiene una resistencia al fuego de al menos F30/T30”¹⁵

2.1.11. Punto de Ignición

“La temperatura a la cual un combustible líquido produce vapores suficientes como para mantener la combustión una vez iniciada. El punto es por lo general unos pocos grados por encima del punto de inflamación.”¹⁶

2.1.12. Temperatura de Ignición

“La mínima temperatura a la cual un combustible en aire debe ser calentado a fin de iniciar una combustión auto sostenida independiente de la fuente de calentamiento.”¹⁷

2.2. EL FUEGO

El fuego o combustión es una rápida reacción química de oxidación de carácter exotérmico (y de luz), autoalimentada, con presencia de un combustible en fase sólida, líquida o gaseosa.

Según las Normas UNE: El fuego es una combustión caracterizada por una emisión de calor acompañada de humo, llamas o ambos.

Diccionario: Fuego es luz y calor producidos por la combustión.

Químicamente: Proceso de reacción química rápida, fuertemente exotérmica de oxidación-reducción, en las que participa una sustancia combustible y una comburente, que se produce en condiciones energéticas favorables y en la que se desprende calor, radiación luminosa, humo y gases de combustión.

2.3. TETRAEDRO DEL FUEGO

Así en la Figura 2.1 se pueden identificar y definir cada uno de los componentes del Tetraedro del Fuego en:

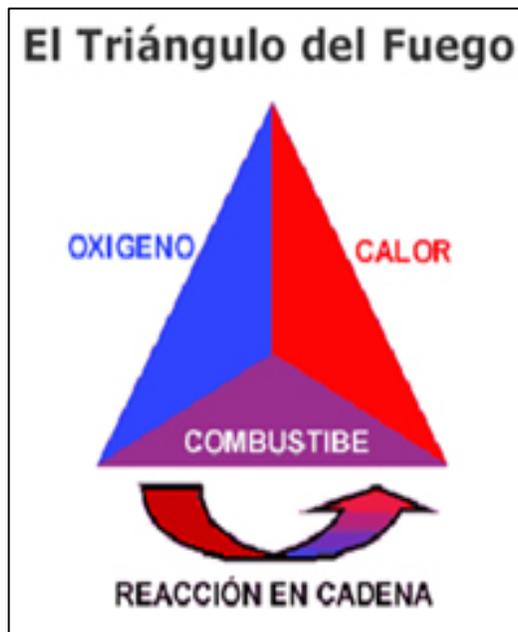


FIGURA 2. 1 - TETRAEDRO DEL FUEGO

Fuente: Washington López, Boletín electrónico del comité paritario de higiene y seguridad

2.3.1. OXIGENO (AGENTE OXIDANTE)

Es el elemento que produce la oxidación dentro de la reacción química.

2.3.2. CALOR (ENERGÍA CALÓRICA)

Para que se inicie una combustión, tiene que aumentar el nivel de energía, desencadenado un aumento en la actividad molecular de la estructura química de una sustancia.

2.3.3. COMBUSTIBLE (AGENTE REDUCTOR)

El combustible se define como cualquier sólido, líquido o gas que puede ser oxidado. El término AGENTE REDUCTOR, a la capacidad de del combustible de reducir un AGENTE OXIDANTE.

Sin embargo, en algunas publicaciones se identifica un cuarto elemento presente en la generación del fuego, señalando que deja de ser un triángulo y pasando a convertirse en un Tetraedro del Fuego, este cuarto elemento sería la Reacción en Cadena.

2.3.4. REACCIÓN EN CADENA

Con el avance de la ciencia, se descubre que en el proceso del fuego existe un componente que es llamado REACCIÓN EN CADENA, que hace establecer la diferencia entre fuegos con la presencia de llamas y fuegos incandescentes.

Como podemos ver en la Figura 2.2, tenemos el triángulo del fuego, en el cual tenemos los componentes para que tengamos la reacción, aquí podemos ver una pequeña clasificación de los materiales combustibles según su estado físico, pudiendo ser gases, sólidos y líquidos.



FIGURA 2. 2 - TRIÁNGULO DE FUEGO - COMBUSTIBLES

Fuente: Washington López, Boletín electrónico del comité paritario de higiene y seguridad

2.4. FASES DEL FUEGO¹⁸

“Dependiendo del estado en que se encuentre el incendio tendremos diferentes fases en las que este se puede encontrar, y para cada una de estas se tendrán métodos específicos para su extinción, así tendremos que tomar en cuenta algunos factores como el tiempo en que un fuego estuvo ardiendo (en los primeros 3 minutos de incendio podemos encontrar el desarrollo total en una habitación), si posee o no ventilación y el tipo de combustible que tiene en su interior. A los incendios estructurales podemos dividirlos en tres etapas progresivas, como:”¹⁸

- Etapa incipiente o inicial.
- Etapa de combustión libre.
- Etapa de arder sin llama.

2.4.1. ETAPA INCIPIENTE O INICIAL

“En esta primera etapa el oxígeno en la habitación se mantiene inalterable no ha sido reducido en consecuencia el fuego produce vapor de agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono, pequeñas cantidades de dióxido de azufre y otros gases; se comienza a generar calor que va en aumento; en esta etapa el calor de la llama puede alcanzar los 530°C, pero la temperatura en el medio ambiente de la habitación se está iniciando y aumentando muy poco.”¹⁹, como se puede observar en la Figura 2.3

¹⁸⁻²¹ Crespo, G. F. (01 de 01 de 2013). *Incendios Estructurales*. Recuperado el 18 de 11 de 2013, de <http://www.contraincendioonline.com/operaciones/fases1.php3>

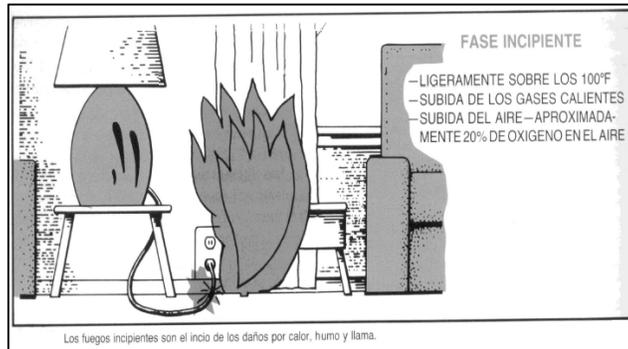


FIGURA 2. 3 - FASE INCIPIENTE
FUENTE: Crespo Fabián, Incendios Estructurales.

2.4.2. ETAPA DE COMBUSTION LIBRE

“Ya en esta etapa donde el aire rico en oxígeno es absorbido hacia las llamas que en forma ascendente los gases calientes llevan el calor a las partes altas del recinto confinándolos. Los gases calientes se acumulan horizontalmente de arriba hacia abajo empujando al aire fresco a las zonas bajas y generando emisión de gases de combustión en los materiales combustibles más cercanos, esta zona se la considera de presión positiva, la zona del aire fresco en las partes bajas de presión negativa o depresión, entre ambas se forma una zona neutra denominada “plano neutral”; en este momento el área incendiada se la puede calificar como fuego de arraigo ya que está completamente involucrada.”²⁰ En esta etapa es cuando se pueden producir los distintos tipos de flashover y sus descargas disruptivas. En la Figura 2.4 podemos ver un ejemplo del fuego en esta etapa.

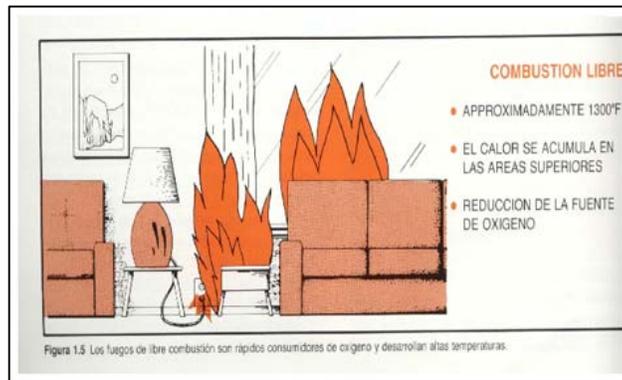


FIGURA 2. 4 - COMBUSTION LIBRE
FUENTE: Crespo Fabián, Incendios Estructurales.

2.4.3. ETAPA DE ARDER SIN LLAMA

“En esta última etapa, las llamas dejan de existir dependiendo del confinamiento del fuego y la hermeticidad del recinto, el fuego se reduce a brasas incandescentes, el cuarto se llena completamente de humo denso y gases producto de la combustión incompleta que fue consumiendo el oxígeno paulatinamente. Todo el ambiente tiene la suficiente presión como para dejar escapar esa presión por las pequeñas aberturas que queden; el fuego seguirá reduciendo en este estado latente aumentando la temperatura por arriba del punto de ignición de los gases de combustión a más de 600°C. En esta etapa es donde se pueden llegar a producir los fenómenos de explosiones de humo o backdraft.”²¹

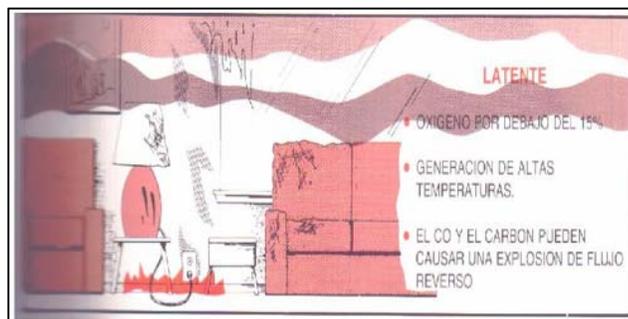


FIGURA 2. 5 - ARDER SIN LLAMA
FUENTE: Crespo Fabián, Incendios Estructurales.

2.4.4. FLASHOVER

“Según la escuela inglesa el flashover sólo puede producirse si se dan dos condiciones: la primera es la existencia de incendio en un espacio cerrado, puesto que la acumulación de gases bajo el techo juega un papel protagonista. La segunda condición es una suficiente aportación de aire.”²²

La escuela sueca considera como condición para la existencia de flashover el confinamiento de los gases de combustión que se acumulan bajo el techo en un recinto cerrado. Esta misma masa de gases calientes generalmente todavía combustibles, al inflamarse da lugar al flashover y a la explosión de gases.

Los investigadores suecos identifican distintos tipos de flashover, aunque en realidad son variaciones del mismo concepto definido en las siguientes líneas. Los distintos tipos

²²⁻²³ Andres, R. d. (14 de 01 de 2012). *FORMACION PARA BOMBEROS PROFESIONALES*. Recuperado el 22 de 11 de 2013, de <http://rafadeandres.files.wordpress.com/2012/02/desarrollo-de-un-incendio-flashover-y-backdraft1.pdf>

son: flashover pobre, flashover rico, flashover rico y demorado. Para la escuela inglesa y americana el flashover rico y demorado es lo que ellos denominan backdraft.

“Definición de flashover: un aumento repentino de la velocidad de propagación de un incendio confinado debido a la súbita combustión de los gases acumulados bajo el techo y a la inflamación generalizada de los materiales combustibles del recinto como consecuencia de la radiación emitida por esta capa de gases caliente.”²³

En la Figura 2.6 que podemos ver a continuación se pueden observar las diferentes etapas del fuego que se han nombrado en la parte superior, se puede observar la curva de crecimiento de la temperatura según el transcurso del tiempo, aquí podemos observar que el punto en donde empieza la zona de flashover.



FIGURA 2. 6 - FASES DE DESARROLLO DEL FUEGO
FUENTE: Crespo Fabián, Incendios Estructurales.

En la Figura 2.6 que se encuentra a continuación podemos ver una gráfica del poder calorífico estimado para los grupos de materiales, teniendo que el gas natural tiene un poder de 48.000 kJ/kg, siguiéndole dentro de esta escala los plásticos, estos dos materiales son de nuestro interés ya que ambos son utilizados en el proceso que estamos tratando.

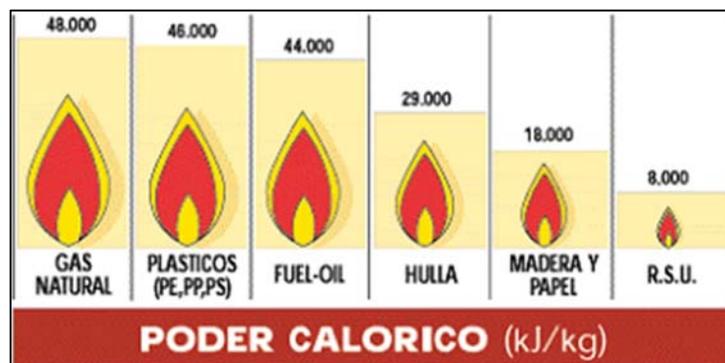


FIGURA 2. 7 - PODER CALORIFICO
FUENTE: Jorge Fernández, Poder Calorífico.

2.5. TIPOS DE INCENDIO

2.5.1. INCENDIO DE CHARCO (POOL FIRE)

“El suceso desencadenante de un incendio de charco (también llamado *pool fire*) es el vertido de un líquido inflamable que se extenderá sobre el suelo alcanzando un espesor reducido o, si existe un cubeto u otra zona de contención, formando un charco de mayor profundidad.”²⁴

²⁴⁻²⁵ Colmenero, J. (21 de SEPTIEMBRE de 2011). *SUITE*. Recuperado el 24 de OCTUBRE de 2013, de Incendios industriales. Tipología y características: <http://suite101.net/article/incendios-industriales-tipologia-y-caracteristicas-a67405>

2.5.2. DARDO DE FUEGO (JET FIRE)

“El suceso inicial para este tipo de incendio, también conocido como jet fire, es una fuga accidental de vapores o gases inflamables a presión, como por ejemplo en la rotura de una tubería procedente de un vaporizador o en la línea de impulsión de un compresor.

El escape dará lugar a lo que se denomina chorro turbulento (*jet*). Dicha turbulencia hará que la masa de gas inflamable se mezcle con el aire circundante desde el punto de fuga. En la zona frontal del *jet*, donde ya ha cesado la turbulencia, la nube inflamable diluida resultante será desplazada por el viento y continuará dispersándose.”²⁵

2.6. INDICE DE DOW²⁶

“Índice de Incendio y Explosión (Fire & Explosion Index), este índice fue creado por la compañía DOW CHEMICAL y su propósito original fue servir como guía para la selección de métodos de protección de incendio.

El índice Dow (F&EI) es una de las herramientas usadas para la evaluación realista del riesgo potencial de fuego, explosión y reactividad química de los equipos de proceso y su contenido. Desarrollado en 1964, ha evolucionado hasta convertirse en un índice completo que proporciona una medida del riesgo relativo de pérdidas de unidades individuales de proceso debido a fuegos o a explosiones potenciales.

Este índice se ha utilizado ampliamente, es el índice de peligro más reconocido por la industria química y proporciona información clave para evaluar el riesgo total de fuego y explosión.

²⁶ American Institute of Chemical Engineers (AIChE), Dow’s Fire & Explosion Index Hazard Classification. New York, 1994

El propósito del sistema de F&EI es:

- Cuantificar, en términos realistas, el daño que se puede esperar de los potenciales incidentes de fuego, explosión y reactividad.
- Identificar el equipo con probabilidad de contribuir a la iniciación o a la escalada de un incidente.
- Comunicar el potencial del riesgo de F&EI a la dirección.

Su propósito más amplio es disponer de un método que permita ordenar las unidades de proceso individuales según su riesgo, centrándose en los equipos importantes y proporcionar datos a los ingenieros de las pérdidas potenciales en cada área de proceso, para ayudarles a identificar maneras de disminuir, de una manera eficaz y rentable, la severidad y las pérdidas resultantes (en términos de dólares) de incidentes potenciales.

El sistema F&EI de Dow intenta determinar la pérdida máxima, realista, que puede ocurrir en una unidad de proceso o en unidades próximas. Una pérdida que podría ocurrir realmente en las condiciones de funcionamiento más adversas. El cálculo se basa en datos cuantificables. El cálculo del caudal de la fuga, la temperatura de proceso respecto a las de ignición y de ebullición y la reactividad del material son algunos de los muchos factores que contribuyen a un posible incidente.

Aunque el método de F&EI está diseñado principalmente para cualquier operación en la que se almacene, se maneje o se procese un material inflamable, combustible o reactivo, puede también ser utilizado para analizar pérdidas potenciales en instalaciones de tratamiento de aguas residuales, sistemas de distribución, tuberías, rectificadores, transformadores, calderas, oxidadores térmicos y algunos elementos de centrales eléctricas. El sistema se puede también utilizar para evaluaciones del riesgo de procesos pequeños con inventarios modestos de materiales potencialmente peligrosos. Su uso en plantas piloto es muy recomendable.”²⁶

En la Figura 2.8 se presenta el esquema que resume el procedimiento de cálculo del índice Dow.

