

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

Tema:

“DETERMINACIÓN DE RIESGO DE ACCIDENTE MAYOR Y SU INFLUENCIA EN LAS ÁREAS DE ALERTA Y SEGURIDAD DE LA EMPRESA AGROCUEROS S.A.”

Trabajo de Titulación

Previo a la obtención del Grado Académico de Magister en
Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental

Autor: Ing. Humberto Abelardo Matheu Aguilar

Director: Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

Ambato – Ecuador

2014

Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato

El Tribunal de Defensa del trabajo de titulación presidido por el Ingeniero José Vicente Morales Lozada Magister, Presidente del Tribunal e integrado por los señores Ingeniero Christian José Mariño Rivera Magister, Ingeniero John Paúl Reyes Vásquez Magister, Ingeniero Luis Alberto Morales Perrazo Magister, Miembros del Tribunal de Defensa, designados por el Consejo Académico de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar la defensa oral del trabajo de titulación con el tema: “DETERMINACIÓN DE RIESGO DE ACCIDENTE MAYOR Y SU INFLUENCIA EN LAS ÁREAS DE ALERTA Y SEGURIDAD DE LA EMPRESA AGROCUEROS S.A.” elaborado y presentado por el señor Ingeniero Humberto Abelardo Matheu Aguilar, para optar por el Grado Académico de Magister en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental.

Una vez escuchada la defensa oral el Tribunal aprueba y remite el trabajo de titulación para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

.....
Ing. José Vicente Morales Lozada, Mg.
Presidente del Tribunal de Defensa

.....
Ing. Christian José Mariño Rivera, Mg.
Miembro del Tribunal

.....
Ing. John Paúl Reyes Vásquez, Mg.
Miembro del Tribunal

.....
Ing. Luis Alberto Morales Perrazo, Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de titulación con el tema: “DETERMINACIÓN DE RIESGO DE ACCIDENTE MAYOR Y SU INFLUENCIA EN LAS ÁREAS DE ALERTA Y SEGURIDAD DE LA EMPRESA AGROCUEROS S.A.”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Humberto Abelardo Matheu Aguilar, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Manolo Alexander Córdova Suárez, Magister, Director del trabajo de titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Humberto Abelardo Matheu Aguilar

Autor

Ing. Manolo Alexander Córdova Suarez, Mg

Director

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este trabajo de titulación como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los Derecho de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. Humberto Abelardo Matheu Aguilar
C.C. 1705279295

DEDICATORIA

A mi esposa Anita Vasco Jara, por su paciencia y su apoyo incondicional, a mis hijos: Daniela Paulina, Anita Cristina y Diego Xavier por ser la inspiración que impulsan todos mis proyectos.

Al Dr. Romeo Rodríguez Cárdenas Ex rector de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, mi homenaje póstumo, por su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mis padres.

A la Universidad Técnica de Ambato por darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos.

A la empresa Agrocueros S.A. por brindarme todas las facilidades para llevar adelante esta investigación.

Al Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, por su tiempo, por su ayuda y por su apoyo en la ejecución de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XV
RESUMEN EJECUTIVO	XVII
EXECUTIVE SUMMARY.....	XVIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA	3
Planteamiento del problema.....	3
1.1 Contextualización.....	3
ÁRBOL DE PROBLEMAS.....	7
1.1.1 Análisis crítico	8
1.1.2 Prognosis.....	10
1.1.3 Formulación del problema	13
1.1.4 Interrogantes de la investigación.....	13
1.1.5 Delimitación del objeto de investigación.....	13
1.2 Justificación.....	14
1.3 Objetivos	17

1.3.1 Objetivo general.....	17
1.3.2 Objetivos específicos	17
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Antecedentes investigativos	18
2.2 Fundamentación filosófica	21
2.3 Fundamentación legal	21
2.4 Fundamentación administrativa	22
2.5 Categorías fundamentales	22
2.6 Marco conceptual de la variable independiente	26
2.6.1 Definiciones	26
2.6.2 Causas de estallido de un recipiente.	35
2.6.3 Efectos de las explosiones.....	35
2.7 Hipótesis:	45
Variable Independiente:	45
Variable Dependiente:.....	45
CAPÍTULO III.....	46
METODOLOGÍA	46
3.1 Modalidades básicas de investigación	46
3.2 Niveles o tipos de investigación.....	46
3.3 Población y muestra	47
3.4 Plan de recolección de información	50
3.5 Procesamiento de la información de acuerdo al Método Baker.....	51
CAPÍTULO IV.....	52
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	52
4.1 Cálculo de parámetros según el Método Baker.....	52
4.1.1 Condiciones del estado inicial o estado 1 (GLP en estado líquido):.....	53
4.1.2 Condiciones del estado 2 (GLP en estado gaseoso):.....	56
4.2 Cálculos para una distancia estimada de 8 metros	73
4.2.1 Determinación de la sobrepresión escalada P' e impulso escalado i'	73

4.2.2 Ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado	74
4.2.3 Cálculo de la sobrepresión estática Ps en Pa (Pascuales).....	75
4.2.4 Cálculo del impulso mecánico i , en Pa.s	76
4.2.5 Cálculo del número probit (Y)	76
4.3 Cálculo en caso de explosión del vehículo cisterna	91
4.3.1 Cálculo del volumen del recipiente.....	92
4.3.2 Determinación de energía total liberada y energía efectiva	92
4.3.3 Cálculo para una distancia estimada de 10 metros.....	96
4.4 Análisis de los resultados	103
4.4.1 Análisis de fatalidades.....	103
4.4.2 Afectación por rotura de tímpano	104
4.4.3 Daños estructurales menores	105
4.4.4 Daños estructurales mayores.....	106
4.4.5 Colapso de edificios.	107
4.4.6 Rotura de cristales	108
4.4.7 Explosión del tanque cisterna.....	109
4.5 Determinación de las zonas de intervención y de alerta	112
4.6 Interpretación de datos	115
Hipótesis.....	116
Variable independiente.....	116
Variable dependiente.....	116
CAPÍTULO V	117
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
5.1 Conclusiones	117
5.2 Recomendaciones.....	117
CAPÍTULO VI.....	119
PROPUESTA.....	119
6.1 Tema.....	119
6.2 Antecedentes	119
6.3 Datos informativos	120
6.4 Justificación.....	121

6.5 Objetivos	122
6.5.1 Objetivo general	122
6.5.2 Objetivos específicos	123
6.6 Análisis de factibilidad.....	123
6.6.1 Política	123
6.6.2 Ambiental.....	123
6.6.3 Económico.....	124
6.6.4 Legal.....	124
6.7 Fundamentación científico - técnica	124
6.7.1 Fuga del GLP	125
6.7.2 Incendio.....	127
6.7.3 Explosión	128
6.8 Acciones de control.....	132
6.8.1 Control en la zona de abastecimiento de GLP	132
6.8.2 Control en el manejo de GLP en el sistema de circulación	133
6.8.3 Control en el manejo de GLP en el área de almacenamiento	134
6.9 Plan de emergencia por explosión.....	134
6.9.1 Descripción de la empresa	139
6.9.2 Situación general frente a emergencias.....	140
6.9.3 Identificación de amenazas de accidente mayor en la empresa	141
6.9.4 Maquinaria, equipo, sistemas eléctricos y de combustión	142
6.9.5 Materia prima utilizada:	142
6.9.6 Desechos generados	143
6.9.7 Materiales peligrosos utilizados.....	143
6.9.8 Factores externos que generen amenazas y vulnerabilidades	143
6.9.9 Prevención y control de riesgos	144
6.9.10 Anexos del plan de emergencia.....	147
6.9.11 Mantenimiento	148
6.10 Plan de manejo de crisis	149
6.10.1 Introducción	149
6.10.2 Objetivo del plan de manejo de crisis	149
6.10.3 Definiciones	149

6.11 Tareas del equipo de manejo de crisis.....	151
6.12 Conformación de brigadas	155
6.13 Protocolo de intervención ante emergencia por incendio	157
6.14 Protocolo de evacuación	161
6.15 Vías de evacuación y salidas de emergencia.....	162
6.16 Procedimientos para la evacuación	162
6.17 Metodología	163
6.18 Plan de capacitación	164
6.19 Procedimiento general de capacitación.....	165
6.20 Inducciones	166
6.21 Contenido	166
6.22 Anexos del programa de capacitación.....	167
6.23 Costos estimados de la propuesta.....	169
6.24 Administración.....	170
6.25 Conclusiones de la propuesta	170
6.26 Recomendaciones de la propuesta	171
BIBLIOGRAFÍA	172
ANEXOS	177

ANEXOS

Anexo # 1: Propiedades del propano	178
Anexo # 2: Sobrepresión vs distancia	179
Anexo # 3: Impulso vs distancia	180
Anexo # 4: Valores Probit.....	181
Anexo # 5: Valores de sobrepresión e impulso.....	182
Anexo # 6: Delimitación zonas de influencia	183
Anexo # 7: Mapa de Riesgos Nivel – 2,62 metros (subsuelo).....	184
Anexo # 8: Mapa de Riesgos Nivel 0,00 metros (planta baja).....	186
Anexo # 9: Mapa de Riesgos Nivel +2,53 metros (primer piso)	188
Anexo # 10: Rutas de Evacuación Nivel -2,62 metros (subsuelo).....	190
Anexo # 11: Rutas de Evacuación Nivel 0,00 metros (planta baja)	192
Anexo # 12: Rutas de Evacuación Nivel +2,53 metros (primer piso)	194