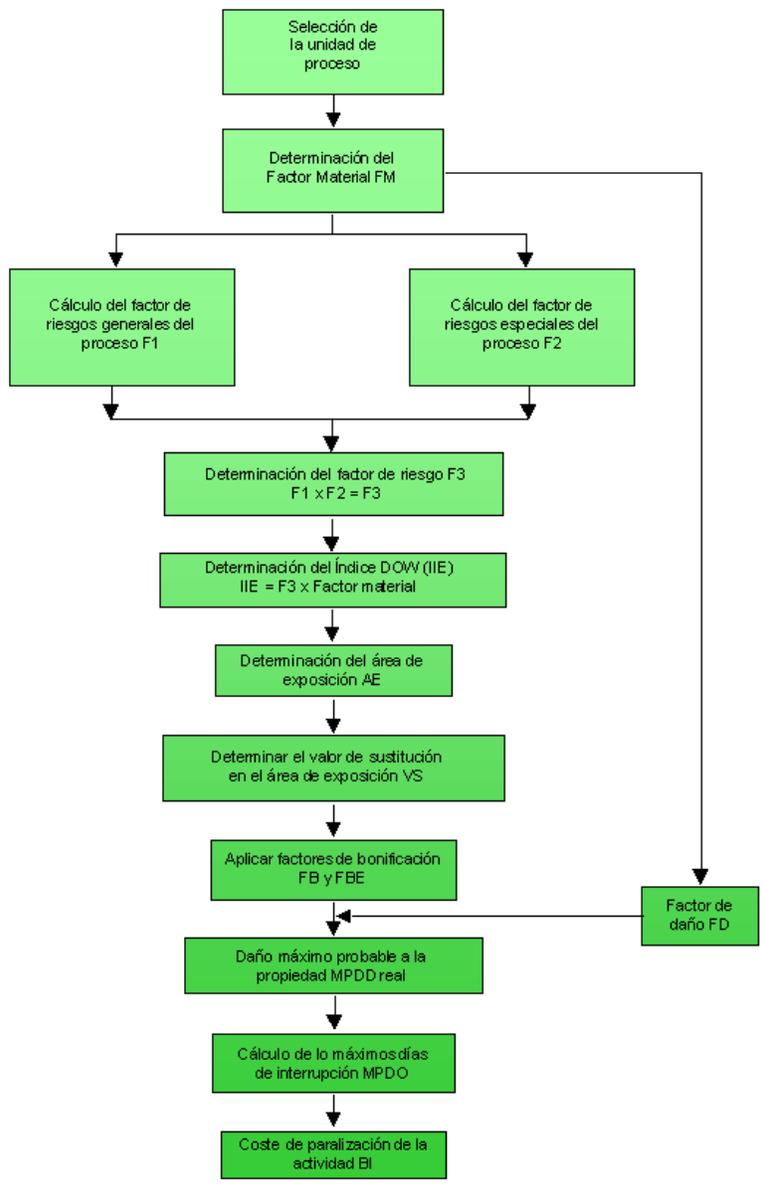


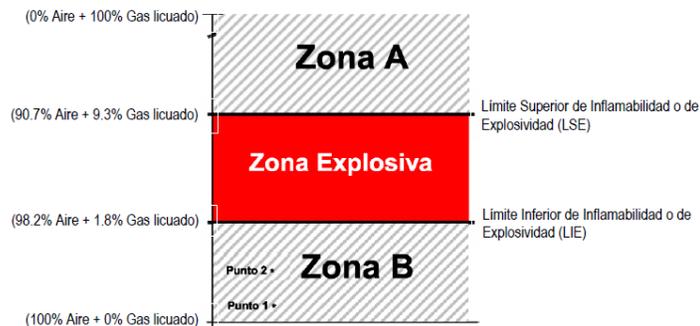
FIGURA 2. 8 - PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DOW
FUENTE: American Institute of Chemical Engineers (AIChE), Dow's Fire & Explosion Index Hazard Classification

2.6. MEZCLA AIRE GAS

En la figura 2.9 que se encuentra a continuación, podemos observar los límites superior e inferior de la zona explosiva del gas licuado, los cuales son 9.3% y 1.8% de gas respectivamente.

Mezcla Aire + Gas licuado

Zonas A y B. En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 1.8% y más de 9.3% de gas licuado no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición. Sin embargo, a nivel práctico deberá desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva, donde sólo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una explosión.



Punto 1 = 20% del LIE: Valor de ajuste de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas.

Punto 2 = 60% del LIE: Se ejecutan acciones de paro de bombas, bloqueo de válvulas, etc., antes de llegar a la Zona Explosiva.

FIGURA 2. 9 - MEZCLA AIRE – GAS

FUENTE: Hoja de datos de seguridad para sustancias químicas, PEMEX

2.7. EVALUACION DEL RIESGO DE INCENDIO POR EL INDICE DE DOW

Para la evaluación del riesgo de incendio hemos utilizado la metodología Índice Dow (F&EI)²⁷, y hemos seguido el flujo de la Figura 2.8

2.7.1. SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE PROCESO.

Para esta selección se ha considerado el proceso de “Extrusión de Polietileno Expandido”, se ha seleccionado esta unidad ya que aquí tenemos ubicado el tanque de almacenamiento de Gas, haciendo que el riesgo que se tiene en esta área sea mayor al resto de la planta, que como ya se mencionó anteriormente, es de alto riesgo. En la FIGURA 2.10 se puede observar la distribución de la unidad de proceso.

A- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PROPANO



FIGURA 2. 10 - ZONA DE EXTRUSION DE POLIETILENO EXPANDIDO
FUENTE: AUTOR

²⁷American Institute of Chemical Engineers (AIChE), Índice Dow (F&EI).- Índice de Incendio y Explosión (Fire & Explosion Index)

2.7.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE MATERIAL (MF)

Para este caso de estudio el (MF) que mide el potencial de energía emitida en fuego o explosión según el artículo ²⁸, se ha tomado un valor de 21 que se ha observado que es válido para una mezcla GLP PROPANO BUTANO, el cual hemos aceptado para el cálculo.

En esta sección se tomara como guía para el cálculo²⁹, toda la metodología, índices y tablas serán especificadas según sea el caso

2.7.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIESGO DE LA UNIDAD DE PROCESO (F3)

Este índice resulta del producto entre F1 y F2 (Peligros generales y peligros especiales de proceso).

2.7.3.1. CALCULO DE PELIGROS GENERALES DE PROCESO (F1)

Para este factor se considera las condiciones generales (reacciones de tipo exotérmicas, endotérmicas, transporte de materiales, accesos inadecuados, drenajes y control de derrames), según nuestro caso de estudio los valores serian:

- A. Reacciones Exotérmicas: N/A
- B. Reacciones Endotérmicas: N/A

²⁸ Román, R. V. (31 de JULIO de 2012). Aprendizajes del Accidente de San Juan Ixhuatepec-MEXICO. *Información Tecnológica VOL 23 No 6*, 128.

²⁹ DOW-CHEMICAL, C. (1980). *FIRE AND EXPLOSION INDEX HAZARD CLASIFICACION GUIDE* (5ta ed.). (E. T. Valentin Estalella Monry, Trad.) MADRID, Midland, Michigan: INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

- C. Manejo y Transferencia de Materiales: Para el caso de LPG o gases inflamables se da una penalización de 0,85
- D. Unidades de proceso en locales cerrados : N/A (VER FIGURA 2,10)
- E. Acceso: Para el caso de acceso inadecuado se penaliza el 0,35 esto se justifica ya que el acceso al proceso es por la bodega de producto terminado.
- F. Drenajes: N/A

Una vez determinados los factores del componente F1, se procede a su cálculo, se tiene que:

$$F1 = A + B + C + D + E + F + \text{factor base}(1,0)$$

$$F1 = 0 + 0 + 0,85 + 0 + 0,35 + 0 + 1$$

$$F1 = 2.20$$

2.7.3.2. CÁLCULO DE PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO (F2)

Para este factor tomaremos en cuenta los siguientes puntos:

- A. Temperatura: se penaliza con 0,60 puesto que la temperatura del cabezal de extrusión llega máximo al 10s 98 °C y esta sobre el punto de ebullición de propano -42.04° C (AGA, 2005),
- B. Presión Baja (Inferior a la Atmosférica 760mm Hg), para este caso puntual la presión de CUENCA es 560 mmHg , se penaliza con 0,5
- C. Operaciones en condiciones de inflamabilidad o cercanas a ella. N/A
- D. Explosión de Polvo: N/A
- E. Presión de Alivio (tarado). N/A
- F. Baja Temperatura: N/A
- G. Cantidad de Material Inflamable:
 1. Líquidos o Gases en proceso Para este cálculo se multiplican los Kg de material por la entalpia Hc. en Mcal / Kg, y se Obtienen las mega calorías x 10 5 totales y se busca en la Isolinea de la Figura 2.11 y se obtiene la penalización.

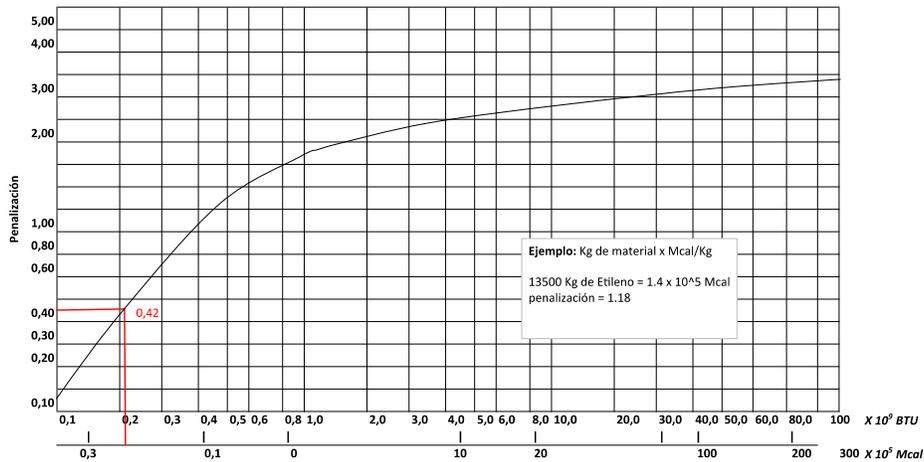


FIGURA 2. 11 - FACTOR DE PENALIZACION POR CANTIDAD DE MATERIAL
FUENTE: Dow Chemical

Utilizamos H_c 11.1 Mcal / Kg para GLP según (DOW-CHEMICAL, 1980), multiplicamos por 5666 Kg que es el peso promedio del Material contenido

$$\text{Penalizacion} = H_c \times \text{Kg gas}$$

$$\text{Penalizacion} = \frac{11.1 \text{ Mcal}}{\text{kg}} \times 5666 \text{ Kg} = 62892,6 \text{ Mcal} \text{ o } 0,62 \times 10^5$$

$$\text{Penalizacion} = 0,42$$

2. Líquidos o Gases en Almacenamiento Para este cálculo se utiliza la misma metodología en el apartado G.1. Con el total de Mega Calorías en un solo recipiente, para este caso de estudio se utiliza los 62892,6 Mcal y se contrasta con el Figura 2.12 con la curva A para Gases Licuados

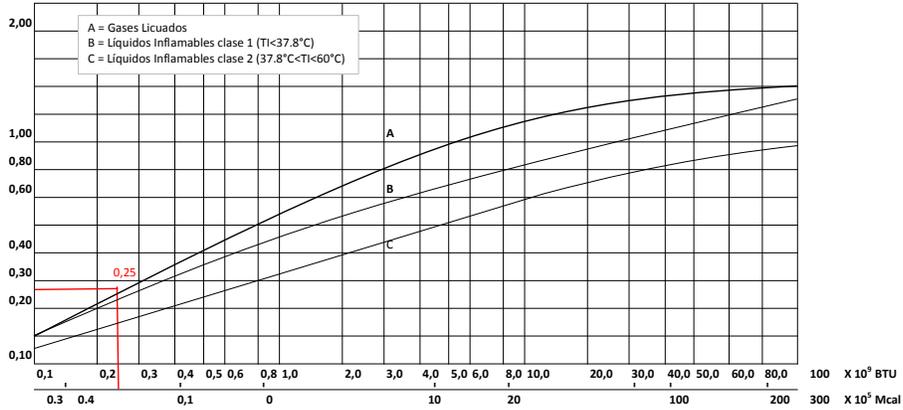


FIGURA 2. 12 - FACTOR DE PENALIZACION POR LIQUIDOS O GASES EN ALMACENAMIENTO
FUENTE: DOW CHEMICAL

De la Isolinea se tiene que el valor de Penalización es de 0,25

3. Sólidos combustibles en Almacenamiento. Para este caso teniendo en cuenta que la operación de extrusión está junto a la bodega de producto terminado de espuma de polietileno expandido, cuya densidad promedio está entre (10 y 25 Kg/m³ con un promedio de 0,0175 g/cm³), y se almacena 13300 kg constantes en la bodega, de esto según la isolinia de la Figura 2,13 se tiene.

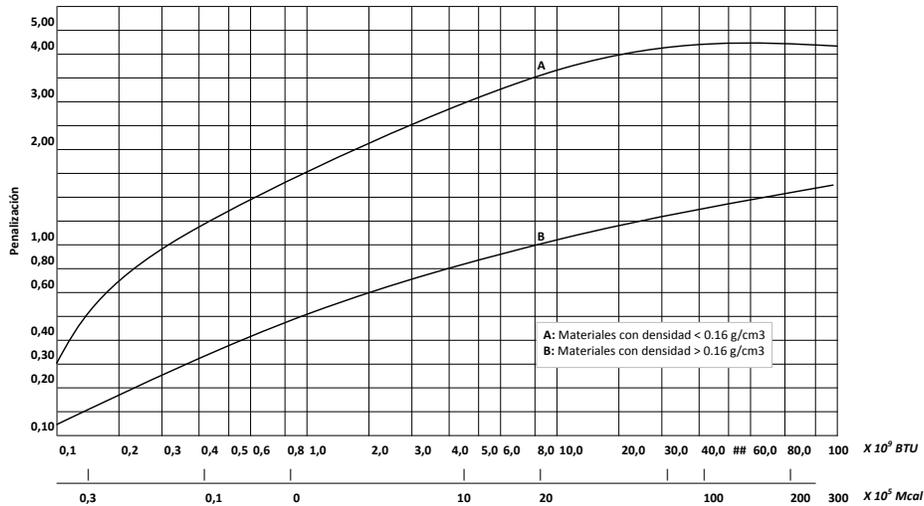


FIGURA 2. 13 - FACTOR DE PENALIZACION POR COMBUSTIBLES SOLIDOS ENF ALMACENAMIENTO
FUENTE: DOW CHEMICAL

De esto se obtiene que la penalización 0,3

H. Corrosión y Erosión

Para este factor se toma en cuenta la penalización a) Velocidad de corrosión interior de 0,5 mm/año con riesgo de picadura o erosión local = 0,10

J. Fugas, Uniones y Empaquetaduras

K. En esta penalización se utiliza el caso 2, Todos aquellos procesos que producen normalmente problemas de fugas en bombas, compresores, uniones con bridas, el valor 0,30, esto se sustenta debido a que se presentan en periodos no tan cortos de tiempo fugas por desgaste del sello mecánico, dado el historial de mantenimiento 2013.