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1: Accidentes por incendio y/o explosión provincia de Tungurahua.....	6
Tabla # 2: Propiedades del propano y butano	33
Tabla # 3: Ecuaciones para el cálculo de energía, sobrepresión e impulso.	36
Tabla # 4: Principales ecuaciones probit	38
Tabla # 5: Tipo de daño en función de la sobrepresión	39
Tabla # 6: Factores de ajuste para determinar la sobrepresión e impulso.....	42
Tabla # 7: Factores de ajuste, para determinar la sobrepresión escalada (P')	43
Tabla # 8: Relación de valores PROBIT.....	43
Tabla # 9: Unidades de observación	47
Tabla # 10: Operacionalización de la variable independiente	48
Tabla # 11: Operacionalización de la variable dependiente	49
Tabla # 12: Recolección de la información	50
Tabla # 13: Factores de conversión de unidades del Sistema Inglés al SI.....	57
Tabla # 14: Resumen de valores calculados	81
Tabla # 16: Afectados con rotura de tímpano.....	82
Tabla # 17: Porcentaje de daños estructurales menores.....	83
Tabla # 18: Porcentaje de daños estructurales mayores.....	83
Tabla # 19: Porcentaje de colapso de edificios	84
Tabla # 20: Porcentaje de rotura de cristales	84
Tabla # 21: Porcentaje de fatalidades	85
Tabla # 22: Porcentaje de afectados por rotura de tímpano.....	85
Tabla # 23: Porcentaje de daños estructurales menores.....	86
Tabla # 24: Porcentaje de daños estructurales mayores.....	86
Tabla # 25: Porcentaje de colapso de edificios	87
Tabla # 26: Porcentaje de rotura de cristales.....	87
Tabla # 27: Porcentaje de fatalidades	88
Tabla # 28: Porcentaje de afectados por rotura de tímpano.....	88
Tabla # 29: Porcentaje de daños estructurales menores.....	89
Tabla # 30: Porcentaje de daños estructurales mayores.....	89
Tabla # 31: Porcentaje de colapso de edificios	90
Tabla # 32: Porcentaje de rotura de cristales	90

Tabla # 33: Porcentaje de fatalidades	100
Tabla # 34: Porcentaje de afectados por rotura de tímpano	100
Tabla # 35: Porcentaje de daños estructurales menores.....	101
Tabla # 36: Porcentaje de daños estructurales mayores.....	101
Tabla # 37: Porcentaje de colapso de edificios	102
Tabla # 38: Porcentaje de rotura de cristales	102
Tabla # 39: Porcentaje de afectaciones por explosión del vehículo cisterna	114
Tabla # 40: Estimación del riesgo.....	116
Tabla # 41: Análisis de factibilidad para sensores de GLP.....	126
Tabla # 42: Análisis de factibilidad para paredes antiexplosión.....	132
Tabla # 43: Control de fuga de GLP en zona de abastecimiento.....	132
Tabla # 44: Control de fuga de GLP en sistema de distribución	133
Tabla # 45: Control de fuga de GLP en sistema de almacenamiento	134
Tabla # 46: Datos informativos de la empresa.....	139
Tabla # 47: Identificación de factores de riesgo de la empresa	141
Tabla # 48: Instalaciones y servicios	142
Tabla # 49: Materia prima.....	142
Tabla # 50: Desechos generados	143
Tabla # 51: Clase 2 - Gases.....	143
Tabla # 52: Clase 3 - Líquidos inflamables	143
Tabla # 53: Inventario de medios observados.....	145
Tabla # 54: Sistema de evacuación de humos.....	146
Tabla # 55: Inventario extintores	146
Tabla # 56: Escaleras de evacuación y lámparas de emergencia	147
Tabla # 57: Sistemas fijos de extinción	147
Tabla # 58: Procedimientos de mantenimiento disponibles	148
Tabla # 59: Equipo de manejo de crisis	150
Tabla # 60: Brigadas operativas.....	155
Tabla # 61: Características de las vías de evacuación	162

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico # 1: Ubicación Geográfica de la Empresa Agrocueros S.A.....	5
Gráfico # 2: Relación causa efecto	7
Gráfico # 3: Sistema de almacenamiento de GLP	8
Gráfico # 4: Explosión de gas en Alemania.....	11
Gráfico # 5: Explosión de recipiente de GLP	12
Gráfico # 6: Categorías Fundamentales	23
Gráfico # 7: Subcategorías de la VI.....	24
Gráfico # 8: Subcategorías de la VD	25
Gráfico # 9: Dispersión de fragmentos por explosión	34
Gráfico # 10 (a): Efectos en seres humanos por explosión según su posición....	40
Gráfico # 10 (b): Efectos en seres humanos por explosión según su posición....	40
Gráfico # 11: Criterio para determinar recipientes elevados y no elevados	42
Gráfico # 12: Sobrepresión escalda (P') frente a la distancia escalada (R').....	44
Gráfico # 13: Impulso escaldo (i') frente a la distancia escalada (R'	45
Gráfico # 14: Secuencia del Método Baker	51
Gráfico # 15: Presión de Diseño	53
Gráfico # 17: Presión de operación.....	55
Gráfico # 18: Vehículo cisterna de abastecimiento	91
Gráfico # 19: Porcentaje fatalidades vs. distancia, (recipientes)	104
Gráfico # 20: Porcentaje afectados rotura de tímpano vs. distancia	105
Gráfico # 21: Porcentaje daños menores vs. distancia, (recipientes).....	106
Gráfico # 22: Porcentaje daños mayores vs. distancia, (recipientes).....	107
Gráfico # 23: Porcentaje colapso edificaciones vs. distancia, (recipientes)	108
Gráfico # 24: Porcentaje rotura de cristales vs. distancia (recipientes)	109
Gráfico # 25: Porcentaje de muerte por hemorragia pulmonar vs. distancia.....	109
Gráfico # 26: Porcentaje afectados por rotura de tímpano vs. distancia.....	110
Gráfico # 27: Porcentaje daños menores en edificaciones vs. distancia.....	110

Gráfico # 28: Porcentaje de daños mayores en edificaciones vs. distancia	111
Gráfico # 29: Porcentaje afectados por colapso de edificaciones vs. distancia .	111
Gráfico # 30: Porcentaje afectados por rotura de cristales vs. distancia.....	112
Gráfico # 31: Zonas de intervención y alerta vs. número de recipientes	114
Gráfico # 32: Abastecimiento de GLP desde vehículo cisterna.....	115
Gráfico # 33: Medidas de prevención	124
Gráfico # 34: Detector de GLP	126
Gráfico # 35: Muro de protección sin aglutinante	129
Gráfico # 36: Muro de protección con aglutinante	130
Gráfico # 37: Distancia de ubicación de muros respecto a recipientes.....	131
Gráfico # 38: Fachada principal empresa Agrocueros S.A.....	135
Gráfico # 39: Vista satelital empresa Agrocueros S.A.	136
Gráfico # 40: Ruta Cuerpo de Bomberos - empresa Agrocueros S.A.	137
Gráfico # 41: Flujograma de respuesta ante incendios	158

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRIA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

Tema: “DETERMINACIÓN DE RIESGO DE ACCIDENTE MAYOR Y SU INFLUENCIA EN LAS ÁREAS DE ALERTA Y SEGURIDAD DE LA EMPRESA AGROCUEROS S.A.”

Autor: Ing. Humberto Abelardo Matheu Aguilar

Director: Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

Fecha: 16 de mayo del 2014

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo de investigación, se realiza un estudio en los sistemas de abastecimiento, almacenamiento y distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la empresa Agrocueros S. A. de la ciudad de Ambato, el estudio se enfoca principalmente en la zona de los depósitos del combustible tomando en cuenta el considerable volumen de almacenamiento, además se analiza las características del gas en estados líquido y gaseoso, las condiciones termodinámicas, niveles de sobrepresión y del impulso mecánico, analizando el estallido de los recipientes, utilizando el Método Baker. Se evalúa también un casual siniestro con el vehículo cisterna, se determina la energía efectiva de la onda de presión y las zonas influencia. Se analiza las consecuencias en las personas y en las edificaciones, aplicando el Método Probit. Como resultado de este trabajo, se plantea la gestión técnica para prevenir un accidente mayor por explosión. Se propone el plan de emergencia y el plan de capacitación.

DESCRIPTORES:

Gas Licuado de Petróleo, Agrocueros S.A., energía, sobrepresión, impulso, Método Baker, atmósferas explosivas, Directiva Seveso, incendio, explosión, Método Probit.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRIA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

Theme: “DETERMINATION OF RISK OF MAJOR ACCIDENT AND ITS INFLUENCE IN THE ALERT AND SECURITY AREAS OF AGROCUEROS S.A. COMPANY”

Author: Ing. Humberto Abelardo Matheu Aguilar

Director: Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

Date: May 16th, 2014

EXECUTIVE SUMMARY

This research describes a study in the supply, storage and distribution systems of Liquefied Petroleum Gas (LPG) in the Agrocueros SA Company in Ambato city. The research is focused on the fuel storage area, because of its volume; in addition the characteristics of gas are analyzed in its states liquid and gaseous, the thermodynamic conditions and levels of overpressure and mechanical impulse analyzing the outbreak of the containers using Baker Method. It also evaluates a casual sinister with the tanker, it is determined the pressure wave effective energy and the influence zones. The consequences on people and edifications are also analyzed by applying the Probit Method. As a result of this work, I state the technic management in order to prevent a major accident produced by fire or outbreak. It is suggested an emergency plan and a training plan.

DESCRIPTORS:

Liquefied Petroleum Gas, Agrocueros S.A., energy, overpressure, impulse, Baker Method, explosive atmosphere, Seveso Directive, fire, outbreak, Probit Method.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación tiene el tema “DETERMINACIÓN DE RIESGO DE ACCIDENTE MAYOR Y SU INFLUENCIA EN LAS ÁREAS DE ALERTA Y SEGURIDAD DE LA EMPRESA AGROCUEROS S.A.” Su importancia radica en determinar las zonas de alerta y ubicar las áreas de seguridad en un hipotético evento de explosión, determinar los efectos que, en el caso de producirse un siniestro, tengan sobre las personas tanto en las que trabajen en la empresa como las que residen en lugares cercanos, así también estimar los daños que se produjeran en edificaciones del entorno de la empresa.

Está estructurado por capítulos: El CAPÍTULO I, El PROBLEMA, contiene la contextualización, análisis crítico, prognosis, formulación del problema, interrogantes de la investigación, delimitación del objeto de la investigación, justificación, objetivos general y específicos.

El CAPÍTULO II, MARCO TEÓRICO, conformado por los antecedentes de la investigación, fundamentación filosófica, fundamentación legal, fundamentación administrativa, categorías fundamentales, constelacion de ideas de la variable independiente y dependiente, hipótesis y señalamiento de las variables. Se definen los términos utilizados en la investigación y se plantea la posible solución al problema.

El CAPÍTULO III, METODOLOGÍA, lo conforma: la modalidad básica de la investigación, el nivel o tipo de investigación, operacionalización de variables, bibliografía documentada, de campo, de intervención social o proyecto factible. Procesamiento de la información de acuerdo al Método Baker.

El CAPÍTULO IV, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS, lo conforman: los cálculos para determinar la energía total de explosión, se

determina la energía efectiva de la explosión, la sobrepresión y el impulso mecánico utilizando el Método Baker para gas no ideal. El plan de recolección de información basado en los parámetros conocidos y que permiten determinar el porcentaje de personas afectadas y los daños en edificaciones, utilizando el Método Probit. El plan de procesamiento de la información permitirá establecer las zonas de intervención y de alerta definidas por las Directivas Seveso. Se analiza además la posibilidad de producirse un accidente mayor durante el tiempo de descarga del vehículo cisterna y las consecuencias. Se hace un estudio comparativo de producirse el “efecto dominó”, estableciendo las distancias de afectación por explosión.

En el CAPÍTULO V, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, lo conforman: las conclusiones y recomendaciones de la investigación desarrollada, se plantea algunas sugerencias con el propósito de reducir el riesgo e instruir a la población la forma de actuar frente a un siniestro.

En el CAPÍTULO VI, LA PROPUESTA, lo conforma: datos informativos, antecedentes, justificación, objetivo general y específicos, análisis de factibilidad, fundamentación científico técnica, plan de emergencia y capacitación, se definen las medidas a tomar para reducir la posibilidad de incendio y explosión, se determina los controles y acciones que se deben ejecutar para disminuir los riesgos o mitigar sus consecuencias.

MATERIAL DE REFERENCIA: Se concluye con la bibliografía y los anexos en los que constan las tablas con los parámetros que permiten calcular las variables relacionadas con explosión y sus consecuencias, además, las herramientas que permiten elaborar la propuesta, se incluyen los mapas de riesgos y rutas de evacuación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del problema

1.1 Contextualización

La industria desempeña un papel fundamental en el desarrollo de toda sociedad. La mayor parte de los elementos, productos o materiales que se utilizan proceden de la tecnología industrial que a base de cambios en la materia prima logra su transformación, este proceso conlleva la aparición de gran número de situaciones de riesgo que, en ocasiones, se materializan en accidentes de graves consecuencias tanto para el elemento humano como para la infraestructura. Es muy largo enumerar la cantidad de desastres que han ocurrido y ocurren en el medio industrial tanto en el país como en el mundo entero, en el propósito del hombre de elaborar productos para satisfacer las necesidades de la sociedad, estos accidentes han ocasionado una gran cantidad de víctimas, considerables pérdidas materiales y daños severos al medio ambiente.

El rápido aumento del empleo de sustancias químicas peligrosas en la industria y el comercio ha producido un considerable incremento del número de personas, tanto trabajadores como ciudadanos en general, cuya vida podría estar en peligro en cualquier momento debido a un accidente ocasionado por esas sustancias, (OIT, 1990)

La investigación y experimentación en este campo presenta grandes dificultades técnicas y económicas, en el medio laboral se tiene la “confianza” de que nunca va a ocurrir o a su vez se espera la realización del evento catastrófico para recién allí pensar en tomar medidas de prevención. Como ejemplo se puede mencionar el accidente ocurrido en el sur de la ciudad de Quito en una estación distribuidora de combustible el siete de enero de 2014 en la que se

produjo una explosión por falla humana según el informe del cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito, (El Telégrafo, 2014) dejando el saldo trágico de dos muertos, nueve heridos y cuantiosos daños materiales.

Las dificultades en investigar en esta área, justifican la escasa bibliografía existente sobre explosiones; en el idioma español únicamente se dispone de trabajos de investigación realizados en otros países como España y México y cuya referencia consta en la bibliografía.

Las industrias ecuatorianas cada día van tomando con mayor responsabilidad el cumplir con la reglamentación y normas de seguridad, pues se está comprendiendo que mientras mayor sea el grado de cumplimiento de la normativa legal, menos posibilidad de ocurrencia de incidentes o accidentes se presenta y que, la aplicación de los buenos procesos de manufactura (BPM), son la única opción para mantener un ambiente laboral seguro, su producción sea de calidad y la afectación al medio ambiente sea mínima.

En la provincia de Tungurahua el análisis de riesgos mayores es incipiente según la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y es un problema evidente que aún no se ha tratado a nivel industrial y radica principalmente por la falta de capacitación desde los más altos directivos, accionistas y empresarios hasta los obreros; por lo que para concientizar es necesario que los administradores se capaciten para generar una cultura de responsabilidad, entendiendo que las ventajas de la seguridad industrial y prevención de riesgos, son varias, entre ellas: control de accidentes y enfermedades profesionales a los trabajadores, control de daños a los bienes de la empresa (instalaciones y materiales), evitar las pérdidas de tiempo, menor rotación de personal por ausencias al trabajo o licencias médicas y continuidad del proceso normal de producción y en el presente caso precautelar la integridad de los trabajadores, de los habitantes cercanos a la zona de influencia y permitir que la empresa labore en las condiciones más seguras posibles.

La empresa Agrocueros S.A. funciona en el sector del Pisque zona norte de la ciudad de Ambato, en la Av. Panamericana Norte Km 6 y ½ y calle César

Augusto Salazar, ocupa un área aproximada de 4.300 metros cuadrados. Por aproximadamente treinta años, está dedicada a la elaboración de juguetes caninos para mascotas, utilizando como materia prima la carnaza, que es un desecho proveniente del cuero del ganado vacuno. Laboran 162 personas entre trabajadores, técnicos y personal administrativo. En el gráfico # 1 se detalla la ubicación de la empresa.

Gráfico # 1: Ubicación Geográfica de la Empresa Agrocueros S.A.



Fuente: Google Earth

Dentro de este marco la empresa Agrocueros S.A además de cumplir la normativa local, (NTE INEN 2 260, 2008) cumple con estándares emitidos por los países de la Comunidad Europea, (Código ASME, 2010) (Real Decreto 681/2003), y son sujetos de auditorias anuales por parte de sus consumidores lo que le permite mantener su selecto mercado, tanto en Norte América como en los países europeos.

Uno de los procesos de elaboración de los juguetes caninos es el de secado, en el mismo se utilizan hornos cuyo calentamiento se lo hace en base a Gas Licuado de Petróleo GLP y que en la práctica está compuesto por una mezcla en diferentes porcentajes de Propano (C3H8) y Butano (C4H10).

La empresa Agrocueros S.A. cuenta con tres tanques estacionarios de GLP cuyas dimensiones son: 4 metros de largo por 1,1 metros de diámetro con un volumen aproximado de 4 m³ cada tanque y una capacidad de almacenamiento de 2.000 kilos de GLP cada uno; es decir, un contenido total de almacenamiento de 6.000 kilos de GLP, lo que le convertiría en un depósito altamente peligroso. Considerando que lindante a esta fábrica existe una zona poblada, y muy cerca está la Escuela de Formación de Soldados (ESFORST), que supera las dos mil residentes, es imperativo contar con procedimientos que mitiguen las consecuencias de un accidente mayor.

Los tanques de almacenamiento de GLP de la empresa Agrocueros S.A. fueron contruidos bajo las especificaciones de (ASME Sección IX, 2013).

Es importante acotar que el volumen de GLP que está almacenado en los tanques de la empresa Agrocueros S.A equivaldría a 400 tanques de 15 kilogramos de uso doméstico. En la tabla # 1 se indican los accidentes producidos por la fuga de gas de uso doméstico e industrial en los últimos años en la provincia de Tungurahua.

Tabla # 1: Accidentes por incendio y/o explosión provincia de Tungurahua

AÑO	Incendio y/o Explosión	Personas afectadas	Locales afectados
2009	22	5	17
2010	37	11	42
2011	24	3	12
2012	31	135	35

Elaborado por: El investigador

Fuente: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (Tungurahua)