L. Uso de Calentadores con fuego directo

M. Para nuestro caso de estudio no aplica esta penalización.

N. Intercambio Térmico con aceite Caliente

O. Para nuestro caso de estudio no aplica esta penalización.

P. Equipos de Rotación, Bombas Compresores.

Q. Para nuestro caso de estudio no aplica esta penalización.

R. Entonces:

Una vez determinados los diferentes factores se procede al cálculo del factor F2 que resulta de la suma de los mismos, a continuación se muestra el cálculo de este.

$$F2 = A + B + C + D + E + F + G1 + G2 + G3 + H + I + J + K + L + M + \text{factor base (1,0)}.$$

$$F2 = 0,60 + 0,5 + 0,0 + 0,0 + 0,0 + 0 + 0,42 + 0,25 + 0,30 + 0,10 + 0,30 + 0 + 0 + 0 + 1,0$$

$$\mathbf{F2 = 3.47}$$

Una vez obtenido el factor F2, se utiliza este para el cálculo del índice de riesgo de la unidad de proceso (F3) que se presenta a continuación.

$$F3 = 2.20 \times 3.47$$

$$F3 = 7,634 \text{ aproximando a } 8$$

$$\mathbf{F3 = 8}$$

2.7.4. CALCULO DEL FACTOR DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN (INDICE DOW)

El índice F&E se calcula de la siguiente manera:

$$F\&E = MF \times F3$$

$$F\&E = 8 \times 21$$

$$F\&E = 168$$

2.7.5. DETERMINACIÓN DEL RADIO DE INCENDIO.

Para este cálculo se utiliza el Índice F&E calculado 168 y se analiza según la Figura 2,14

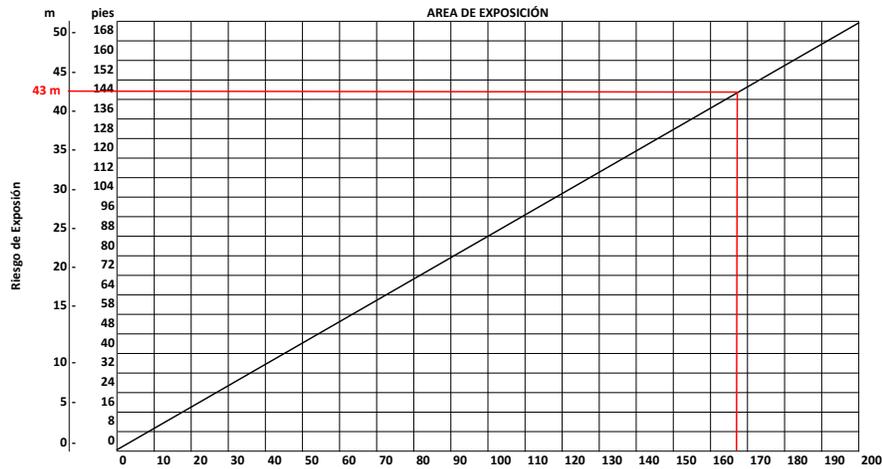


FIGURA 2. 14 - AREA DE EXPLOSIÓN
FUENTE: DOW CHEMICAL

Haciendo el cruce en la Figura 2.14, obtenemos que el radio de la explosión en el caso de un incendio será de 44m, como se puede observar en la figura 2.15.



FIGURA 2. 15 - RADIO DE EXPLOSIÓN
FUENTE: GOOGLE EARTH

Una vez determinado el radio, se procede a realizar el cálculo del área que resultaría afectada en el caso de una explosión, siendo el área:

$$\text{Area de Explosión} = \pi \times r_{\text{exp}}^2$$

$$\text{Area de Explosión} = 3.1416 \times 43^2$$

$$\text{Area de Explosión} = 5808,81 \text{ m}^2$$

2.7.6. CALCULO DEL FACTOR DE DAÑO PROBABLE

Para este cálculo se utiliza el MF = 21, el Factor F3 = 8 y se lo lleva a la siguiente grafica que nos da el Factor de Daño probable de la instalación (VER FIGURA 2,16). En donde el porcentaje de daño probable en la instalación es de 84%

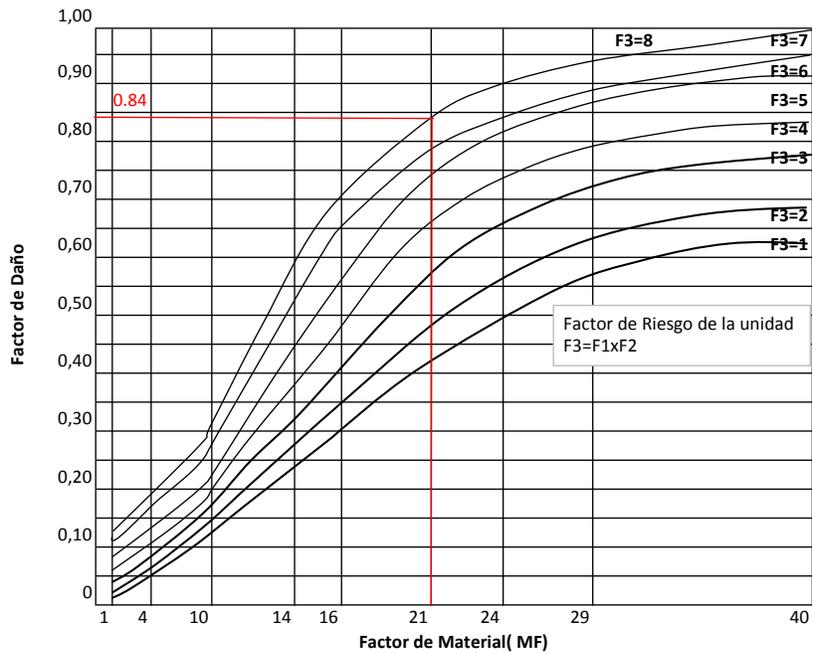


FIGURA 2. 16 - FACTOR DE DAÑO PROBABLE DE LA INSTALACION
FUENTE: DOW CHEMICAL

FIRE & EXPLOSION INDEX 5ta EDICION	GRADO DE PELIGRO
1-60	Ligero
61-96	Moderado
97-127	Intermedio
128-158	Intenso
MAS DE 159	Grave

**TABLA 2. 1 – INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION VS GRADO DE PELIGRO.
FUENTE: FIRE & EXPLOSION INDEX 5ta EDICION**

2.7.7. CALCULO DE DAÑO BÁSICO MÁXIMO PROBABLE A LA PROPIEDAD.

Para calcular el MPPD (Daño Básico Máximo Probable a la Propiedad) se utiliza la siguiente expresión

$$\text{MPPD} = \text{Costo por } m^2 \times 0.84 \times \text{Area de Exposicion}$$

0.84= dato estadístico ³⁰

³⁰ El valor de 0.84 según (DOW-CHEMICALL, 1980) es un factor estadístico para los elementos no sommitidos a perdida o sustitucion , tales como carreteras , lineas subterranas, cimientos , ingenieria, etc.

Se estima que el costo por m² es de \$800 - \$1000 en el mercado, para el cálculo tomaremos el valor medio de \$900.

$$\text{MPPD} = \$900 \times 0.84 \times 5808,81 \text{ m}^2$$

$$\text{MPPD} = \$4'391.466.71$$

Según Dow³¹ para tanques de almacenamiento se debe ocupar el 80% de MPPD por lo tanto sería:

$$\text{MPPD} = \$4'391.466.71 \times 80\%$$

$$\text{MPPD} = \$3'513,173.37$$

2.7.8. CALCULO DEL FACTOR DE BONIFICACIÓN

Para este cálculo se utiliza tres variables, (C1) Control de Proceso, (C2) Aislamiento de Material, (C3) Protección contra fuego, esto se resume en la siguiente expresión

$$\text{Factor de bonificacion} = C1 \times C2 \times C3$$

³¹ DOW-CHEMICALL, C. (1980). *FIRE AND EXPLOSION INDEX HAZARD CLASIFICATION GUIDE* (5ta ed.). (E. T. Valentin Estalella Monry, Trad.) MADRID, Midland, Michigan: INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Pag.35

2.7.8.1. CALCULO DEL CONTROL DEL PROCESO (C1)

Este factor resulta del producto de algunos sub factores así:

- A. Energía de Emergencia = No se tiene (se toma valor numérico de 1)
- B. Refrigeración = No se tiene (se toma valor numérico de 1)
- C. Control de Explosiones = No se tiene (se toma valor numérico de 1).
- D. Parada de Emergencia = 0,96
- E. Control mediante un ordenador = No se tiene (se toma valor numérico de 1).
- F. Gas inerte = No se tiene (se toma valor numérico de 1).
- G. Instrucciones de operador:
 - 1. Inicio de Operación = 0,5
 - 2. Parada Rutinaria = 0,5
 - 3. Condiciones de Operación reducidas = No se tiene (se toma valor numérico de 1)
 - 4. Condiciones de Funcionamiento en espera = No se tiene (se toma valor numérico de 1)
 - 5. Condiciones de Funcionamiento por encima del Régimen = No se tiene (se toma valor numérico de 1)
 - 6. Reanudación poco después de un paro = 1.0
 - 7. Puesta de nuevo en marcha de la instalación a partir de una condición de post mantenimiento = 1,0
 - 8. Procedimientos de Mantenimiento, Permisos de Trabajo, Descontaminación, Cierre, Enclavamiento, Autorización del sistema, Autorización del Sistema = 1,0
 - 9. Parada de emergencia = 1,5
 - 10. Modificaciones o Adicionales como equipos o tuberías de la planta = No se tiene (se toma valor numérico de 1)
 - 11. Situaciones anormales de error previstas = No se tiene (se toma valor numérico de 1)

$$\text{Instrucciones de operador} = 1,0 - \frac{\sum_{11}^1 x}{100}$$

$$\text{Instrucciones de operador} = 1,0 - \frac{5.5}{100}$$

$$\text{Instrucciones de operador} = 0,95$$

- H. Recopilación de Reactividad Química = No se tiene (se toma valor numérico de 1)
De esto

$$C_1 = 1 \times 1 \times 1 \times 0,96 \times 1 \times 1 \times 0,95 \times 1$$

$$C_1 = 0,91$$

2.7.8.2.1. CALCULO DEL AISLAMIENTO DE MATERIAL (C2).

- A. Válvulas a control remoto = No se tiene (se toma valor numérico de 1).
B. Depósito de Descarga = No se tiene (se toma valor numérico de 1).
C. Drenaje = No se tiene (se toma valor numérico de 1).
D. Enclavamiento = No se tiene (se toma valor numérico de 1).

$$C_2 = 1 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$C_2 = 1$$

2.7.8.2.2. CALCULO DE PROTECCIÓN CONTRA FUEGO (C3).

- A. Detección de Fugas = No se tiene (se toma valor numérico de 1).
B. Estructuras de Acero = No se tiene (se toma valor numérica de 1).
C. Tanques enterrados= No se tiene (se toma valor numérica de 1).
D. Suministro de Agua = No se tiene (se toma valor numérica de 1).
E. Sistemas especiales = No se tiene (se toma valor numérica de 1)
F. Sistema de Rociadores = 0,95
G. Cortinas de Agua = No se tiene (se toma valor numérica de 1).
H. Espuma = No se tiene (se toma valor numérica de 1).
I. Extintores manuales = 0,97
J. Protección de cables = No se tiene (se toma valor numérica de 1)

$$C_3 = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,95 \times 1 \times 1 \times 0,97 \times 1$$

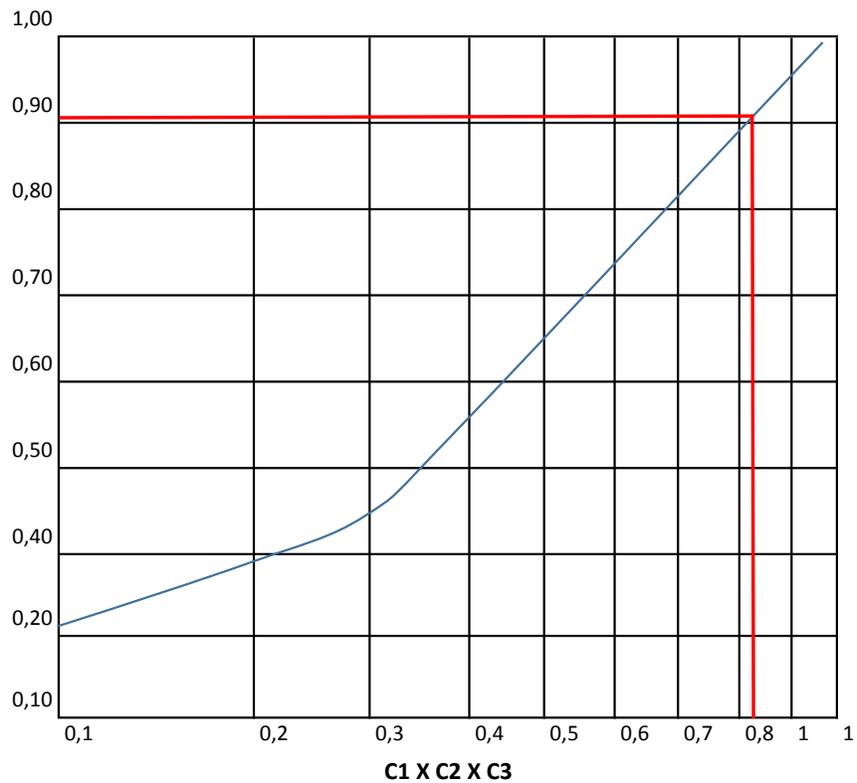
$$C_3 = 0,92$$

$$\text{Factor de bonificacion} = 0,91 \times 1 \times 0,92$$

$$\text{Factor de bonificacion} = 0,84$$

2.7.9. CALCULO EFECTIVO MÁXIMO PROBABLE DE LA PROPIEDAD

Para este cálculo se calcula el factor de Bonificación Efectivo utilizando la Figura 2,17



**FIGURA 2. 17 - FACTOR DE BONIFICACION EFECTIVO
FUENTE: DOW CHEMICAL**

El factor de Bonificación Efectivo sería de 0,91 con esto

$$\text{MPPD EFECTIVO} = \$3'513,173.37 \times 0,91$$

$$\text{MPPD EFECTIVO} = \$3'196.987.76$$

2.7.10. DETERMINACIÓN DE LOS MÁXIMOS DÍAS PROBABLES DE INDISPONIBILIDAD.

Para este cálculo se aplica la figura 2,18 días perdidos

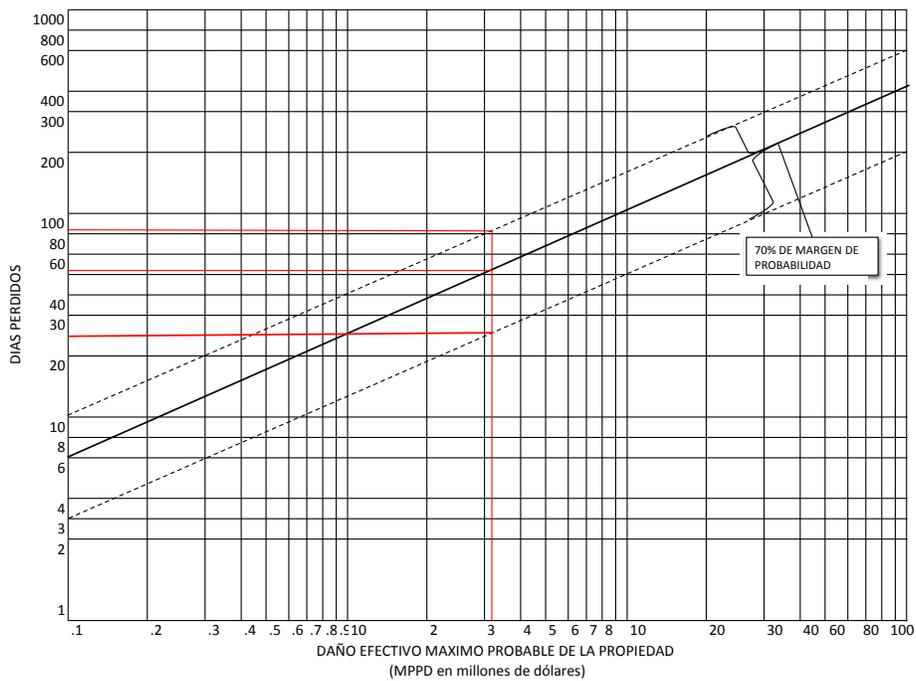


FIGURA 2. 18 - DIAS PERDIDOS
FUENTE: DOW CHEMICAL

Según la FIGURA 2,18 el número de días perdidos mínimo son 25 y con un Máximo de 80, según esto se ha calculado un valor medio de 52,5 días.

2.7.11. CALCULO DEL DAÑO ECONÓMICO POR PERDIDA DE PRODUCCIÓN

Para este cálculo se define que el costo diario de producción de la fábrica es \$46 550, esto multiplicado por los días de para nos daría una pérdida de \$2'443.875,00

El costo total de la perdida seria:

$$\text{Costo total} = \text{MPPD EFECTIVO} + \text{Costo por perdida de produccion}$$

$$\text{Costo total} = \$2'443.875 + \$3'196.987.76$$

$$\text{Costo total} = \$5'640.862.76$$

2.8. ALOHA

“ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres = Ubicaciones Zonales de Atmósferas Peligrosas): es un programa computarizado diseñado específicamente para el uso de personas que responden a accidentes químicos, así como para la planificación y entrenamiento de emergencias. ALOHA puede predecir las tasas a las cuales los vapores químicos pueden escapar a la atmósfera desde tuberías de gas rotas, fugas de tanques, y charcos en evaporación. Entonces puede predecir cómo una nube de gas peligrosa podría dispersarse en la atmósfera después de una descarga química accidental.