ÁRBOL DE PROBLEMAS

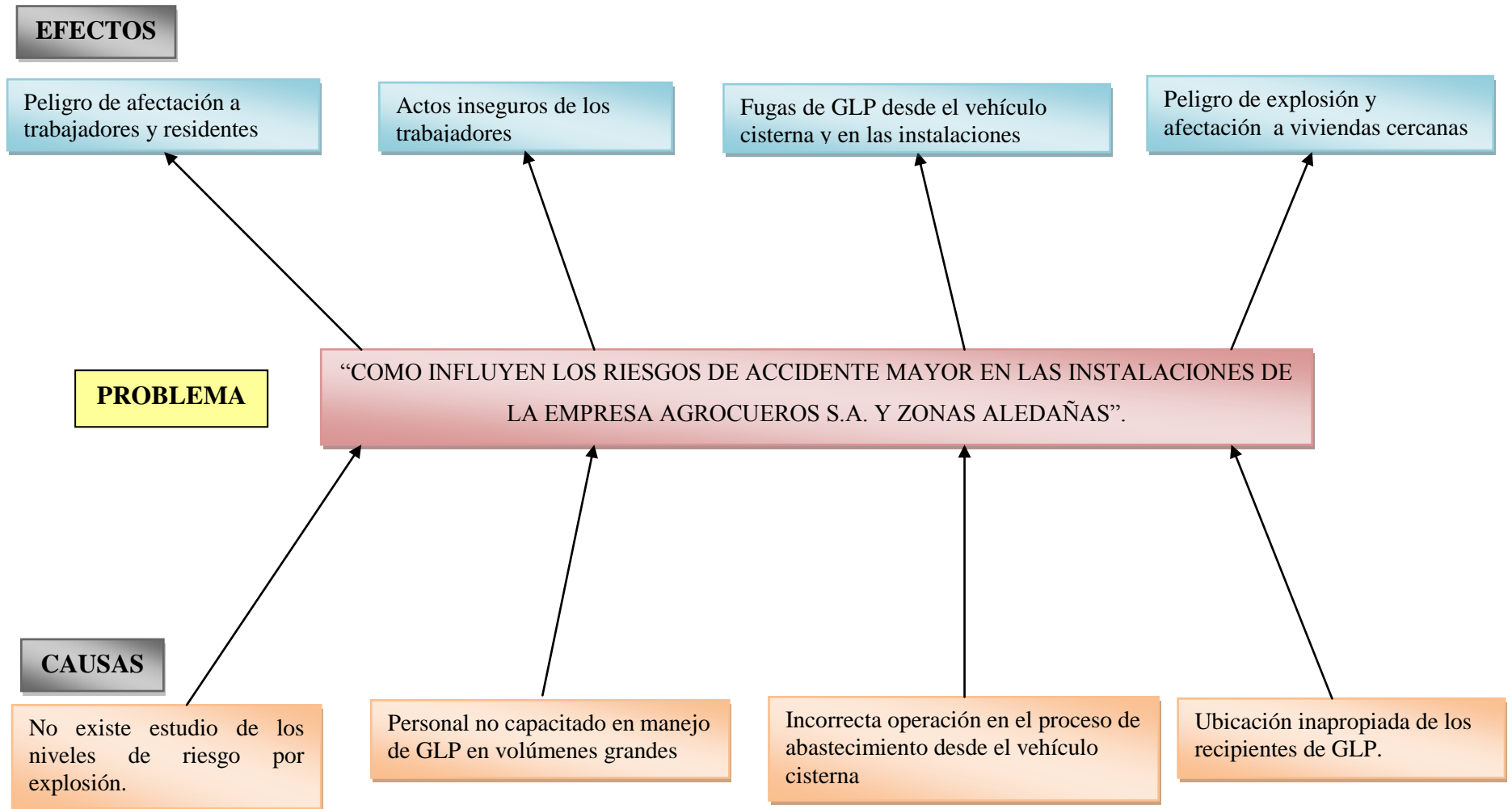


Gráfico # 2: Relación causa efecto

Elaborado por: El investigador

1.1.1 Análisis crítico

Toda industria que utilice en sus procesos como combustible gas licuado de petróleo GLP, en volúmenes considerables es importante que disponga de un estudio de los niveles de riesgo por explosión, es decir de la cantidad de energía, onda de presión, sobrepresión, impulso y defina las zonas de afectación en caso de producirse un evento no deseado en los sistemas de gas.

La empresa “Agrocueros S.A.” en el segmento de fabricación de juguetes caninos para mascotas labora en el sistema de turnos rotativos y continuos y en el área de secado existe un sistema de calentamiento en base a GLP, el mismo que es almacenado en tres recipientes estacionarios, como se aprecia en gráfico # 3, con un contenido de 2.000 kilogramos cada uno, es decir una capacidad instalada total de 6.000 kilogramos, la densidad del GLP es de 0,545 kilogramos/litro, representa 11.000 litros de GLP en estado líquido,

Gráfico # 3: Sistema de almacenamiento de GLP



Fuente: Instalaciones empresa Agrocueros S.A.

Por lo que representa este volúmen de combustible es necesario que la empresa disponga de un sistema de prevención y mitigación de riesgos de accidente mayor.

La utilización de GLP como combustible en el proceso de secado, la empresa lo viene haciendo desde hace aproximadamente 10 años ya que anteriormente se utilizaba el diésel como combustible, se realizó este cambio por dos motivos: primero, por la exigencia de las instituciones ambientales nacionales de que se disminuya la contaminación y, segundo, por los altos costos que implicaba utilizar el diésel como combustible; generándose con esto una producción más limpia y considerables ventajas económicas, pero generándose a la par un problema que podría considerarse grave, como es el abastecimiento, almacenamiento y utilización de GLP en grandes volúmenes.

La empresa cuenta con un Sistema de Salud y Seguridad Ocupacional y por considerarse una empresa de alto riesgo son auditados con frecuencia por el departamento de riesgos del trabajo del IESS y actualmente los organismos de control de riesgos no han solicitado estudios relacionados con afectación a áreas de influencia en caso de suscitarse un evento no deseado.

Un aspecto importante en la producción actual de la empresa, es que no dispone de un estudio de los niveles de riesgo por explosión, no tiene definidas áreas de afectación, considerando el volumen de almacenamiento de GLP, no tiene plan de emergencia por un eventual estallido de los recipientes. No dispone de sistemas de detección de fugas de gas.

La poca capacitación de los trabajadores en manejo de grandes volúmenes de GLP, en las zonas de descarga, circuito de abastecimiento, almacenamiento, vaporizador y quemadores, hace que se cometan muchos actos inseguros.

La incorrecta manipulación de los elementos en el proceso de abastecimiento desde el auto cisterna al no aplicar todas las medidas de seguridad establecidas, favorecen la posibilidad de fugas del gas tanto en el vehículo tanque, como en los accesorios de conexión para el descargue.

La ubicación de los depósitos de GLP es inapropiada, ya que a una distancia de ocho metros aproximadamente, existen viviendas que se verían afectadas en caso de accidente mayor por explosión.

1.1.2 Prognosis

Al no existir un estudio que determine la magnitud de los parámetros derivados de un evento de accidente mayor por explosión, no se definen zonas de afectación, los propios trabajadores, empleados, residentes cercanos a la fábrica y el personal que labora y permanece en la Escuela de Formación de Soldados están vulnerables a sufrir consecuencias impredecibles a causa de un siniestro provocado por estallido de los recipientes de GLP de la empresa Agrocueros S. A.

De no capacitar adecuadamente a los trabajadores en el manejo y manipulación de este combustible, provoca que cometan actos inseguros y que den origen a fugas de gas, ocasionen incendios, por el nulo control de puntos de ignición y den inicio a un accidente mayor.

De continuar con incorrectas formas de manejar los elementos en el proceso de suministro desde el vehículo cisterna hasta los depósitos de la empresa, existe el riesgo de fuga de gas, tanto en el tanque abastecedor como en las instalaciones de acopio, esta acción provoca un ambiente inseguro para los empleados, personas y vehículos que transitan por el sector y residentes cercanos.

De mantener la ubicación inapropiada de los recipientes de GLP subsiste la eventualidad de incendio y/o explosión por lo que los trabajadores de la empresa, las viviendas y los moradores cercanos, están expuestos a fuentes potenciales de peligro.

Se registran en el mundo entero eventos de gran magnitud por fuga de GLP y el Ecuador no ha estado exento de este tipo de sucesos con consecuencias lamentables en cuanto a daños materiales y lo que es más grave la afectación a las personas con lesiones por quemaduras, desprendimiento de fragmentos, rotura de tímpano y hasta la muerte.

De tantos eventos catastróficos que han ocurrido en muchas partes del mundo por fuga de GLP, como ejemplo se presentan dos casos el primero ocurrido en Alemania y el segundo en República Dominicana con depósitos de GLP de características similares a los que utiliza la empresa Agrocueros S.A. En las gráficas se puede apreciar los resultados de incendio y explosiones derivados del inadecuado manejo de depósitos de gas de gran tamaño.

Gráfico # 4: Explosión de gas en Alemania



Fuente: (Diario La Gran Época, 2013)

En el gráfico # 4 se muestra la fotografía aérea una explosión de gas en Alemania, se aprecian los restos de la sede de una compañía después de sufrir una explosión de un tanque de gas de aproximadamente 2000 kilos en Harthausen, ocurrió el 28 de septiembre 2013.

Investigan las causas del suceso en el que 16 bomberos fueron heridos, siete de ellos de gravedad. Como consecuencia del siniestro, esta localidad de 3.000 habitantes tuvo que ser evacuada tras la explosión. (Diario La Gran Época, 2013).

Otro accidente mayor producido por escape de gas se muestra en el gráfico # 5 ocurrido en Santo Domingo, República Dominicana en el que estalló un recipiente de GLP produciendo cuantiosos daños materiales, decenas de heridos y cientos de afectados. El Diario Informativo República Dominicana (García, G; Coprés, E, 2009) informaba de este suceso:

La pavorosa explosión de dos tanques de almacenamiento de gas licuado de petróleo, redujo a un montón de hierros retorcidos y a escombros las instalaciones de la empresa "León Gas", dejó al menos tres personas heridas.

El siniestro se produjo cuando obreros procedía a descargar un cargamento del hidrocarburo. El primer tanque de almacenamiento que estalló quedó "tendido como una sábana" según una explicación "gráfica" de Ciudadoriental.com, mientras el camión quedó reducido a trozos de chatarras esparcidas por todas partes, la edificación de concreto que protegía los tanques de almacenamiento desapareció de la faz de la tierra y la estructura de metal que alojaba los dispensadores del combustible se vino abajo.

Gráfico # 5: Explosión de recipiente de GLP



Fuente: (García, G; Coprés, E, 2009)

1.1.3 Formulación del problema

¿Cómo influyen los riesgos de accidente mayor en las instalaciones de la empresa Agrocueros S.A. y zonas aledañas?

1.1.4 Interrogantes de la investigación

- ¿Cuáles son las amenazas por efectos de explosión de los recipientes de GLP que pueden presentarse de la empresa Agrocueros S.A. y en su entorno geográfico?
- ¿Cuáles son las zonas vulnerables afectadas en el caso de producirse una explosión de los recipientes estacionarios de GLP de la empresa Agrocueros S.A.?
- ¿Existen alternativas de prevención a posibles riesgos de explosión e incendio para el personal que labora en la empresa Agrocueros S.A. y en la población que reside en el entorno geográfico?

1.1.5 Delimitación del objeto de investigación

Campo: Seguridad Industrial

Área: Riesgos de Accidente Mayor.

Aspecto: Explosiones Industriales.

Delimitación de contenido

En este trabajo de investigación se determina los parámetros de Termodinámica utilizando tablas de volumen específico, entalpía y entropías, con esos datos se calcula la energía interna en sus dos estados luego se hace el análisis por medio del Método Baker los efectos y consecuencias de una posible explosión y la afectación a las personas y edificaciones por el Método Probit. Se determina también las zonas de influencia. Esto permite implementar medidas, para cumplir con la normativa vigente, así como para garantizar la confiabilidad de las

instalaciones y minimizar los efectos de un eventual accidente mayor en la empresa Agrocueros S.A. de la ciudad de Ambato.

Delimitación espacial

La investigación se desarrolla en las instalaciones de la empresa Agrocueros S. A. y en sectores colindantes, en la Panamericana Norte Km 6 ½, y calle César Augusto Salazar, sector el Pisque, cantón de Ambato, provincia de Tungurahua.

Unidades de observación

Al interior y exterior de la planta se observa las siguientes unidades:

Entorno y área de suministro

Área de almacenamiento de GLP

Sistemas de distribución de GLP

Área de quemadores

Delimitación temporal

La investigación tiene lugar durante el período comprendido entre junio del 2013 a marzo de 2014.

1.2 Justificación

La industria ecuatoriana se encuentra en un entorno muy competitivo debido a la globalización de ahí deriva la importancia de la implementación de sistemas de seguridad y salud ocupacional y estudios de niveles de riesgo por accidente mayor al utilizar GLP en cantidades industriales. Igualmente las empresas han demostrado su interés y el compromiso por cumplir con la protección del trabajador y al medio ambiente, pero la barrera que encuentran es la resistencia al cambio, comenzando con el propio trabajador. Para cumplir con exigencias legales de medio ambiente y también por razones de tipo económico, la empresa

Agrocueros S.A. decide cambiar el combustible que utiliza para el área de secado de diésel a GLP acatando lo dispuesto por la Dirección Nacional de Hidrocarburos y cumpliendo con las normas internacionales ASME y las normas nacionales del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN.

Es **importante** investigar los riesgos de accidentes mayores porque la fábrica utiliza en todo el proceso de secado GLP, por lo que de acuerdo a la categorización del riesgo por sectores y actividades productivas del Ministerio de Relaciones Laborales esta empresa se circunscribe en riesgo alto.

Determinando el riesgo de explosión e implementando sistemas de detección de gas y medios que minimicen efectos de un estallido en la empresa Agrocueros S. A. mejora las condiciones en las que se desempeñan los trabajadores, pues están concientes de las consecuencias pero también saben que existen sistemas y procedimientos que propician un ambiente seguro, incrementando su **interés y satisfacción** del trabajo realizado, siendo uno de los propósitos de este proyecto implementar una cultura de prevención, evitando: accidentes, daños, incapacidades, pérdidas en la empresa y lo que es más grave, lesiones, muerte de los trabajadores y/o habitantes de las zonas de incidencia.

Existe **interés** en el proyecto porque permite conocer la situación actual no solo del sistema de calentamiento de la empresa Agrocueros S.A. sino también de muchas empresas que utilizan el GLP como combustible y de lo que se ha indagado no existe estudios específicos en esta área, por lo que es de interés para otras empresas e instituciones públicas como el Cuerpo de Bomberos de Ambato.

Existe **factibilidad** para realizar la investigación porque se dispone de los conocimientos suficientes del investigador, recursos tecnológicos actualizados, buenos conocimientos en el manejo de herramientas computacionales y el financiamiento correspondiente, además se cuenta con el respaldo de la empresa Agrocueros S.A. para poder acceder a la información y el tiempo previsto para culminar el trabajo de grado, aunque muy poca bibliografía especializada en la investigación de consecuencias por explosión.

La investigación presenta **utilidad teórica** porque aporta con la ciencia con temáticas relacionadas al problema de investigación sobre explosiones de recipientes industriales de gas licuado de petróleo y que en el país por el momento no existen estos aportes, en este caso son generados por el propio investigador, con la contribución de trabajos de otros autores.

Tiene también **utilidad práctica** que se lo demuestra con la presentación de una propuesta concreta al establecer porcentajes de afectados y daños en los inmuebles considerando el lugar del siniestro y se plantea las medidas correctivas pertinentes.

Este proyecto de investigación muestra **originalidad** ya que en la empresa Agrocueros S.A. de la ciudad Ambato, ni en empresas similares existen estudios de determinación de riesgo de accidente mayor por explosión y su influencia en las áreas de alerta y seguridad, ni una evaluación de posibles afectados.

La investigación contribuye con el cumplimiento de la **misión y visión** de la empresa Agrocueros S.A. de la ciudad Ambato y que puntualiza: “Elaboración de juguetes caninos para mascotas, con las mejores estándares de calidad, para satisfacer las necesidades del mercado local e internacional, y contribuir al desarrollo económico y social del país”; y su visión que destaca en “Mantenerse como empresa única en el país en la producción de juguetes caninos con calidad de exportación”.

La investigación tendrá una **utilidad legal** porque se orienta a cumplir con lo establecido por la Empresa Municipal Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Ambato, la Secretaría de Gestión de Riesgos, el Ministerio del Ambiente y la normativa de la Agencia Nacional de Regulación de Hidrocarburos.

Como **beneficiarios** de la investigación son los residentes en las zonas aledañas, la empresa Agrocueros S.A., todas las industrias que utilicen como combustible el GLP, las distintas promociones de maestrantes en esta facultad, de la universidad y del país en general, estudiantes de la cátedra de Seguridad

Industrial, y lectores que les pueda servir como aporte para sus trabajos de investigación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Determinar el riesgo de accidente mayor por explosión en los recipientes de gas licuado de petróleo (GLP) y su influencia en las áreas de alerta y seguridad en la empresa Agrocueros S.A.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los riesgos por sobrepresión, impulso mecánico y energía efectiva generados por la explosión de recipientes de GLP, utilizando el Método Baker para gas no ideal y afectaciones a personas y edificaciones, aplicando el Método Probit.
- Definir las zonas vulnerables en el caso de accidente mayor por explosión de los recipientes de GLP de la empresa Agrocueros S.A. en base a la Directiva Seveso y la Guía del Ministerio del Ambiente.
- Plantear alternativas de prevención a riesgos de explosión por fuga de GLP en las instalaciones de la empresa Agrocueros S.A. de la ciudad de Ambato.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

La experimentación en este campo presenta grandes dificultades técnicas y económicas, lo que justifica la escasa bibliografía publicada sobre accidentes mayores y concretamente sobre explosiones, por lo que la mayoría de las evaluaciones se realiza a partir de experiencias a pequeña escala o a partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación de modelos informáticos, desconocidos hasta hoy en el medio. Sin embargo realizando un recorrido por las principales bibliotecas de las universidades que ofertan carreras relacionadas con Seguridad Industrial o afines se encuentra que:

En el libro, Dinámica de las Explosiones Industriales (Botta, 2011) se indica:

Las causas básicas de las explosiones las podemos dividir en dos grandes tipos: Rotura de Recipiente y Generación súbita.

- Rotura de Recipiente: Descarga súbita de un gas a alta presión en el ambiente producto de la rotura de un recipiente. Esta rotura se puede dar por:

- Lo que sucede dentro del recipiente.

- Lo que le sucede al propio recipiente.

- Lo que sucede fuera del recipiente.

- Generación súbita en el ambiente de un gas a alta presión, que puede ser debida a fenómenos físicos como por ejemplo, la evaporación instantánea de un líquido que entra en contacto con una superficie caliente, fenómeno químico como por ejemplo, la detonación de un explosivo de alta potencia, o por el autoconfinamiento de gases pesados. La diferencia entre estos dos tipos básicos de explosiones se debe fundamentalmente al confinamiento.

Según (Pulido Montoya, 2005), en su trabajo analiza los riesgos de incendio y presenta un análisis detallado de los efectos que pueden originar los diferentes tipos de explosiones, aplica las normas referente a la prevención y control de

incendios así como las que establecen los estándares para las instalaciones de producción y almacenamiento de gas licuado de petróleo.

En la investigación realizada por (Herrera Collantes, 2013), plantea el diagnóstico de riesgos de incendio y explosión, por medio de la identificación, análisis y valoración de los riesgos, aplicando métodos: cualitativo (lista de comprobación), semi cuantitativo (método de triple criterio) y cuantitativo (método del cálculo de la densidad de carga de fuego). Concluye que de acuerdo a los resultados hallados, el laboratorio de Química Orgánica de la Universidad Central del Ecuador, presenta valores de riesgo mayor, donde se deberán aplicar acciones correctivas y preventivas en el menor tiempo posible. Por último menciona que la prevención de un accidente es el método más recomendable para evitar consecuencias perjudiciales en las personas, instalaciones, equipos y ambiente.

En cuanto a bibliografía actualizada y especializada que sirve de base teórica-científica de la investigación se menciona los siguientes estudios realizados:

Según (Diaz, 2006), determina los parámetros derivados de explosiones industriales accidentales, calcula valores de energía, sobrepresión e impulso y consecuencias que por efectos de explosiones de gas ideal.

Según (Abreu, Jean Batista; Godoy, Luis A., 2009)

Hay varias razones por las que interesa reconstruir el estudio del desastre de Buncefield en Gran Bretaña en 2005. En primer lugar porque involucro un incendio de gran magnitud en una granja de tanques en uno de los mayores accidentes que han ocurrido. En segundo lugar nos interesa este incidente porque una indagación en la documentación permite estudiar en detalle la construcción de las hipótesis realizadas por los investigadores, en distintos niveles de casualidad. Este es un ejemplo en el cual el desastre es de tal magnitud que destruyó la mayor parte de las evidencias que habrían permitido identificar totalmente las causas. (p.188)

Según (Abreu, Jean Batista; Godoy, Luis A., 2011) en otro aspecto de su investigación, menciona:

Chang y Lin (2006) estudiaron y analizaron las causas de 242 accidentes de tanques de almacenamiento de hidrocarburos en instalaciones industriales. Según Chang y Lin, la mayoría de los accidentes estudiados pudieron evitarse si se hubiesen aplicado los principios ingenieriles adecuados. Las causas identificadas de los accidentes son: caída de rayos durante tormentas eléctricas, errores en las labores de mantenimiento, errores operacionles, falla en los equipos mecánicos, sabotaje, rotura o fisura de elementos estructurales, fugas de combustible, problemas en el sistema eléctrico, acción de desastres naturales, y otros, de los cuales los errores humanos provocaron el 30% de las eventualidades, aproximadamente. Un 85% de los accidentes involucran explosiones e incendios.