Está diseñado para que pueda usarse fácilmente, de modo que pueda operarse exitosamente durante situaciones de alta presión. Su biblioteca química contiene información sobre las propiedades físicas de unos novecientos productos químicos peligrosos comunes.

Para usar ALOHA, típicamente se siguen los siguientes pasos:

- Indicar la ciudad donde está ocurriendo una descarga accidental y la hora y fecha del accidente.
- Elegir el producto químico de preocupación de la biblioteca de información que posee el ALOHA.
- Introducir información sobre las condiciones meteorológicas actuales.
- Describir en qué forma el producto químico escapa del contenedor.
- Pedir a ALOHA que presente una huella, en la que se muestre la zona donde las concentraciones químicas en el aire pueden llegar a ser lo suficientemente altas como para presentar un riesgo para la gente.

ALOHA es un modelo de dispersión aérea que se puede usar como herramienta para predecir el movimiento y dispersión de los gases. Predice concentraciones contaminantes a favor del viento desde la fuente de un derrame, tomando en cuenta las características físicas del material derramado. También da cuenta de algunas de las características del sitio del derrame, las condiciones meteorológicas, y las circunstancias de la descarga.

ALOHA modela la dispersión de una nube de gas contaminante en el atmósfera y presenta un diagrama que muestra una visión desde arriba de la zona en la que predice que las concentraciones de gas alcanzarán niveles peligrosos. El diagrama se llama la

huella de la nube. Para obtener el trazado de una huella, primero hay que identificar una concentración límite de una sustancia contaminante aérea, usualmente aquella concentración por encima de la cual el gas puede representar un riesgo para la gente. Este valor se llama Nivel de Preocupación. La huella representa el área dentro de la cual se predice que la concentración a ras del suelo de un gas contaminante excederá de su nivel de preocupación (NP) en algún momento después de empezar la descarga.

Hay dos modelos de dispersión separados en ALOHA: el Gaussiano y el de gases pesados.”³²

2.8.1. Causas de accidentes en instalaciones de proceso

La experiencia de los accidentes sucedidos en instalaciones de proceso muestra que las causas de los mismos pueden clasificarse, dejando al margen las injerencias de agentes externos al proceso y fuerzas naturales (proximidad a instalaciones peligrosas, viento, heladas, incendios, etc.), en los siguientes tres grupos, para cada uno de los cuales se indican algunos de los fallos más frecuentes.

- Fallos de componentes
- Diseño inapropiado frente a presión interna, fuerzas externas, corrosión del medio y temperatura.
- Fallos de elementos tales como bombas, compresores, ventiladores, agitadores, etc.
- Fallos de sistemas de control (sensores de presión y temperaturas, controladores de nivel, reguladores de flujos, unidades de control computarizadas, etc.).
- Fallos de juntas y conexiones.
- Fallos de sistemas específicos de seguridad (válvulas de seguridad, discos de ruptura, sistemas de alivio de presiones, sistemas de neutralización, avisadores, etc.

³² Manual de Usuario ALOHA y MARPLOT, ARCOPO, Galicia 2011, Editorial METEOGALICIA - UE

2.8.2. AEGL – ACUTE EXPOSURE GUIDELINE LEVELS

Los AEGL ,Acute exposure guideline levels (umbrales límites de exposición aguda), son concentraciones de sustancias químicas en el aire establecidas por la Agencia de Protección del Medio Ambiente, por encima de las cuales las personas expuestas una sola vez, o con muy poca frecuencia, pueden tener efectos adversos sobre la salud.

2.8.2.1. AEGL-1

Concentración a o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hiper susceptibles, puede experimentar molestias notables, irritación o ciertos efectos asintomáticos. Estos efectos son transitorios y reversibles una vez que cesa la exposición. Concentraciones por debajo del AEGL-1 representan niveles de exposición que producen ligero olor, sabor u otra irritación sensorial leve.

2.8.2.2. AEGL-2

Concentración a o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hiper susceptibles, puede experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Concentraciones por debajo del AEGL-2 pero por encima del AEGL-1 representan niveles de exposición que pueden causar notable malestar.

2.8.2.3. AEGL-3

Concentración a o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hiper susceptibles, puede experimentar efectos amenazantes para la vida o incluso provocar la muerte. Por debajo del AEGL-3 pero por encima del AEGL-2 representan niveles de exposición que pueden causar efectos duraderos, serios o irreversibles o impedir la capacidad de escapar.

2.8.3. ESENAARIOS A ANALIZARSE

Para nuestro caso vamos a analizar las siguientes situaciones:

MANGUERA DE CARGA	RUPTURA EN LA UNION DE LA MANGUERA Y EL CONECTOR	
	CORTE LONGITUDINAL EN LA MANGUERA DE CARGA	
TANQUE DE GAS	AGUJERO EN EL TANQUE	
	CORTE LONGITUDINAL EN EL TANQUE	

Como primer paso para el análisis con el ALOHA se procede a ingresar los datos de la ubicación del lugar donde se está realizando el análisis, las coordenadas de latitud, longitud, altura; así mismo procedemos a cargar los datos del edificio, el tipo de estructura que se posee.

Una vez ingresados estos datos, procedemos a cargar los datos, si no poseemos en la base interna, del químico que estamos manejando, y a continuación las condiciones climáticas, velocidad, dirección del viento, humedad. Por último ingresamos los datos del tanque, el diámetro, la longitud, el volumen que posee para hacer el cálculo.

Todos estos datos se pueden observar en la Figura 2.19 que se presenta a continuación, ahí se puede observar el resumen de los datos ingresados para el cálculo de los diferentes escenarios.

```
SITE DATA:
Location: CUENCA 1, ECUADOR
Building Air Exchanges Per Hour: 2.45 (unsheltered single storied)
Time: December 4, 2013 2010 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: PROPANE                      Molecular Weight: 44.10 g/mol
AEGL-1 (60 min): 5500 ppm  AEGL-2 (60 min): 17000 ppm  AEGL-3 (60 min): 33000 ppm
IDLH: 2100 ppm      LEL: 21000 ppm      UEL: 95000 ppm
Ambient Boiling Point: -49.0° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 14.75 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: open country      Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 14.65° C           Stability Class: D
No Inversion Height                 Relative Humidity: 73%

SOURCE STRENGTH:
BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank
Tank Diameter: 1.2 meters      Tank Length: 8.9 meters
Tank Volume: 10.1 cubic meters
Tank contains liquid
Internal Storage Temperature: -26° C
Chemical Mass in Tank: 5666 kilograms
Tank is 100% full
Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
Fireball Diameter: 103 meters      Burn Duration: 8 seconds
```

FIGURA 2. 19 - DATOS PARA SIMULACIÓN EN ALOHA
FUENTE: AUTOR-ALOHA

2.8.3.1. CORTE ENTRE LA MANGUERA Y LA UNIÓN

El primer caso a analizar es el corte completo de la manguera, en la unión del acople roscado, esta tiene un diámetro de una pulgada y media, se procede en el primer caso a modelar la fuga del gas sin incendio, una nube tóxica. En la Figura 2.20 podemos observar la tabla de resumen de datos para la simulación.

En la Figura 2.21 se puede apreciar la forma y dimensión de la nube de vapor tóxico del gas que se escaparía al ambiente, esta llegaría a una distancia de 56 metros desde el punto de fuga, en la Figura 2.22 podemos observar el movimiento de la nube en el emplazamiento de la planta, teniendo como resultado que los afectados no serían los empleados, si no los vecinos de la cooperativa de taxis que se encuentra al frente de la planta.

De esta manera se procede a hacer una simulación de los efectos que podrían llegar a tener las personas en el área.

SITE DATA:
 Location: CUENCA 1, ECUADOR
 Building Air Exchanges Per Hour: 2.45 (unsheltered single storied)
 Time: November 13, 2013 2336 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol
 AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm
 IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm
 Ambient Boiling Point: -49.0° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
 Wind: 14.75 meters/second from WSW at 10 meters
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 14.65° C Stability Class: D
 No Inversion Height Relative Humidity: 73%

SOURCE STRENGTH:
 Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)
 Tank Diameter: 1.2 meters Tank Length: 8.9 meters
 Tank Volume: 10.1 cubic meters
 Tank contains liquid Internal Temperature: -26° C
 Chemical Mass in Tank: 5666 kilograms
 Tank is 100% full
 Circular Opening Diameter: 1.5 inches
 Opening is 1.2 meters from tank bottom
 Release Duration: 38 minutes
 Max Average Sustained Release Rate: 154 kilograms/min
 (averaged over a minute or more)
 Total Amount Released: 5,212 kilograms
 Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

**FIGURA 2. 20 - TABLA DE RESUMEN DE DATOS
 FUENTE: AUTOR-ALOHA**

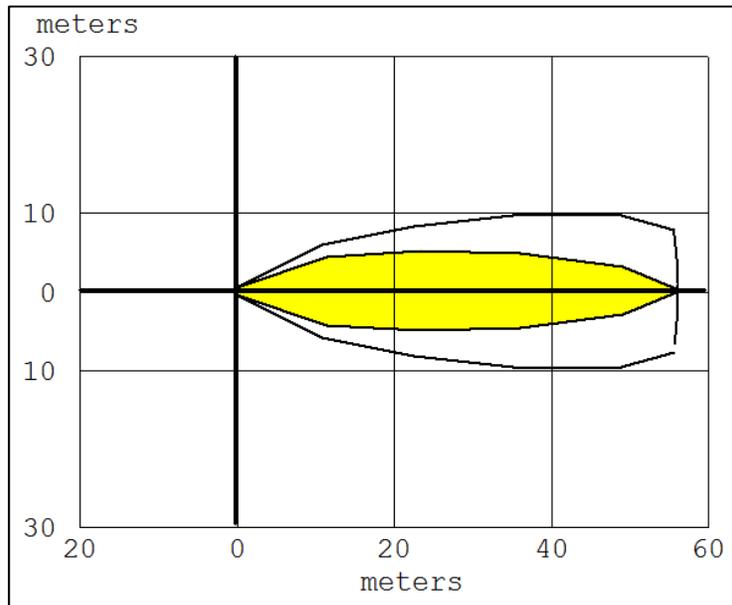


FIGURA 2. 21 - NUBE TOXICA DE VAPOR – CASO 1
FUENTE: AUTOR-ALOHA



FIGURA 2. 22 - NUBE TOXICA – CASO 1
FUENTE: AUTOR-ALOHA-GOOGLE EARTH

Como podemos ver en la Figura 2.23 al llegar a los 40 minutos se llega a la concentración tope de gas en el ambiente, la cual sobrepasa el límite AEGL-1, lo cual significa que las personas que se encuentran en esta área ya empezarán a sentir molestias, pero estas son reversibles

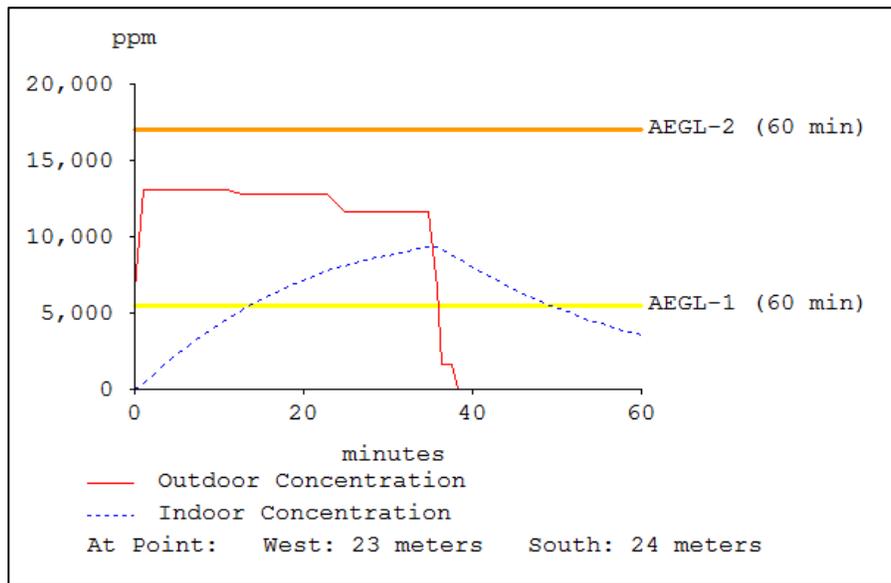


FIGURA 2. 23 - CONCENTRACION DE GAS
FUENTE: AUTOR

En la Figura 2.24 podemos observar por otro lado la nube inflamable, el área que se encuentra sombreada de amarillo representa la nube de gas inflamable, esto quiere decir que si se tiene una fuente de ignición se produciría el incendio y pudiendo llegar a la explosión del tanque.



FIGURA 2. 24 - NUBE INFLAMABLE – CASO 1
FUENTE: AUTOR-ALOHA-GOOGLE EARTH

2.8.3.2. CORTE EN LA MANGUERA

El siguiente caso que se propuso analizar es cuando se llegara a dar un corte en la manguera, este sería de un centímetro de ancho por dos de largo, teniendo en cuenta que el tanque está lleno. La primera situación que se analiza es cuando hay la fuga y vamos a tener una nube de gas inflamable, así en la Figura 2,25 podemos observar el área amarilla, la cual representa el área inflamable de la fuga de gas.

En la Figura 2.26 podemos observar la imagen en el plano del área de trabajo, y vamos a ver que por la dirección del viento el área afectada es la de la cooperativa de taxis que se encuentra al frente de la empresa.

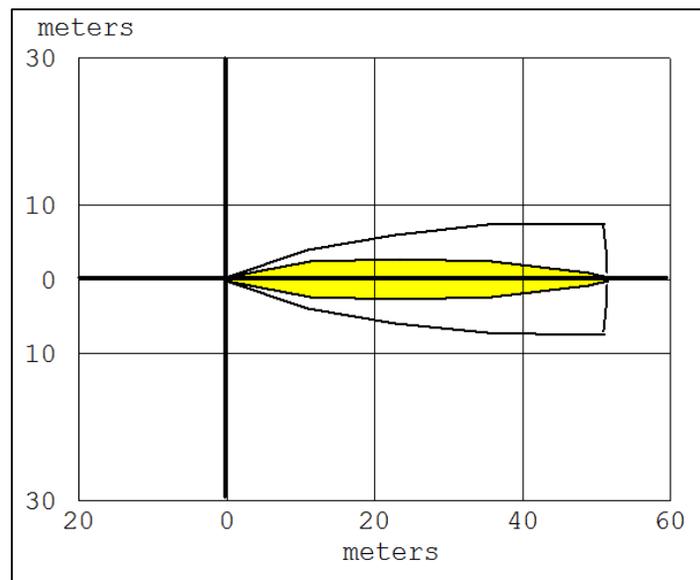
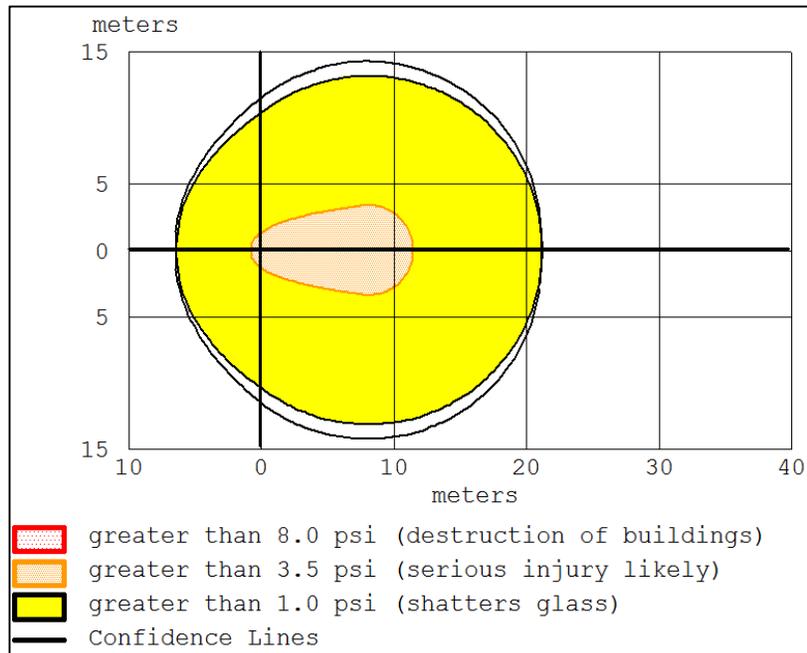


FIGURA 2. 25 - NUBE DE GAS INFLAMABLE - CASO 2
FUENTE: AUTOR-ALOHA



FIGURA 2. 26 – NUBE DE GAS INFLAMABLE – CASO 2
FUENTE: AUTOR-ALOHA-GOOGLE EARTH

Teniendo en cuenta esta fuga de gas, se procede a hacer la modelación de la explosión de esta nube de vapor de gas, la cual se puede observar en la Figura 2.27, el área naranja muestra la zona en donde se pueden dar lesiones graves, y el área en amarillo ruptura de ventanas.