Según (UPC, 1999) menciona:

Concretamente 1984 registra tres de los accidentes más graves de la historia: Sao Paulo (rotura explosión de una conducción de gasolina, 800 muertos), Ciudad de México (explosión e incendio de un parque de almacenamiento de GLP , 450 muertos) y Bhopal (escape de gas con formación de una nube tóxica, 3000 muertos). En 1989 la explosión de una gran nube de gas – probablemente la mayor de la historia – procedente de un escape, provocó las muerte de aproximadamente 1000 personas. (p. 15).

Según (Rodríguez X. , 2007), en su libro titulado Prevención y protección de explosiones de polvo en instalaciones industriales, señala:

La norma UNE-EN-1127-1 sobre conceptos básicos para atmósferas explosivas establece como primer elemento para la evaluación del riesgo de explosión, la identificación de peligros, donde el punto fundamental es el conocimiento de los datos de seguridad, de las materias y sustancias. Desgraciadamente, en las hojas de datos de seguridad, casi nunca aparecen los parámetros realmente importantes para el estudio de las atmósferas explosivas y es necesario buscar esos datos. En el caso de gases y vapores inflamables existen tablas muy completas y detalladas, como la que se incluye en la norma UNE 202007:2006 IN.

En el libro titulado, Dinámica de las Explosiones Industriales (Botta, 2011), se indica:

Una explosión es una súbita liberación de gas a alta presión en el ambiente. La palabra clave es súbita; la liberación debe ser la suficiente rápida de forma que la energía contenida en el gas se disipe mediante una onda de presión destructiva u onda de choque. El segundo elemento en

importancia es alta presión, que significa que en el instante de la liberación la presión del gas es superior a la de la atmósfera circundante.

2.2 Fundamentación filosófica

El investigador para realizar el trabajo de investigación, sustenta los principios filosóficos del paradigma crítico – propositivo.

Según (Herrera E, Luis; Medina F, Arnaldo; Naranjo L, Galo;, 2010):

La ruptura de la dependencia y transformación social requieren de alternativas coherentes en investigación: una de ellas es el enfoque crítico - propositivo. Crítico porque cuestiona los esquemas modelo de hacer investigación que están comprometidas con la lógica instrumental del poder: porque impugna las explicaciones reducidas a casualidad lineal. Propositivo en cuanto la investigación no se detiene en la contemplación pasiva de los fenómenos, sino que además plantea alternativas de solución construidas en un clima de sinergia y proactividad.

La investigación se fundamenta en esta filosofía ya que busca promover una participación activa, enfocándose en una actuación crítica y creativa, teniendo como finalidad generar opciones o alternativas de solución, a los problemas originados en toda empresa que almacene y utilice GLP como combustible.

En la investigación del problema existente en la empresa Agrocueros S.A, se busca plantear una solución a un posible evento de accidente mayor determinando zonas de influencia para que se considere las alternativas de eliminación o mitigación de riesgo planteadas en la propuesta de este trabajo.

2.3 Fundamentación legal

La investigación se sustenta en una estructura legal contemplada en:

(Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2004), Decisión 584. Capítulos III y IV:

Art.- 16. Los empleadores según la naturaleza de sus actividades y el tamaño de la empresa, de manera individual o colectiva deberán instalar y aplicar sistemas

de emergencia, derivadas de incendios, accidentes mayores, desastres naturales u otras contingencias de fuerza mayor.

Art.- 18. En lo referente a desarrollar sus labores en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el pleno ejercicio de sus facultades físicas y mentales, que garanticen su salud, seguridad y bienestar.

La legislación del (Código del Trabajo, 2012) expresa:

Art. 410. Obligaciones respecto a la prevención de riesgos.- Los empleadores están obligados a asegurar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o su vida.

Los trabajadores están obligados a acatar las medidas de prevención, seguridad e higiene determinadas en los reglamentos y facilitadas por el empleador. Su omisión constituye justa causa para la terminación del contrato de trabajo.

2.4 Fundamentación administrativa

La investigación se respalda en la fundamentación administrativa porque formula una propuesta ya que existe el compromiso de todos quienes hacen la empresa Agrocueros S.A. de cumplir con todos los requerimientos legales vigentes en el país, y los procedimientos que en esta investigación se proponga, además la empresa cumple con las exigencias legales y ambientales (Directiva 82/501/CEE, 1988), de acuerdo a los requerimientos de los países norteamericanos y europeos que son los principales compradores de sus productos y es condición el cumplimiento de la normativa, para seguir manteniendo una relación comercial.

2.5 Categorías fundamentales

X = Riesgo de accidente mayor

Y = Áreas de alerta y seguridad

RED DE INCLUSIÓN CONCEPTUALES

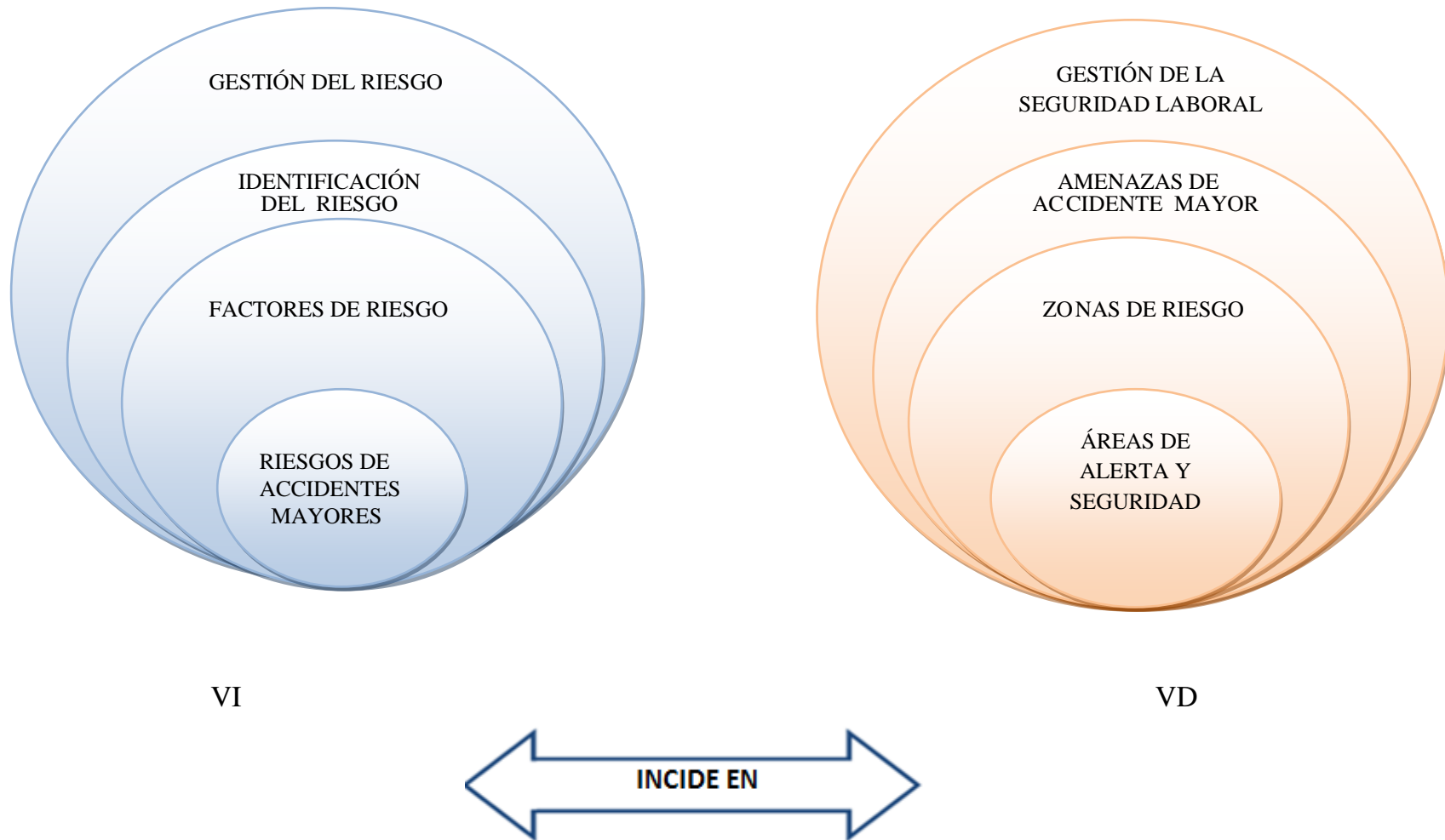


Gráfico # 6: Categorías Fundamentales
Elaborado por: El Investigador

Constelación de Ideas de la Variable Independiente

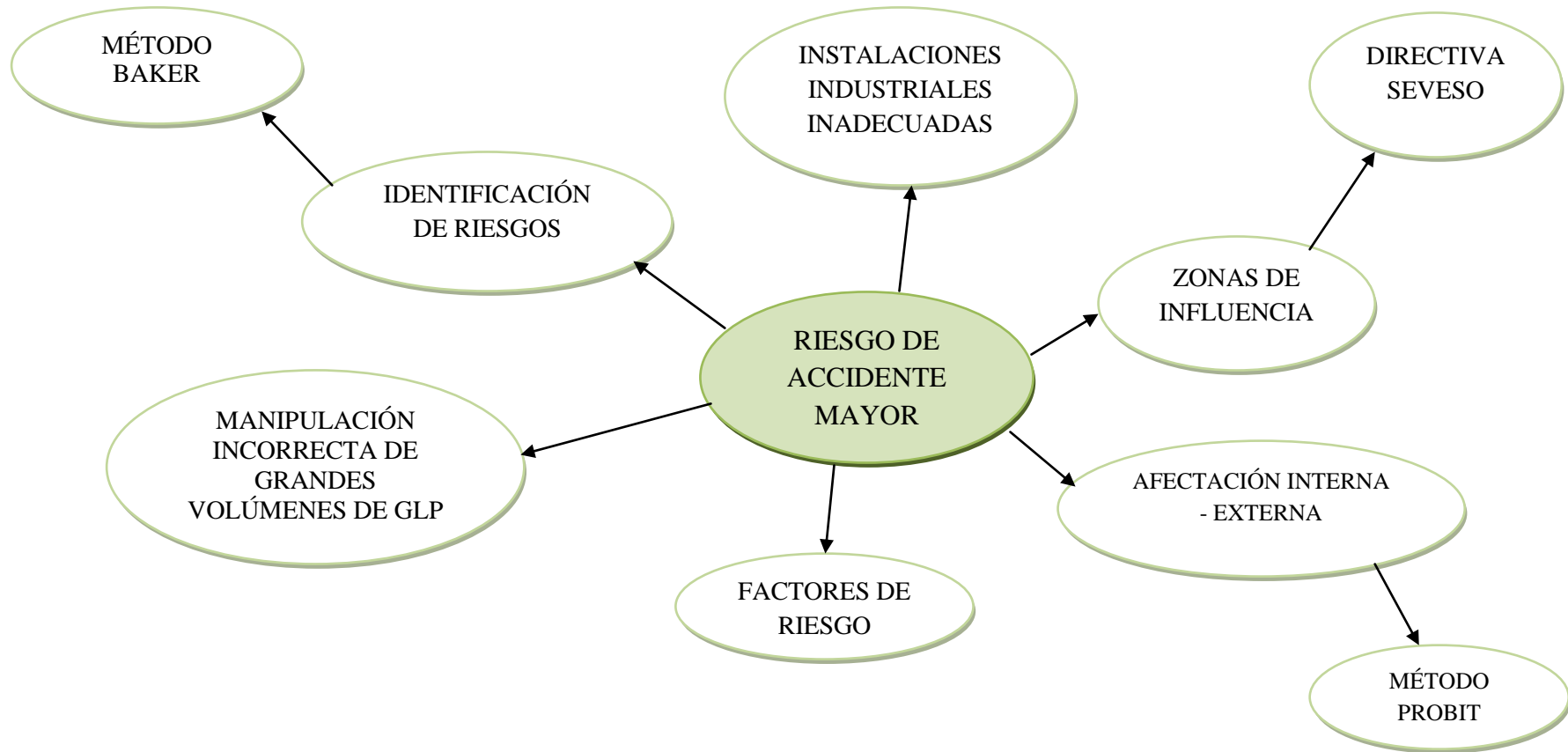


Gráfico # 7: Subcategorías de la VI
Elaborado por: El Investigador

Constelación de Ideas de la Variable Dependiente

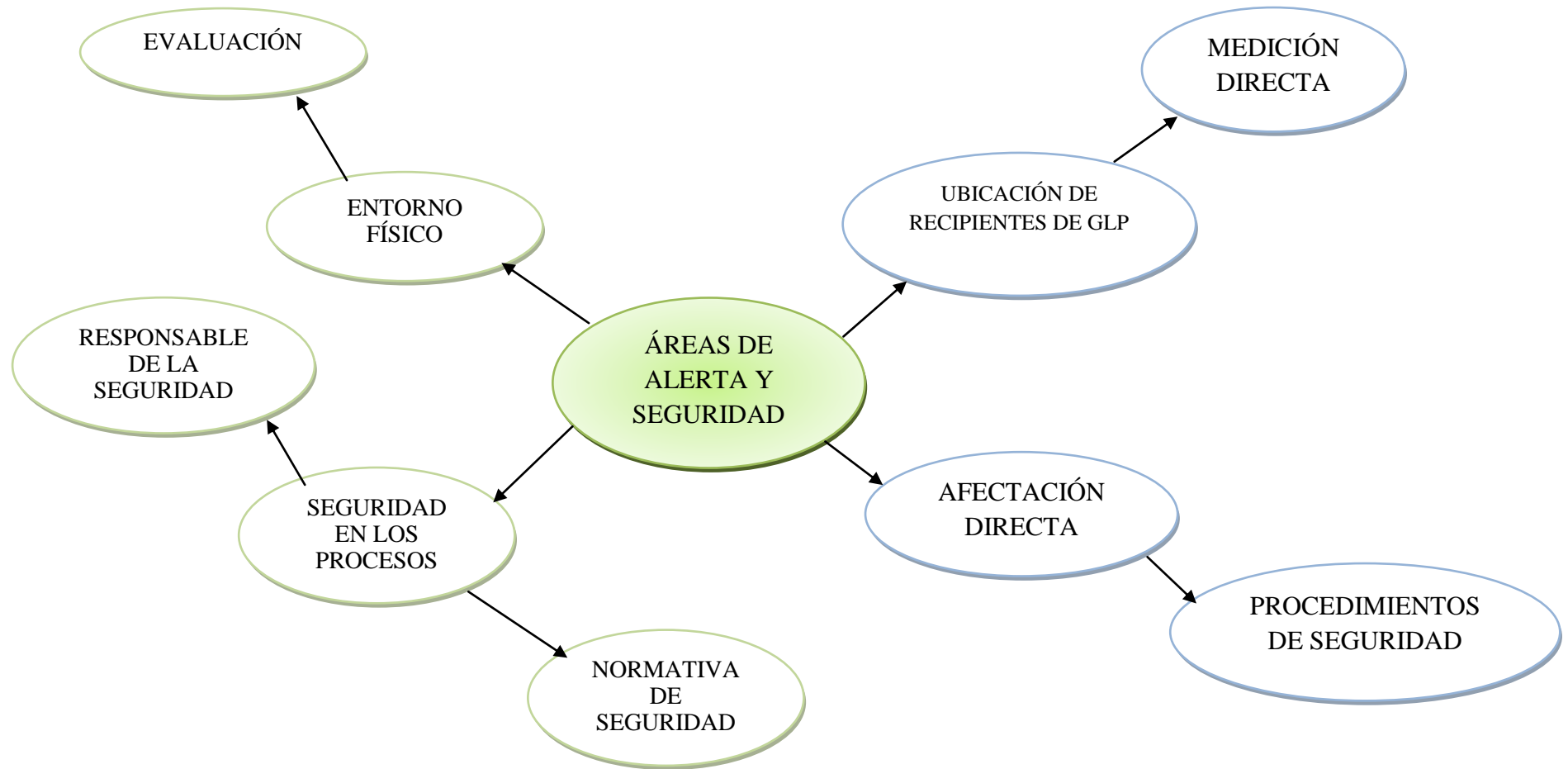


Gráfico # 8: Subcategorías de la VD
Elaborado por: El Investigador

2.6 Marco conceptual de la variable independiente

2.6.1 Definiciones

Accidente Mayor.- Todo acontecimiento repentino, como vertido, emisión, incendio o explosión de gran magnitud, en el curso de una actividad dentro de una instalación expuesta a riesgo de accidente, en el que están implicadas una o varias sustancias químicas peligrosas y que expongan a los trabajadores, a la población y/o al medio ambiente a un peligro grave, inmediato y/o diferido, real o potencial.

Directiva SEVESO III .- El 9 de julio de 1976 sucedió un grave accidente en Séveso (Italia), por error humano se produjo el escape de una sustancia de alta toxicidad y para prevenir la ocurrencia de otros accidentes similares, la Comunidad Económica Europea aprobó la Directiva 85/5014 CEE conocida como Directiva SEVESO. En 1996, y luego de una revisión se publicó en diario oficial de la comunidad europea la directiva, 96/82/CE - SEVESO II. (Directiva Seveso de la UE, 2010)

Para el 24 de julio de 2012, fecha en la que se ha publicado la directiva 2012/18/UE, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y por la que se modifica y ulteriormente se deroga la Directiva 96/82/CE.

Sus principales objetivos son:

- Reforzar el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia.
- Introducir normas más estrictas para las inspecciones de las instalaciones afectadas, que garanticen la efectiva aplicación y cumplimiento de las normas de seguridad.

Metodología Probit.- Es un procedimiento que permite determinar el porcentaje de población y edificaciones que resulten afectados a consecuencia del

accidente en un punto dado. Consiste en asociar la probabilidad de un daño, con las denominadas unidades Probit que van desde 2,67 hasta 8,09 y en porcentajes se considera desde el 1% al 99,9% respectivamente, (Tabla # 8), entendiéndose que todo número Probit mayor a 8,09 corresponde a un porcentaje del 100%. El número Probit se obtiene de acuerdo a las mismas fórmulas que el método propone para analizar cada consecuencia, la tabla # 4 resume las principales ecuaciones Probit.

Zona de Intervención.- (Diaz, 2006) define como: “Aquella en la que las consecuencias de los accidentes producen un nivel de daños tanto en las personas como en las construcciones que justifica la aplicación inmediata de medidas de protección. La zona de intervención es el espacio en el que mayor riesgo pueden tener las personas y las edificaciones, por lo que es en esta zona donde se debe hacer mayor énfasis en cuanto a los mecanismos de prevención”.

Zona de Alerta.- (Diaz, 2006) define como: “Comienza donde termina la Zona de Intervención, es aquella en la que las consecuencias de los accidentes provocan efectos que aunque perceptibles por la población, no justifican la intervención, excepto para los grupos vulnerables de la población”

Explosión.- (Contini, S; Francocci, G.F., 1993) define como: “Liberación brusca de una gran cantidad de energía encerrada en un volumen relativamente pequeño, produciendo un incremento violento y rápido de la presión con desprendimiento de calor, luz y gases”.

Según la (Sociedad Española para el estudio de la Ansiedad y el Estrés, 2001) “Una explosión es la liberación simultánea de energía calórica, lumínica y sonora (y posiblemente de otros tipos) en un intervalo de tiempo ínfimo.

De esta forma, la potencia de la explosión es proporcional al tiempo requerido y su orden de magnitud se expresa en gigavatios u otras unidades de energía”.

Los orígenes de las explosiones se suelen dividir en dos clases:

Físicos: mecánicos (choques de móviles), electromagnéticos (relámpagos) o neumáticos (presiones y gases).

Químicos: de reacciones de cinética rápida.

El efecto destructivo de una explosión es precisamente por la potencia de la detonación que produce ondas de choque o diferencias de presión subyacentes de duración muy corta, extremadamente bruscas”.