**FIGURA 2. 27 - EXPLOSIÓN DE NUBE DE VAPOR DE GAS – CASO 2
FUENTE: AUTOR-ALOHA**

En la Figura 2.28 podemos observar esta área en el mapa.



**FIGURA 2. 28 - EXPLOSION DE NUBE DE VAPOR – CASO 2
FUETE: AUTOR-ALOHA-GOOGLE EARTH**

2.8.3.3. AGUJERO EN EL TANQUE

El siguiente caso a analizar, es si se tuviera un agujero de 0,5 cm en el costado del tanque, se ha tomado en este caso ya que en el costado a la mitad del tanque se tiene el cordón de soldadura del mismo, así que se procedió a realizar la simulación de la explosión de la nube de vapor que se tiene por la fuga en el costado. En la Figura 2.29 podemos observar la modelación de la explosión del vapor, la zona naranja nos muestra el área en donde se tendría daños gravea y la amarilla en la cual tendríamos ruptura de cristales.

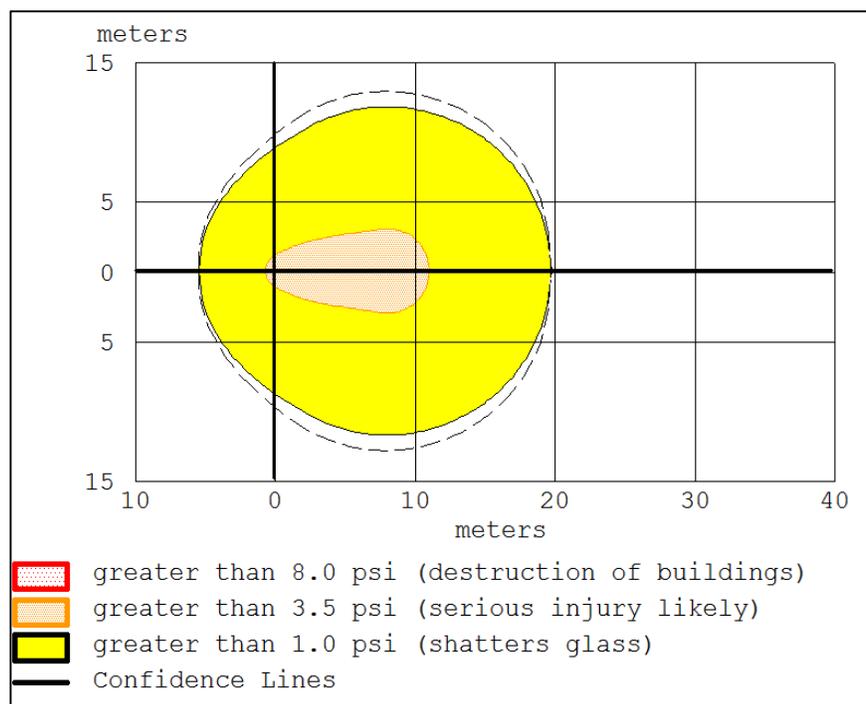


FIGURA 2. 29 - EXPLOSION DE LA NUBE DE VAPOR – CASO 3
FUENTE: AUTOR-ALOHA

En la Figura 2.30 tenemos la representación gráfica de esta área en el lugar de emplazamiento de la empresa.



FIGURA 2. 30 - EXPLOSION DE NUBE DE VAPOR – CASO 3
FUENTE: AUTOR-ALOHA-GOOGLE EARTH

2.8.3.4. CORTE LATERAL EN EL TANQUE

El siguiente caso que se analizó fue si se llegara a tener un corte lateral del tanque en el área del cordón de la soldadura, y este tuviera una dimensión de 1cm de ancho por 2 cm de largo, con este supuesto se procedió a realizar el análisis determinado como se puede ver en la Figura 2.31 el área de la nube de vapor inflamable, la cual llega a una distancia de 82 metros.

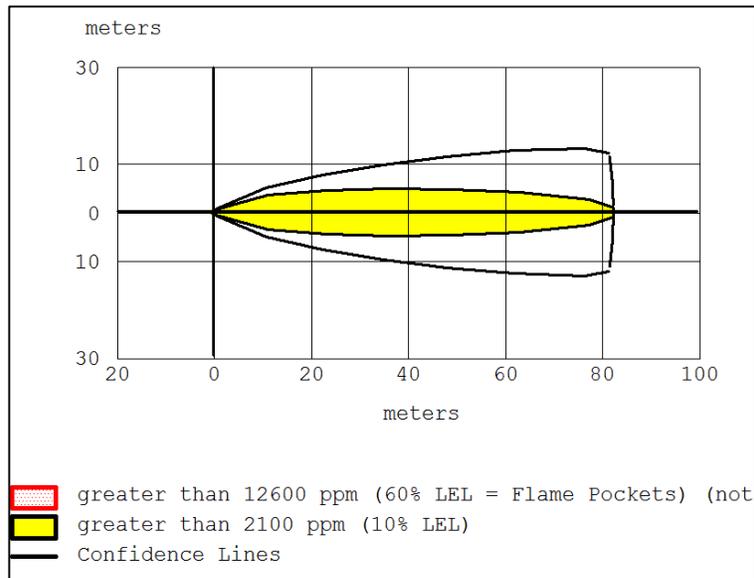


FIGURA 2. 31 - NUBE DE GAS INFLAMABLE - CASO 4
FUENTE: AUTOR-ALOHA



FIGURA 2. 32 - NUBE DE GAS INFLAMABLE CASO 4

FUENTE: AUTOR-ALOHA-GOOGLE EARTH

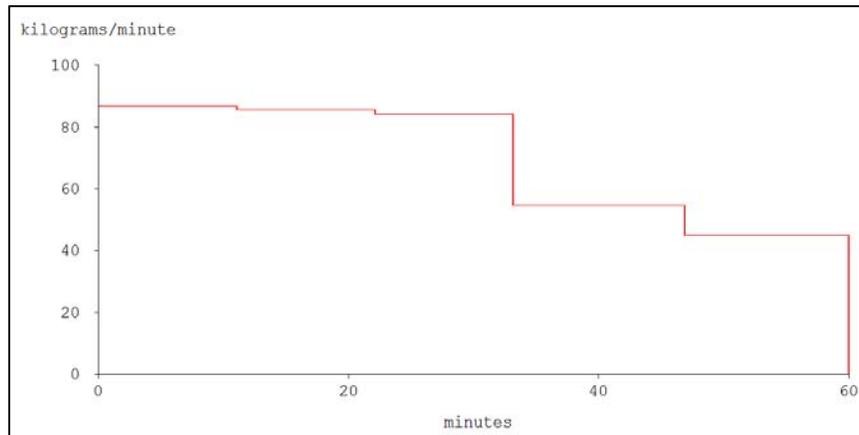
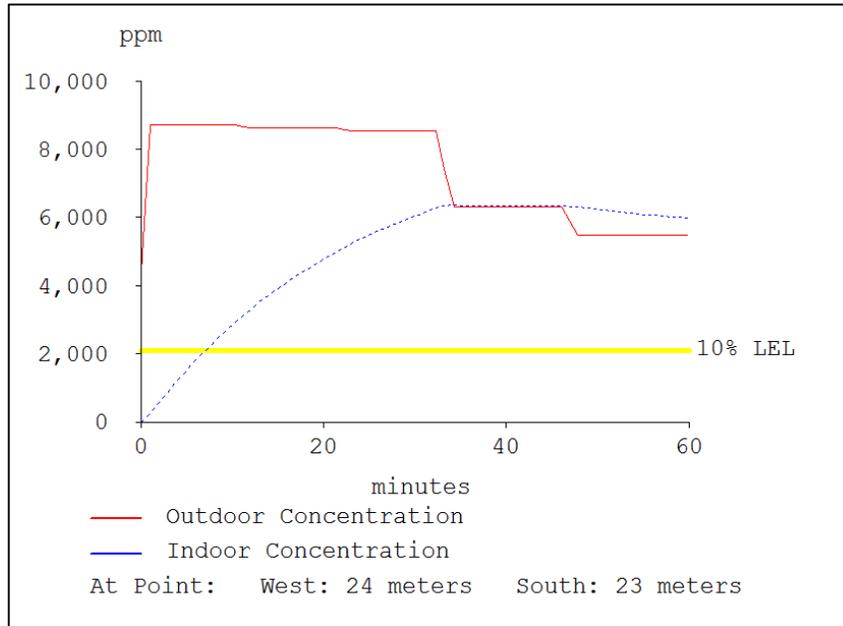


FIGURA 2. 33 - FLUJO DE GAS – CASO 4
FUENTE: ALOHA

En la Figura 2,32 observamos que la nube de vapor inflamable como en los casos anteriores queda directamente sobre la cooperativa de taxis que se encuentran al frente de la planta.

En la Figura 2,33 podemos observar que el flujo de gas va a durar 60 minutos, en este tiempo se vaciara por completo el tanque.



**FIGURA 2. 34 - CONCENTRACION DE GAS – CASO 4
FUENTE: ALOHA**

THREAT AT POINT:
Concentration Estimates at the point:
West: 24 meters **South: 23 meters**
Max Concentration:
Outdoor: 8,650 ppm
Indoor: 6,320 ppm

**FIGURA 2. 35 - CONCENTRACIÓN DE GAS – CASO 4
FUENTE: ALOHA**

En la Figura 2,34 y en la 2,35 podemos observar la concentración de gas que se encontraría en el área de la cooperativa de taxis, teniendo que a los 35 minutos llegaría a su tope máximo en la parte interna, la cual como se puede observar esta sobre el límite inferior de inflamabilidad.

2.8.3.5. Explosión del tanque

Como último caso se ha realizado el análisis de la explosión del tanque, esta simulación se la ha realizado para dos casos, el primero, que se puede observar en la figura 2,36 es cuando el tanque se encuentre completamente lleno, el cual, como se puede ver en la Figura 2,38 tiene un radio de letalidad potencial de 241 metros, un radio de quemaduras de segundo grado de 340 metros y un radio de 531 donde se tendría dolor por la onda.

En la Figura 2,37 podemos observar el área aproximada que se vería afectada por la explosión del tanque.

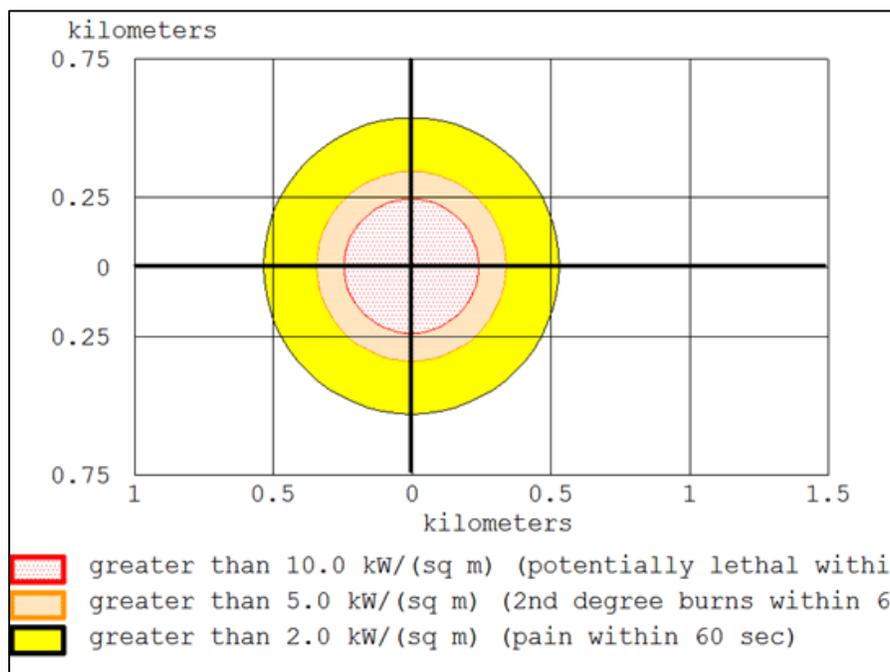


FIGURA 2. 36 - EXPLOSIÓN DEL TANQUE AL 100%
FUENTE: AUTOR-ALOHA

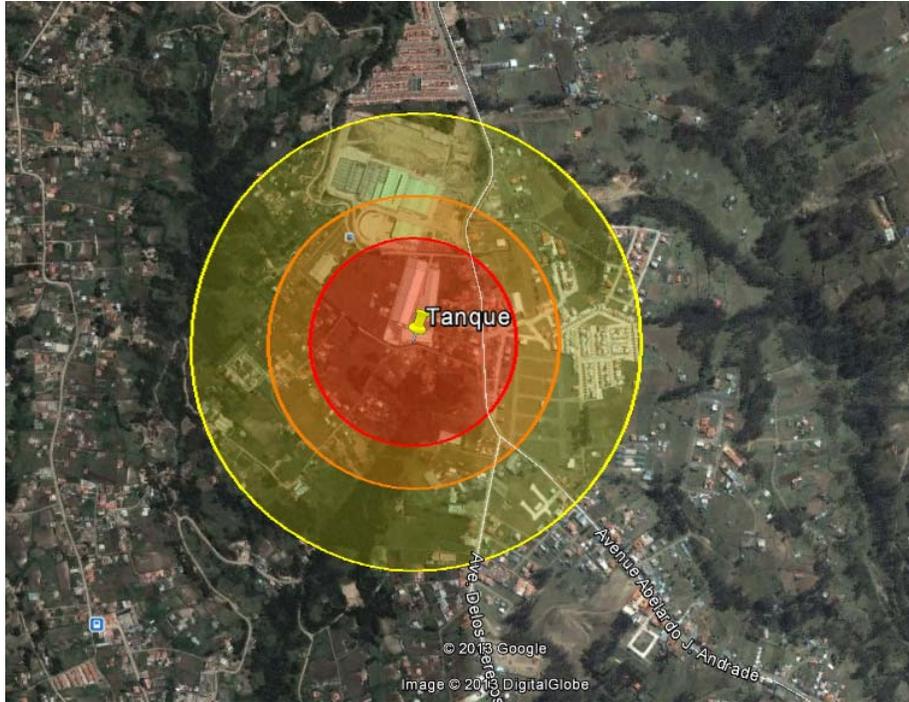


FIGURA 2. 37 - EXPLOSIÓN DEL TANQUE AL 100%
FUENTE: AUTOR-ALOHA-GOOGLE EARTH

THREAT ZONE:	
Threat Modeled: Thermal radiation from fireball	
Red	: 241 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange	: 340 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow	: 531 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

FIGURA 2. 38 - AREA DE DAÑO AL 100%
FUENTE: ALOHA

El segundo caso de explosión que se analizó, fue con el tanque al 30% de capacidad, en las Figura 2,39 y 2,40 podemos observar la modelación del área de daños y cual sería en el mapa la zona afectada, si se compara las Figura 2,38 y 2,39 podemos observar que el radio exterior de afección baja de 531 metros a 362 metros. El área donde tendríamos un potencial de letalidad tendría un radio de 164 metros.

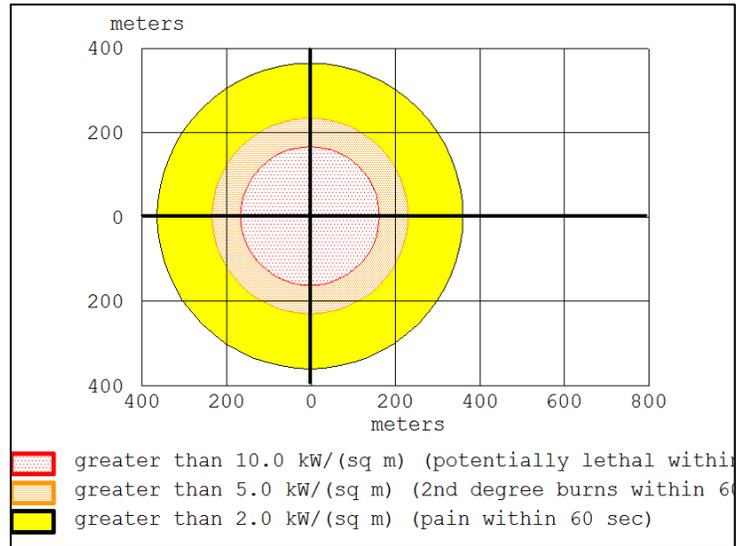


FIGURA 2. 39 - EXPLOSION DEL TANQUE AL 30%
FUENTE: AUTOR-ALOHA-GOOGLE EARTH

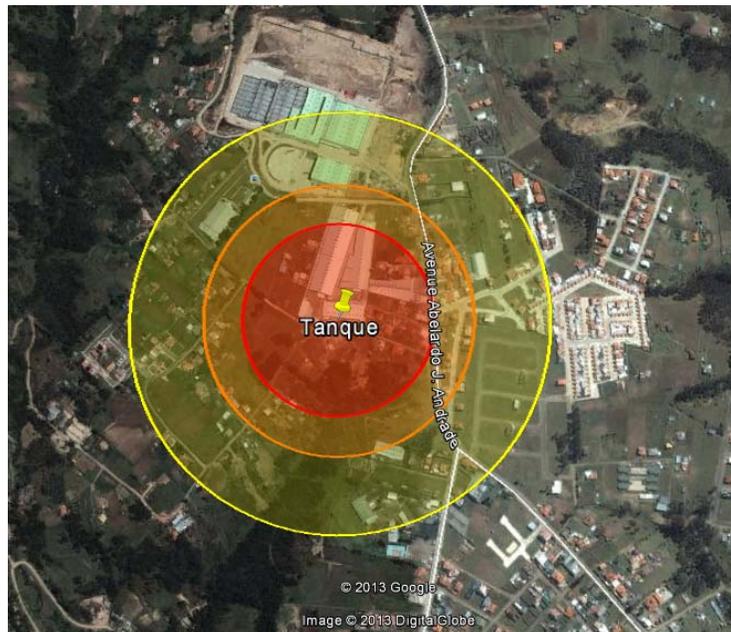


FIGURA 2. 40 - EXPLOSION DEL TANQUE AL 30%

FUENTE: AUTOR-ALOHA-GOOGLE EARTH

<p>THREAT ZONE: Threat Modeled: Thermal radiation from fireball Red : 164 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec) Orange: 232 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec) Yellow: 362 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)</p>
--

FIGURA 2. 41 - AREA DE DAÑO AL 30%
FUENTE: ALOHA

CAPITULO III

MEDIOS DE EXTINCIÓN

CAPÍTULO III

MEDIOS DE EXTINCIÓN

3.1.MEDIOS DE EXTINCIÓN CONTRA INCENDIOS.

Para entender la dinámica que lleva una combustión es necesario conocer los factores del mismo (Ver tabla 3.1 Factores de Combustión)

TABLA 3. 1 – FACTORES DE COMBUSTIÓN, FUENTE: AUTOR

FACTORES DE COMBUSTIÓN	
Fuego	Proceso de combustión u oxidación de una materia combustible en la cual se desprende calor, humo, gases y llama.
Combustible	Material sólido, líquido o gaseoso capaz de arder en una reacción química junto con un comburente, es de notar que los combustibles en estado líquido y sólido por efecto de la pirolisis ³ emitan gases de combustible inflamables que permitirán arder más fácilmente.
Comburente	Este componente es el oxígeno de nuestra atmosfera, es decir que debe tener una concentración de un 21%.
Incendio	Condición indeseable, fuego fuera de control.
Dinámica de Fuego	Esta obedece a una oxidación de un cuerpo combustible junto con un comburente por acción de una fuente de energía que aporta calor, lo cual se conoce como triángulo de fuego.

3.1.1. TIPOS DE FUEGO

3.1.1.1. FUEGO TIPO CHARCO (POLL FIRE)

Este tipo de Fuego se da por el derrame de un combustible de un tanque contenedor, el cual por una llama se prendería, (Figura 3.1- FUEGO TIPO CHARCO (POOL FIRE) cabe denotar que deberían existir paredes de barrera para evitar que los posibles derrames se dispersen.



FIGURA 3. 1 - FUEGO TIPO CHARCO (POOL FIRE)
FUENTE: (GUIAR, Grupo de Investigación Analítica de Riesgos, 2013)

3.1.1.2. FUEGO TIPO DARDO (JET FIRE)

Este tipo de Fuego es aquel que se produce por una fuga de un fluido inflamable en un tanque a presión estacionario o de una tubería que lo transporta. (Figura 3.2 - DARDO DE FUEGO (JET FIRE))



FIGURA 3. 2 - DARDO DE FUEGO (JET FIRE)
FUENTE: (GUIAR, Grupo de Investigación Analítica de Riesgos, 2013)

3.1.1.3. FUEGO TIPO BLEVE.

Este tipo de explosión se da por aumento de volumen unos cientos de veces de un recipiente por evaporación súbita y masiva sobrecalentada al sufrir una disminución brusca de su presión y dando resultando en una onda de sobrepresión muy potente, en caso de tratarse de un producto combustible se forma una bola de fuego característica.(Figura 3.3 BLEVE)



FIGURA 3. 3 – BLEVE
FUENTE: (GUIAR, Grupo de Investigación Analítica de Riesgos, 2013)

3.1.1.4. NUBE INFLAMABLE

Traducción de la expresión inglesa Unconfined Vapour Cloud Explosion, y de ahí su acrónimo UVCE

Este tipo de explosiones se originan debido a un escape rápido de gran cantidad de gas o vapor inflamable que se dispersa en el aire o por evaporación rápida de un líquido inflamable para formar una nube de características inflamables mezclada con el aire. Cuando un gas inflamable se encuentra una fuente de ignición (normalmente superficies calientes, chispas, motores eléctricos, etc.), una parte de esta masa de gas (la que se encuentra entre los límites de inflamabilidad de la sustancia de que se trate), deflagra por efecto de la fuente de ignición y se produce la explosión. Normalmente son deflagraciones y en raras ocasiones se transforman en detonaciones.³³

Puede que no llegue a alcanzarse la deflagración, con lo que se originaría una llamarada, incendio súbito de nube de gas, incendio flash o "flash fire". La frontera entre este tipo de situaciones no está muy clara y depende de la velocidad de combustión de la mezcla, las características del vapor. En estos incendios flash, los efectos de presión son despreciables frente a los efectos térmicos derivados de la inflamación de la mezcla vapor inflamable-aire.

3.2. MEDIOS DE EXTINCIÓN

Los Medios de Extinción “se denominan a aquellos químicos que aplicados a un incendio son capaces de extinguirlo eliminado algún factor del tetraedro de Fuego”³⁴,

³³ GUIAR. (13 de Noviembre de 2012). *Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos (GUIAR)*. Obtenido de Universidad de Zaragoza: http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/Ind_Riesgo.htm

³⁴ Ficha de Prevención: Medios de Extinción de Incendios, (Junta de Extremadura Servicio y Salud de Riesgos Laborales de Centros Educativos

Según³⁵NTP 99: “Si se elimina uno de los factores o se disminuye su intensidad suficientemente, el fuego se extinguirá. Según el factor que se pretenda eliminar o disminuir el procedimiento o método de extinción recibe el nombre de:

- ELIMINACIÓN Combustible
- SOFOCACIÓN Comburente
- ENFRIAMIENTO Energía
- INHIBICIÓN Reacción en cadena

3.2.1. ELIMINACIÓN DEL COMBUSTIBLE

El fuego precisa para su mantenimiento de nuevo combustible que lo alimente. Si el combustible es eliminado de las proximidades de la zona de fuego, este se extingue al consumirse los combustibles en ignición. Esto puede conseguirse:

Directamente cortando el flujo a la zona de fuego de gases o líquidos, o bien quitando sólidos o recipientes que contengan líquidos o gases, de las proximidades de la zona de fuego.

Indirectamente refrigerando los combustibles alrededor de la zona de fuego.

³³ , ³⁶ I.N.S.H.T. (2013). NTP 99: Métodos de extinción y agentes extintores. BARCELONA, BARCELONA, ESPAÑA: CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA .

3.2.2. SOFOCACIÓN

La combustión consume grandes cantidades de oxígeno; precisa por tanto de la afluencia de oxígeno fresco a la zona de fuego. Esto puede evitarse:

Por ruptura de contacto combustible-aire recubriendo el combustible con un material incombustible (manta ignífuga, arena, espuma, polvo, tapa de sartén, etc.)

Dificultando el acceso de oxígeno fresco a la zona de fuego cerrando puertas y ventanas.

Por dilución de la mezcla proyectando un gas inerte (N₂ ó CO₂) en suficiente cantidad para que la concentración de oxígeno disminuya por debajo de la concentración mínima necesaria. Se consigue el mismo efecto pero con menor efectividad proyectando agua sobre el fuego, que al evaporarse disminuirá la concentración de oxígeno (más efectivo si es pulverizada).

3.2.3. ENFRIAMIENTO

De la energía desprendida en la combustión, parte es disipada en el ambiente y parte inflama nuevos combustibles propagando el incendio. La eliminación de tal energía supondría la extinción del incendio.

Esto puede conseguirse arrojando sobre el fuego sustancias que por descomposición o cambio de estado absorban energía. El agua o su mezcla con aditivos, es prácticamente el único agente capaz de enfriar notablemente los fuegos, sobre todo si se emplea pulverizada.

3.2.4. INHIBICIÓN

Las reacciones de combustión progresan a nivel atómico por un mecanismo de radicales libres. Si los radicales libres formados son neutralizados, antes de su reunificación en los productos de combustión, la reacción se detiene.

Los halones son los agentes extintores cuya descomposición térmica provoca la inhibición química de la reacción en cadena."

Algunos autores postulan, que el gran efecto extintor sobre las llamas del polvo, es debido a una inhibición”.

Las medidas de protección se clasifican en activas y pasivas, de estas dependen de cómo van actuar los métodos de extinción.

- **“Medidas Activas** incluyen aquellas actuaciones que implican una acción directa en la utilización de instalaciones y medios para protección y lucha contra incendios
- **Medidas Pasivas** son el conjunto de diseños y elementos constructivos de un edificio que presentaran una barrera contra el avance del incendio, confinándola a un sector, y limitando por ello las consecuencias del mismo”³⁶

3.2.4.1. MEDIOS DE EXTINCIÓN ACTIVOS

Estos se conocen como aquellos medios que cuentan con instalaciones para posibilitar la intervención y el control sobre el incendio, para nuestro caso de estudio vamos a citar los Medios e instalaciones de extinción que se clasifican en Medios portátiles, Instalaciones fijas e Instalaciones automáticas de extinción.³⁷

3.2.4.1.1. MEDIOS PORTÁTILES DE EXTINCIÓN.

Los extintores son cilindros metálicos que contienen un agente extintor que sale a presión por una manguera, cuando una válvula se acciona, además tienen una palanca de activación. En la Figura 3.4 podemos observar la estructura y componentes de un extintor

³⁶ Alonso González, C. (2013). *EQUIPOS Y MEDIOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/vigaja30/equipos-y-medios-de-incendios>

³⁵ . ³⁹ Fernandez de Castro, A. (Noviembre de 2013). *Protección Activa* . Quito , Pichincha, Ecuador

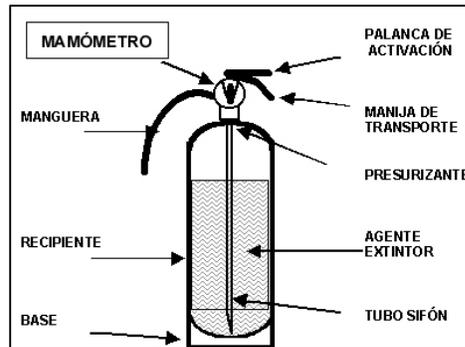


FIGURA 3. 4 – EXTINTOR
FUENTE: (Fernandez de Castro, 2013), Protección Activa

“La norma UNE 23-010-76 establece las clases de fuego normalizadas:

- **Clase A:** Fuego de materias sólidas, generalmente de naturaleza orgánica, donde la combustión se realiza normalmente con formación de brasas.
- **Clase B:** Fuego de líquidos o de sólidos licuables.
- **Clase C:** Fuego de gases.
- **Clase D:** Fuego de metales.”³⁸

Las clases de Agentes extintores se pueden apreciar en la Figura 3,5 que se presenta a continuación

Tipo de extintor	Clases de fuego			
	A	B	C	D
De agua pulverizada	***	*		
De agua a chorro	**			
De espuma física	**	**		
De polvo convencional		***	**	
De polvo polivalente	**	**	**	
De polvo especial				*
De anhídrido carbónico	*	**		
De hidrocarburos halogenados	*	**	*	
Específico para fuego de metales				*
***	Muy adecuado			
**	Adecuado			
*	Aceptable			

FIGURA 3. 5 - AGENTES EXTINTORES

FUENTE: NTP 99: Métodos de extinción y agentes extintores, (I.N.S.H.T., 2013)

3.2.4.1.2. INSTALACIONES FIJAS

Aquellas instalaciones de extinción, estas son de accionamiento manual, la cual tiene abastecimiento continuo de agua a presión (caudal adecuado), se caracterizan por tener autonomía de funcionamiento (reserva de agua exclusiva), una adecuada Red de tuberías que permitan la adecuada conducción y canalización de agua y B.I.E. (Bocas de Incendio Equipadas, Figura 3,6) que permitan su fácil funcionamiento con solo desplegar la manguera y accionar la válvula.



FIGURA 3. 6 – BIE
FUENTE: (Fernandez de Castro, 2013), Protección Activa

3.2.4.1.3. INSTALACIONES AUTOMÁTICAS DE EXTINCIÓN

El dispositivo automático más conocido es “sprinkler” (Figura 3.7) o rociador según ³⁹ “son el medio de protección contra incendios de mayor fiabilidad. Las instalaciones de estos equipos realizan automáticamente tres funciones en la protección contra incendios:

- Detectar el Fuego
- Dan la alarma
- Controlan o extinguen el fuego.”

³⁹ Fundación MAPFRE Estudios. (1997). Manual de Seguridad Contra Incendios . En F. M. Estudios, *Manual de Seguridad Contra Incendios* (pág. 1380). Madrid : Editorial MAPFRE S.A.

“Un rociador es un dispositivo termosensible diseñado para descargar cierta cantidad de agua con cierto patrón sobre cierta área del piso, solo se activa cuando un incendio genera una cantidad de Calor suficiente en cuanto se activa, controla o reprime el incendio.”⁴⁰



FIGURA 3. 7 – ROCIADOR
FUENTE: (Revistero®, 2013), Sprinkler

3.2.4.2. MEDIOS DE EXTINCIÓN PASIVOS

Estos se pueden definir como el conjunto de diseños y elementos constructivos de un edificio que presentarán una barrera contra el avance de un incendio, confinándolo a un sector, y limitando por ello las consecuencias del mismo.

Se pueden citar algunos objetivos de estos medios de extinción:

- Compartmentar y sectorizar adecuadamente para impedir la propagación al interior.
- Reducir los efectos del fuego.
- Facilitar los trabajos de extinción.
- Asegurar la estabilidad del edificio.

⁴⁰ N.F.P.A. (2009). Manual de Protección contra Incendios cap 11. Bogotá: N.F.P.A.

3.2.4.2.1. COMPARTIMENTAR Y SECTORIZAR ADECUADAMENTE PARA IMPEDIR LA PROPAGACIÓN AL INTERIOR.

La compartimentación se debe hacer en sectores específicos para lograr una protección de “locales y zonas de riesgo especial” (ver Tabla 3,4), espacios ocultos y/o huecos de paso de instalaciones (Figura 3,8), además se debe tener una adecuada clasificación de los materiales empleados en la construcción. (Tabla 3.2)

“La resistencia al fuego de un material indica el tiempo que conserva sus propiedades estructurales y funcionales sin apreciables pérdidas cuantitativas o cualitativas.”⁴¹



FIGURA 3. 8 - ESPACIOS OCULTOS
FUENTE: Promat, Sellado de Instalaciones

TABLA 3. 2- Superficies máximas admisibles establecimientos industriales
Fuente: (Fernandez de Castro, 2013).

Riesgo intrínseco		Máxima superficie admisible de los sectores de incendios según configuración en (m ²)		
		Tipo "A"	Tipo "B"	Tipo "C"
Bajo	1	2.000	6.000	Sin limite
	2	1.000	4.000	6.000
Medio	3	500	3.500	5.000
	4	400	3.000	4.000
	5	300	2.500	3.500
Alto	6	No admisible el	2.000	3.000
	7	riesgo en esta	1.500	2.500
	8	configuración	No admisible	2.000

TABLA 3. 3 – MATERIALES DE DISEÑO, Fuente: (Fernandez de Castro, 2013).

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revestimientos de suelo ▪ Revestimientos de paredes ▪ Falsos suelos ▪ Falsos techos ▪ Aislamiento térmico ▪ Aislamiento acústico ▪ Conductos de AA ▪ "Encofrados perdidos.." ▪ Tabiques divisorios ▪ 		
---	--	---

CAPITULO IV

PLAN DE EMERGENCIA

CAPÍTULO IV

PLAN DE EMERGENCIA

“El Plan de Emergencias es un conjunto de políticas, organizaciones y métodos que indican la manera de enfrentar una situación de emergencia en lo general y en lo particular, en sus distintas fases”⁴²

Este documento debe ser “vivo”, ya que a lo largo del tiempo, desde el momento en que es elaborado, las situaciones, los métodos de trabajo, los equipos y los productos cambian, así como las personas. Por esta razón, una vez implantado, periódicamente debe ser revisado y modificado si fuese necesario, informando de la actualización que se lleva a cabo.

El plan de emergencia consta de manera general de los siguientes puntos:⁴³

- Evaluación del Riesgo
- En la evaluación del riesgo se determina la ubicación de la empresa y el entorno en donde esta se encuentra ubicada, cuales son las vías de acceso, las características constructivas, las características de los servicios auxiliares, los materiales que se encuentran entre otros.
- Medios de Protección
- Que tipos de medios de protección hay para el riesgo de incendio y explosión, programas de mantenimiento, equipos de protección.
- Plan de emergencia escrito
- Se realiza una clasificación de las posibles emergencias, la disposición de los medios materiales, el equipo humano para una intervención, los planos del local.

⁴² DGPAD. (1998). Dirección General para la Prevención y Atención para Desastres Ministerio del Interior. *Plan Nacional para la Prevención y Atención para Desastres*.

⁴³ Elaboración de un Plan de Emergencia en la Empresa, AZCUÉNAGA LINAZA, Luis M., pág. 19

- Implantación del plan de emergencia
- Se definen las responsabilidades, cuál será el programa de implantación definiendo formación, entrenamiento, simulacros.

PLAN DE EMERGENCIA

4.1. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Razón Social: ADHEPLAST S.A

4.2. ANTECEDENTES

No existen registros de los incidentes o accidentes ocurridos en la empresa

4.3. JUSTIFICACION

El presente Plan se realiza con el objetivo de establecer medidas frente a la aparición de cualquier tipo de emergencia, propia de la actividad productiva, de la empresa ADHEPLAST S.A

4.4. OBJETIVOS

Actuar oportuna, eficientemente y con tranquilidad frente a la ocurrencia de un Incendio o explosión, con el fin principal de minimizar el impacto que se puede provocar en las personas y bienes

4.5. RESPONSABLES

El Responsable de Seguridad Industrial será el encargado de implementar el presente programa

4.6. IDENTIFICACION DE FACTORES DE RIESGO PROPIOS DE LA ORGANIZACIÓN (VER CAPITULO 1)

- El Proceso de Producción es la extrusión de Polietileno expandido para un total de 5 personas (4 obreros y un coordinador de seguridad).
- La empresa es de manufactura, fue construida en 1992, dando un total de aproximadamente 20 años de construcción
- La principal fuente de riesgo son las máquinas de extrusión de polietileno expandido, las cuales dentro de su proceso de producción generan energía electrostática, además, se produce una liberación de Gas Licuado de Petróleo (GLP) a la atmósfera. La suma de estos 2 factores de riesgo crea un potencial de incendio en la empresa.(Referirse al Capítulo 1)
- Existe, además, un tanque de Gas Licuado de Petróleo (GLP) de 10 metros cúbicos de capacidad, el cual se encuentra a la intemperie, convirtiéndose esto en una posible fuente de derrames y explosiones.
- La materia prima usada es inflamable (cera, GLP, plástico y talco), la cantidad usada es de 13 Ton por semana.
- Los desechos generados son desechos comunes, ya que todo el scrap⁴⁴ de producción entra a reciclaje dentro del mismo proceso de producción
- Los materiales considerados como peligrosos utilizados en el proceso de producción son el Gas Licuado de Petróleo (GLP) y el Polietileno de Baja Densidad (PBD)

4.7. FACTORES EXTERNOS QUE GENERAN POSIBLES AMENAZAS

La empresa se encuentra ubicada en una zona urbana, siendo este un gran riesgo para las personas que viven en sus alrededores en caso de una posible explosión o incendio

⁴⁴ Scrap.' desecho plástico del proceso de extrusión que es molido y reutilizado en su totalidad.

4.8. METODO SIMPLIFICADO EVALUACION DE RIESGO DE INCENDIO

En el Capítulo 2 se hace un análisis pormenorizado del factor de riesgo de Incendio mediante el Método Dow-Chemical y una simulación de explosión con la herramienta ALOHA

4.9. PREVENCIÓN Y CONTROL DE RIESGOS

Se cuenta con 6 extintores de Polvo Químico Seco (PQS) de 20 lbs de capacidad, como medida de control en caso de incendio. Se dispone de 4 pulsantes de emergencia, así como un sistema de refrigeramiento de agua para el tanque de GLP.

4.10. PROTOCOLO DE ALARMA Y COMUNICACIONES PARA EMERGENCIA

En la Figura 4.1 se puede apreciar el esquema organizativo del protocolo de alarma para la empresa.

Esquema Organizativo

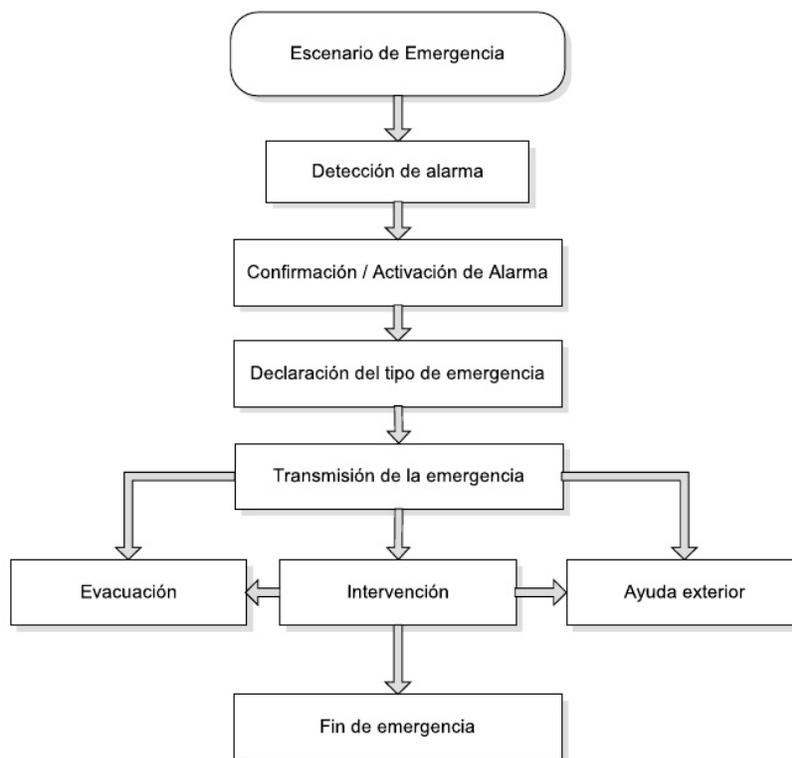


FIGURA 4. 1 - ESQUEMA ORGANIZATIVO
FUENTE: Cuerpo de Bomberos de Quito

4.11. ACTUACIÓN EN CASO DE EMERGENCIA

4.11.1. DETECCIÓN DE LA ALARMA

Se refiere a la detección de una emergencia, ya sea por medio de las alarmas (detectores de humo, detectores de calor, etc.) o por un trabajador de la empresa.

4.11.2. CONFIRMACIÓN/ACTIVACIÓN DE LA ALARMA

Se refiere a quien y como confirma la alarma, si la alarma ha sido dada por una persona, la confirmación ya está dada. Si la alarma se diera a causa de un pulsador de alarma, se requerirá de la confirmación por parte del Responsable de Seguridad Industrial o su delegado.

4.11.3. DECLARACIÓN DEL TIPO DE EMERGENCIA.

Una vez confirmada la alarma, el Responsable de Seguridad Industrial o su delegado procede a declarar, en función de la situación existente o previsible, el tipo de emergencia:

4.11.3.1. CONATO DE EMERGENCIA

La situación afecta a una zona concreta de la empresa y es perfectamente controlable por el personal de la empresa.

4.11.3.2. EMERGENCIA PARCIAL

La situación afecta a una zona amplia de la empresa y/o a equipos / instalaciones críticas y puede preverse una evolución desfavorable del suceso con consecuencias limitadas. La situación es controlable por los bomberos y puede requerir una evacuación parcial de los trabajadores.

4.11.3.3. EMERGENCIA GENERAL

La situación afecta a toda la empresa y/o a equipos/instalaciones críticas y puede preverse una evolución desfavorable del suceso con consecuencias importantes. La situación desborda a los bomberos y puede requerir la evacuación general de toda la empresa. La comunicación interior o exterior del tipo de emergencia se realizará mediante canales de comunicación preestablecidos (Sirenas, teléfono, radio, etc.).

4.11.4. TRANSMISIÓN DE LA EMERGENCIA.

La forma de comunicar la emergencia externamente a los distintos organismos de socorro será a través de telefonía fija o celular, en caso de que las comunicaciones fallaran como producto de la emergencia, el Responsable de Seguridad Industrial deberá enviar un delegado a la Unidad de Bomberos más cercana:

Estación Número 6 Sgto. Mufithh Hanna

Teléfono de emergencias: 911

Dirección: San Joaquín (Antigua Planta de Etapa).

Teléfono: 4189702

La forma de transmitir la emergencia internamente será verbal o a través del sistema de comunicación interna de radio. La persona que detecta la emergencia deberá transmitirla a su responsable inmediato, quien deberá a su vez comunicar al Responsable de Seguridad Industrial o su delegado. El Responsable de Seguridad Industrial deberá comunicar la emergencia a todo el personal y proceder con los medios de actuación necesarios según el tipo de emergencia. También se puede comunicar la emergencia interiormente mediante los pulsadores de alarma ya instalados.

4.11.5. EVACUACIÓN.

Una situación de emergencia puede requerir la evacuación parcial o general de la empresa. Las vías de evacuación se encuentran señalizadas y existe un plano con las rutas de evacuación de la empresa.

4.11.6. AYUDA EXTERIOR.

Si la situación de emergencia rebasa la competencia del personal de ADEHPLAST S.A, se hará necesaria la intervención de recursos externos (bomberos, policía, etc.). La decisión de solicitar ayuda externa deberá tomarse en los primeros momentos.

4.11.7. FIN DE LA EMERGENCIA.

La situación de emergencia termina cuando el Responsable de Seguridad Industrial o su delegado, declara el fin de la misma, basándose para ello en una evaluación de las condiciones de control de la emergencia

4.12. PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA EN CASO DE INCENDIO

4.12.1. EMPLEADO QUE DETECTA EL FUEGO

Debe avisar a viva voz o mediante los pulsadores de alarma instalados la situación de incendio, comunicándolo particularmente al Responsable de Seguridad Industrial o su delegado.

Si el fuego es pequeño, y tiene los conocimientos y habilidades correspondientes, el empleado que detecta la emergencia debe utilizar un extintor adecuado para intentar apagarlo. De lo contrario, debe retirarse rápidamente del lugar.

4.12.2. CONFIRMACIÓN DE LA ALARMA

Si el incendio es detectado por un trabajador de la empresa, este quedará confirmado inmediatamente. Si la alarma fuera dada por un equipo electrónico automatizado, se procederá a confirmar la existencia de fuego primero.

4.12.3. DECLARACIÓN DEL TIPO DE EMERGENCIA

El Responsable de Seguridad Industrial o su delegado deberá proceder a declarar el tipo de incendio, determinando si es un conato de incendio (conato de emergencia), incendio parcial (emergencia parcial) o un incendio general de la empresa (emergencia general).

4.12.4. TRANSMISIÓN DE LA EMERGENCIA

Para comunicar la emergencia al interior de la empresa se lo debe hacer en forma verbal o mediante el sistema de comunicación interno (radio), a cada uno de los ocupantes de las instalaciones en ese momento, incluyendo visitas. Particularmente se debe comunicar en forma inmediata al Responsable de Seguridad Industrial o su delegado. En caso de que la emergencia sea incontrolable por los medios disponibles en la empresa se debe avisar inmediatamente a los servicios de prevención externos (911) y proceder a evacuar la empresa. Si las comunicaciones fallaran se debe buscar el servicio de telefonía en cualquiera de las oficinas, locales y edificios más cercanos y que no se encuentren afectados por el fuego.

4.12.5. INTERVENCIÓN:

Si el fuego es todavía controlable, se debe proceder a apagar el mismo por medio de los extintores de la empresa, siguiendo los siguientes pasos:

1. **H**alar el pasador de seguridad del extintor
2. **A**puntar la boquilla de salida del extintor a la base del fuego
3. **P**resionar el gatillo del extintor para que salga el agente extintor en forma de chorro a través de la boquilla
4. **A**baniquear la boquilla de salida de izquierda a derecha, de manera que el chorro de salida del agente extintor lo haga de la misma forma, hasta que el fuego se haya extinguido completamente.

En la Figura 4.2.se ilustra los pasos a seguir de acuerdo al orden establecido:

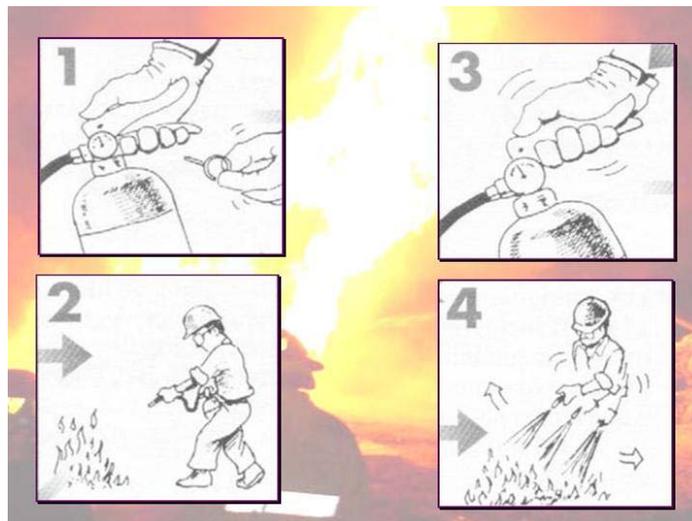


FIGURA 4. 2 - USO DEL EXTINTOR
FUENTE: Claudia Agramonte, Uso de Extintor

4.12.6. EVACUACIÓN, AYUDA EXTERIOR

Como ya se mencionó anteriormente, en caso de que el incendio sobrepase las capacidades de la empresa se debe ordenar la inmediata evacuación de la empresa y coordinar la ayuda con el Cuerpo de Bomberos (911)

4.12.7. FIN DE LA EMERGENCIA

Una vez que se ha extinguido completamente el fuego, el Responsable de Seguridad Industrial o su delegado procede a declarar el fin de la emergencia, procediendo entonces a realizar un análisis de los daños.

4.13. TAREAS PARTICULARES

4.13.1. RESPONSABLE DE SEGURIDAD INDUSTRIAL:

- Si el fuego es todavía controlable, deberá proceder a apagarlo con los extintores de incendios.
- Debe decidir la evacuación total o parcial del área siniestrada.
- Debe recibir a bomberos en el lugar de los hechos y cooperar con lo que éstos pudieran requerir
- Deberá inspeccionar frecuentemente la carga, ubicación y estado de los equipos extintores contra incendios, del Botiquín de Primeros Auxilios, cualquier situación fuera de lo normal deberá comunicarlo al Gerente General de la empresa para conjuntamente con el solucionar las anomalías presentadas.

4.13.2. TRATAMIENTO DE VÍCTIMAS

Si producto de la situación alguien se ve afectado física o psicológicamente, el afectado deberá ser alejado del lugar del siniestro y atendido según lo indica el Procedimiento de Primeros Auxilios de la empresa.

4.14. PROTOCOLO DE INTERVENCION ANTE INCENDIOS

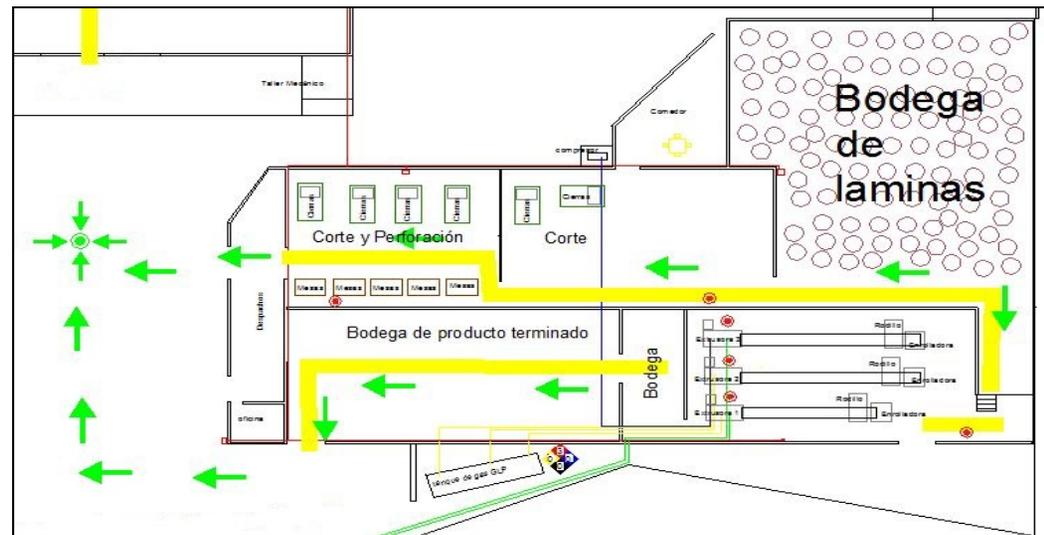
En la empresa existe una brigada de incendios, la cual se estructura de la siguiente forma:



FIGURA 4. 3 BRIGADA DE INCENDIOS
FUENTE: AUTOR

4.15. PROCEDIMIENTOS DE IMPLANTACION DEL PLAN DE EMERGENCIA

A continuación, en la Figura 4.4, se detalla un mapa con la ubicación de los extintores de la empresa así como las vías de evacuación:



**FIGURA 4. 4 - EXTINTORES EN LA PLANTA
FUENTE: ADHEPLAST**

Se debe implantar un sistema de cursos de Seguridad Industrial, enfocados a todo el personal de la empresa, según el cronograma que se presenta en la tabla 4.1:

TABLA 4. 1 – CURSOS DE SEGURIDAD, FUENTE: AUTOR

MES	TEMA
Enero	Manejo de Sustancias Químicas
Febrero	Uso de extintores
Marzo	Lectura D.E. 2393
Abril	Modelo Ecuador
Mayo	Riesgos Físicos
Junio	Riesgos Mecánicos
Julio	Riesgos Biológicos
Agosto	Riesgos Psicosociales
Septiembre	Riesgos Ergonómicos
Octubre	Riesgos Químicos
Noviembre	Procedimientos de actuación en caso de emergencia
Diciembre	Matriz de Riesgos por puesto de trabajo

Se debe además implantar un sistema de simulacros en la empresa de acuerdo al cronograma de la tabla 4.2.:

TABLA 4. 2 – CAPACITACION DE SIMULACROS, FUENTE: AUTOR

MES	TEMA
Enero	Simulacro de Incendio
Febrero	Simulacro de Primeros Auxilios
Marzo	Incendio combinado con Primeros Auxilios
Abril	Derrame
Mayo	Intoxicación por sustancias químicas
Junio	Explosión

CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Para las conclusiones y recomendaciones utilizaremos las 4 dimensiones del sistema de gestión del Modelo Ecuador⁴⁵: Accidentabilidad, Morbilidad, Satisfacción Laboral y Costes de siniestralidad y de la prevención.

ACCIDENTABILIDAD

- El Grado de peligrosidad en la instalación según el análisis del Índice Down Chemical es numéricamente de 168 y según (TABLA 2. 2 – INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION VS GRADO DE PELIGRO. FUENTE: FIRE & EXPLOSION INDEX 5ta EDICION) es un grado de peligro “GRAVE”, el rango de variación de este índice es de (1 a 200)
- En el Control de Proceso según el análisis del Índice Down Chemical no se cuenta con Energía de Emergencia, Refrigeración mínima de 10 min, Control de Explosiones, Control mediante un ordenador, Gas inerte que ayude a purgar si es necesario toda la unidad y un Procedimiento de manejo de sustancias Química que permita un adecuado traslado y manipulación.
- En el caso de aislamiento de material según el análisis del Índice Down Chemical no se tiene válvulas a control remoto, Depósito de Descarga y Enclavamiento (válvulas check).
- En el caso de protección contra fuego no se cuenta con detección de fugas, estructuras de acero, tanque enterrado, suministro de agua, sistemas especiales, sistema de rociadores, cortinas de agua, espuma, extintores manuales adecuados y protección de cables.

⁴⁵ Vasquez Zamora, L. (2014). Gestión Integral e Inegrada de la seguridad y salud: modelo Ecuador . En E. Masson, *Salud Laboral Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales 4ta edición* (pág. 496). Barcelona : Gea Consultoría Editorial , S.L.

MORBILIDAD.

- Según el análisis de la carga de fuego según el método Dow Chemical se tiene que este abarcaría un radio de 44 m en los cuales se compromete toda la instalación física de la planta junto con el personal que labora en el mismo.(ver Figura 1 Conclusiones Radio de F&E - Dow Chemical



Figura C1 - Conclusiones Radio de F&E - Dow Chemical)

- Para todos los casos de análisis de la simulación de una fuga de gas los principales afectados son la cooperativa de taxis que se encuentra junto a la planta.
- Para los casos de nube inflamable se tiene que se supera el límite inferior de explosividad (LEL) por lo cual de tener una fuente de ignición se producirá una explosión de dicha nube generando pérdidas humanas y materiales del caso.
- Para el caso de análisis de explosión por una bola de fuego (BLEVE) se tiene que el radio de explosión que durará 60 segundos y sería nefasto, pues el radio de muerte es 164 m con una energía de 10 KW/m² en donde quedarían

comprometidas varias vidas humanas , una segunda onda con un radio de 232m con una energía de 5 KW/m² en donde aparecerían quemaduras de segundo grado y por ultimo una onda de 362m con una energía de 2 KW/m² de diámetro que causaría daños materiales entre ellos ruptura de materiales.

SATISFACCIÓN LABORAL

- Se detectó que en la empresa no existe una persona con la formación adecuada en Seguridad y Salud para la gestión de Riesgos que se necesita.
- No existe un plan de emergencia acorde a las condiciones y factores de riesgo presentes en la instalación, lo cual hace que la capacitación impartida es inadecuada ya que no se ajusta a la realidad.

COSTES DE SINIESTRALIDAD Y DE LA PREVENCIÓN

- El coste por incendio y explosión en la empresa según Índice Down Chemical es la suma de \$2'443.875 (Ver 2.7.9 CALCULO EFECTIVO MÁXIMO PROBABLE DE LA PROPIEDAD) y el de coste por para de producción después del siniestro es de \$3'196.987.76 (ver 2.7.11 CALCULO DEL DAÑO ECONÓMICO POR PERDIDA DE PRODUCCIÓN) dando un total de \$5'640.862.76

RECOMENDACIONES

ACCIDENTABILIDAD

- Se recomienda hacer una adecuada Gestión de Riesgos que permita mejorar el índice Down Chemical para la prevención del riesgo.
- Se recomienda hacer un diseño de una red contra incendios en los cuales conste de boca de incendio equipada “BIE” con un suministro de agua adecuado para poder controlar un posible conato de incendio y poder refrigerar el tanque.
- Se recomienda incluir en la red de carga y distribución válvulas check para evitar el contraflujo de gas en la red, además se deberán tener medios automáticos del control de volumen de gas almacenado en el tanque y un sistema de monitoreo de fugas del gas.
- Se recomienda tener medio de detección contra fugas teniendo como guía lo determinado en la norma NFPA 101-Código de Seguridad Humana en su capítulo 9- Equipos de servicio de edificios y protección contra incendios que nos da guías sobre sistema de detección, alarma y comunicación de incendios.
- Se recomienda tener rociadores y extintores como medios de protección activa tomando como referencia lo citado en la norma NFPA 101 en su sección 9.7- Rociadores Automáticos y otros equipos extintores.
- Se recomienda para el diseño del sistema de rociadores se refiera a la norma NFPA 13- Norma para la Instalación de Rociadores , en la cual nos describe detalladamente el diseño e instancias

MORBILIDAD.

- Se recomienda que la alta dirección de la empresa debería considerar los resultados de este estudio para la toma de decisiones en materia de seguridad y salud , porque un siniestro de esta magnitud representaría la pérdida

de vidas humanas y materiales , sin olvidar que según (VÁSQUEZ, Luis ,2011)
“El hombre siempre será el principio y el fin de todo sistema productivo”

SATISFACCIÓN LABORAL

- Como la empresa supera los 100 trabajadores permanentes deberá contar con una unidad de Seguridad e Higiene dirigida con un técnico en la materia que reportara a la más alta autoridad de la empresa según lo determinado en el decreto 2393 en su art. 15 – de la Unidad de Seguridad e Higiene del trabajo.
- Como la empresa cuenta con más de un centro de trabajo se recomienda tener un delegado de seguridad formado para el riesgo presente en esta área de la empresa.
- Se recomienda elaborar un Plan de Emergencia y contingencia para la actuación ante un siniestro por incendio y explosión

COSTES DE SINIESTRALIDAD Y DE LA PREVENCIÓN

- Se recomienda que la empresa debe adaptar inmediatamente un sistema de gestión de riesgos del trabajo, teniendo como objetivo salvaguardar las vidas del personal interno y externo a la empresa, teniendo de esta manera un aseguramiento sobre el recurso Humano y material perteneciente a la empresa, con esto queremos recalcar que la “Prevención de Riesgos “es una Inversión y no un gasto.
- Se recomienda adoptar el modelo Ecuador (Vasquez Zamora, 2014) como estrategia para la gestión estratégica en la empresa.

BIBLIOGRAFIA

- AGA. (2005). *HOJA DE SEGURIDAD DEL MATERIAL PROPANO*. Bogotá.
- Aldaz Parra, V. M. (2010). *Diseño y desarrollo del plan de emergencia de la empresa Elasto S.A.* Quito: USFQ. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/723>
- Alonso González, C. (2013). *EQUIPOS Y MEDIOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/vigaja30/equipos-y-medios-de-incendios>
- Andres, R. d. (14 de 01 de 2012). *FORMACION PARA BOMBEROS PROFESIONALES*. Recuperado el 22 de 11 de 2013, de <http://rafadeandres.files.wordpress.com/2012/02/desarrollo-de-un-incendio-flashover-y-backdraft1.pdf>
- ARCOPOL. (2011). *Manual de Usuario ALOHA y MARPLOT*. Galicia: METEOGALICIA - UE.
- Azcúenaga Lizana, L. (3ra Edición). *Elaboración de un plan de emergencia en la empresa*. Madrid: FUNDACIÓN CONFEMETAL.
- Casal, J., Montiel, H., Planas, E., & Vílchez, J. (1999). *Análisis del riesgo en instalaciones industriales*. Cataluña: Editorial UPC.
- CEPREVEN. (2012). *NFPA 921 - Guía para la investigación de incendios y explosiones*. Madrid: CEPREVEN.
- Colmenero, J. (21 de SEPTIEMBRE de 2011). *SUITE*. Recuperado el 24 de OCTUBRE de 2013, de Incendios industriales. Tipología y características: <http://suite101.net/article/incendios-industriales-tipologia-y-caracteristicas-a67405>

- Crespo, G. F. (01 de 01 de 2013). *Incendios Estructurales*. Recuperado el 18 de 11 de 2013, de <http://www.contraincendioonline.com/operaciones/fases1.php3>
- DGPAD. (1998). Dirección General para la Prevención y Atención para Desastres Ministerio del Interior. *Plan Nacional para la Prevención y Atención para Desastres*.
- DOW-CHEMICALL, C. (1980). *FIRE AND EXPLOSION INDEX HAZARD CLASIFICACION GUIDE* (5ta ed.). (E. T. Valentin Estalella Monry, Trad.) MADRID, Midland, Michigan: INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
- Fernandez de Castro, A. (Noviembre de 2013). *Protección Activa*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Fundación MAPFRE Estudios. (1997). *Manual de Seguridad Contra Incendios*. En F. M. Estudios, *Manual de Seguridad Contra Incendios* (pág. 1380). Madrid: Editorial MAPFRE S.A.
- Garcia Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- GUIAR. (13 de Noviembre de 2012). *Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos (GUIAR)*. Obtenido de Universidad de Zaragoza: http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/Ind_Riesgo.htm
- GUIAR. (2013). *Universidad de Zaragoza*. Obtenido de http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_conse/UVCE.htm
- GUIAR, Grupo de Investigación Analítica de Riesgos. (Noviembre de 2013). http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_conse/Charco.htm.
- I.N.S.H.T. (2013). NTP 99: Métodos de extinción y agentes extintores. BARCELONA, BARCELONA, ESPAÑA: CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA.
- Lezana Garcia, E. (2001). *Curso superior de mantenimiento industrial*. Comisión latinoamericana de productividad y medio ambiente: Caplam.

- López, W. (s.f.). *Paritarios.cl*. Recuperado el 20 de 11 de 2013, de BOLETIN ELECTRÓNICO DEL COMITÉ PARITARIO DE HIGIENE Y SEGURIDAD:
http://www.paritarios.cl/experiencias_aguas_araucania_ene01.html
- LUIS, P. M. (2005). PREVENCIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES EN LA PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE GLP. *PREVENCIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES EN LA PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE GLP*, 136. LIMA, PERU.
- Marcilla, M. B. (21 de Diciembre de 2012). *Universidad de Alicante*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2013, de Departamento de Ingeniería Química:
<http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>
- Mariano. (15 de Marzo de 2011). *Tecnología de los plásticos*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2013, de Blog dedicado a los materiales plásticos:
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>
- Ministerio del Interior de España. (18 de 08 de 2012). *Dirección General de Protección Civil y Emergencias*. Obtenido de GUÍA TÉCNICA: Métodos cualitativos para el análisis de riesgos:
http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_221.htm
- MIPRO. (Junio de 2013). *Ministerio de Industrias y Productividad*. Obtenido de http://aplicaciones.mipro.gob.ec/crecuador/files/sello/requisito_sello_hb_2012.pdf
- MRL - CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL INDUSTRIAL UNIFICADA (CIU). (17 de DICIEMBRE de 2013). *HANDYMAN*. Obtenido de <http://www.enquitoecuador.com/userfiles/categorizacion-del-riesgo.pdf>
- N.F.P.A. (2009). *Manual de Protección contra Incendios cap 11*. Bogota: N.F.P.A.
- NARVÁEZ, C. V. (Agosto de 2011). *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - Repositorio Digital EPN*. Obtenido de PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

ECONÓMICAS Y FINANCIERAS:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4210/1/CD-3879.pdf>

Revistero®. (2013). *revistero.com.mx*. Obtenido de <http://revistero.com.mx/2010/06/17/smart-control-maneja-discrecion-a-traves-de-camaras-de-cctv-ocultas-en-detector-de-movimiento-y-sprinkler-de-incendio/>

Román, R. V. (31 de JULIO de 2012). Aprendizajes del Accidente de San Juan Ixhuatepec-MEXICO. *Información Tecnológica VOL 23 No 6*, 128.

Sevilla, U. d. (21 de 11 de 2013). *Biblioteca de Ingenieria*. Obtenido de Universidad de Sevilla:
http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/3998/fichero/PFC_PEYPCI_PDF%252FAnejos%252FAnejo+4.pdf

Solar, J. S. (2013). *13psi Equipos tacticos*. Recuperado el 13 de 11 de 2013, de <http://www.13psi.cl>

Soler, J. A. (23 de 11 de 2013). *CALAMEO*. Obtenido de <http://es.calameo.com/read/00213957548222b9e572b>

Solomon, R. (2002). *Manual de Inspección de la Seguridad contra Incendios y de Vidas*. Madrid: CEPREVEN.

Vasquez Zamora, L. (2014). Gestión Integral e Inegrada de la seguridad y salud: modelo Ecuador . En E. Masson, *Salud Laboral Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales 4ta edición* (pág. 496). Barcelona : Gea Consultoría Editorial , S.L.