Deflagrantes.- Según la (Wikipedia, Wikipedia la enciclopedia libre, 2001) “Son los explosivos en los que la reacción se inicia por mecanismos químicos tradicionales: activación termocinética. La velocidad de éstos no supera la velocidad del sonido (medida en el medio explosivo, que siendo sólido o líquido, es muy superior a la del aire). La barrera del sonido amortigua la energía cedida por éste”.

Detonantes.- Según la (Wikipedia, Wikipedia la enciclopedia libre, 2001) “La reacción en este grupo se autoabastece por una onda de choque, supersónica, es decir la propagación del frente en llamas es mayor a la velocidad del sonido (en el medio que recorre) que inicia el explosivo a medida que esta transcurre. Dada la alta velocidad de la reacción son explosivos muy potentes. Dentro de esta clase se pueden incluir todas las sustancias explosivas conocidas en el medio”.

Bleve.- Siglas del inglés Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion. (Diaz, 2006) “Una Bleve es la explosión de un recipiente que contiene un líquido que se encuentra por encima de su punto de ebullición normal. Cuando el recipiente se rompe por cualquier causa, el líquido se vaporiza súbitamente, pasando gran cantidad al estado gaseoso, expandiendo el líquido en ebullición y originando una onda de presión”.

Presión.- Según la (Wikipedia, Wikipedia la enciclopedia libre, 2001) “Es la fuerza ejercida por unidad de superficie. El gas contenido en un recipiente se encuentra sometido a presión la que se aprovecha para trasladarlo a los aparatos de consumo a través de la conducción”.

Su valor puede reducirse mediante reguladores y aumentarse mediante bombas y compresores. Se mide mediante manómetros. Se mide en Pascales pero al resultar una unidad muy pequeña, en la Unión Europea se ha generalizado el uso del bar, múltiplo del Pascal. El sistema inglés utiliza el psi (lbf/in²).

Se debe tener en cuenta la relatividad de la presión. La presión del gas se mide con relación a la atmosférica del sitio, obteniéndose valores relativos o manométricos, es decir, los que se mide es la diferencia de presión con respecto a la atmosférica. Los valores absolutos (resultado de añadir la presión atmosférica a la relativa). En el sistema inglés, se distingue, como en el Sistema Internacional, (SI) entre los valores absolutos y relativos.

Presión atmosférica: (Wikipedia, Wikipedia la enciclopedia libre, 2001) “El hecho de estar rodeados por una masa gaseosa (aire), y al tener este aire un peso actuando sobre la tierra, quiere decir que estamos sometidos a una presión (atmosférica), la presión ejercida por la atmósfera de la tierra, tal como se mide normalmente por medio del barómetro (presión barométrica). Al nivel del mar o a las alturas próximas a este, el valor de la presión es cercano a 14.7 lb/plg² (101,35Kpa), disminuyendo estos valores en función de la altura del sitio.

Presión manométrica: Según (Bueche, F; Hecht, E;, 2001) “Son normalmente las presiones superiores a la atmosférica, que se mide por medio de un elemento que se define la diferencia entre la presión que es desconocida y la presión atmosférica que existe, si el valor absoluto de la presión es constante y la presión atmosférica aumenta, la presión manométrica disminuye” .

Esta diferencia generalmente es pequeña mientras que en las mediciones de presiones superiores, dicha diferencia es insignificante, es evidente que el valor absoluto de la presión puede abstenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro.

Presión absoluta: PSIA: (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011) Pounds per square inch absolute: psia: lb/in² abs. “Expresa la "presión absoluta", tomando

como cero la ausencia total de presión, o sea que cuando el manómetro marca cero la presión es cero absoluto (vacío total), también se expresa solamente como PSI. La presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro”.

Presión Absoluta = Presión Manométrica + Presión Atmosférica.

Presión relativa: PSIG: Se refiere a la presión contando desde la presión atmosférica, o sea que cuando el manómetro marca cero la presión es de una atmósfera, PSIG: pound square inch gauge (libra/pulgada cuadrada manométrica).

Energía.- (López Sopena, 2001) “Esta magnitud es usada para medir energías de todo tipo (calor, trabajo, etc.). Recordemos que la energía y el trabajo son la misma magnitud. El trabajo deriva de la fuerza aplicada por la distancia recorrida. Además el trabajo se relaciona con el calor, que es lo que en general mediremos nosotros” .

La onda de presión.- (Diaz, 2006) “El efecto más característico de una explosión es el brusco aumento de la presión que se produce en el aire circundante y que se propaga en forma de onda en todas las direcciones libres del espacio. La forma, características y magnitud de la onda dependen del tipo de explosión, del entorno y de la distancia al origen del accidente”.

Efecto dominó: De acuerdo a (Real Decreto 1196, 2003) “La concatenación de efectos que multiplica las consecuencias, debido a que los fenómenos peligrosos pueden afectar, además de los elementos vulnerables exteriores, otros recipientes, tuberías o equipos del mismo establecimiento o de otros establecimientos cercanos, de tal manera que se produzca una nueva fuga, incendio, explosión, estallido en los mismos, que a su vez provoque nuevos fenómenos peligrosos”.

Impulso mecánico.- Tomado de (Beer, F; Johnston, E R., 2007) “El impulso de una fuerza F, es igual al cambio en el momento de equilibrio de una partícula”.

Incendio.- Tomado de (Cuerpo de Bomberos Puente Alto, 2010) “Es el fuego de grandes proporciones que destruye aquello que no está destinado a quemarse. El surgimiento de un incendio implica que la ocurrencia de fuego fuera de control, con riesgo para los seres vivos, las viviendas y cualquier estructura”.

Combustible.- Es toda sustancia que es capaz de arder. Toda materia orgánica es en mayor o menor grado es buen combustible. Por ejemplo, un vegetal con cierto grado de secado es combustible. Los combustibles se clasifican según su naturaleza, que pueden ser, sólidos, líquidos y gaseosos.

Oxígeno.- En toda mezcla gaseosa en la que el oxígeno está presente en proporciones suficientes se puede desarrollar una combustión. El comburente normalmente es el aire, que contiene aproximadamente un 21% en volumen de oxígeno.

Reacción en cadena.- Es el proceso mediante el cual progresa la reacción con la mezcla comburente – oxígeno da origen a la propagación del incendio en el espacio y el tiempo.

Barrera.- Es un obstáculo natural o artificial que protege efectivamente los entornos de un polvorín en caso de una explosión.

GLP.- Según (Repsol, 2009): “Significa GAS LICUADO DEL PETROLEO, porque se produce en estado de vapor pero se convierte en líquido mediante COMPRESIÓN y ENFRIAMIENTO simultáneos de estos vapores, necesitándose un litro en estado líquido vapor para obtener 273 litros de gas.

Es un hidrocarburo, derivado del petróleo, que se obtiene durante el proceso de refinación de otro derivado denominado gasolina”.

El GLP se evapora inmediatamente, pasando del estado líquido al gaseoso por variación de presión y temperatura, es decir a temperatura y presión ambientales.

Las características del gas licuado de petróleo según (INDURA, 2013) son:

- Se encuentra en estado de vapor a presión atmosférica normal, pero se licúa con cierta facilidad, incrementando la presión y enfriamiento.
- No tiene color, es transparente como el agua en su estado líquido.
- No tiene olor, cuando se produce y licúa, pero se le agrega una sustancia de olor penetrante llamada etyl mercaptano para detectarlo cuando haya fuga.
- No es tóxico, solo desplaza el oxígeno, por lo que no es apto para respirarlo.
- Es muy inflamable, cuando se escapa y se vaporiza a presión atmosférica y se enciende violentamente con la menor llama o chispa.
- Excesivamente frío, por pasar rápidamente del estado líquido a vapor, por lo cual, al contacto con la piel producirá siempre quemaduras de la misma manera que lo hace el fuego.
- Es limpio, cuando se quema debidamente combinado con el aire, no forma hollín, ni deja mal sabor en los alimentos preparados con él. Es económico, por su rendimiento en comparación con otros combustibles.
- Es más pesado que el aire, por lo que al escaparse el gas, tenderá a ocupar las partes más bajas, como el piso, fosas y pozos que haya en el área.

Entalpía.- (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011) “La Entalpía es la cantidad de energía de un sistema termodinámico que éste puede intercambiar con su entorno. Por ejemplo, en una reacción química a presión constante, el cambio de entalpía del sistema es el calor absorbido o desprendido en la reacción. En un cambio de fase, por ejemplo de líquido a gas, el cambio de entalpía del sistema es el calor latente, en este caso el de vaporización.

En un simple cambio de temperatura, el cambio de entalpía por cada grado de variación corresponde a la capacidad calorífica del sistema a presión constante”. El término de entalpía fue introducido por el físico alemán Rudolf J.E. Clausius en 1850.

Matemáticamente, la entalpía H es igual a $U + PV$, donde U es la energía interna, P es la presión y V es el volumen. La entalpía se mide en julios.

Entropía.- (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011) “El concepto de “entropía” en termodinámica es un sinónimo de “desorden”. Así, cuando se dice que aumentó la entropía en un sistema, significa que creció el desorden entre los elementos o moléculas de un sistema. Y a la inversa: si en un sistema disminuyó la entropía, significa que disminuyó su desorden. Existe entropía cuando hay variación de un estado por efectos de presión, temperatura o las dos variables a la vez”. En la tabla # 2 se especifican las propiedades de los componentes del GLP.

Tabla # 2: Propiedades del propano y butano

PROPIEDADES	PROPANO	BUTANO
Presión de vapor en Kg/cm ² a 21° C	9.3	1.2
Presión de vapor en Kg/cm ² a 41° C	15.2	2.9
Densidad relativa del líquido a 16° C	0.509	0.582
Punto de ebullición inicial a 1 atm en ° C	-46	-9
Calor específico del líquido en Kcal/kg a 16 ° C	0.33	0.31
Metros cúbicos de vapor por líquido a 16 ° C	0.27	0.23
Metros cúbicos de vapor por Kg a 16 ° C	0.53	0.41
Densidad relativa del vapor a 16 ° C (aire=1)	1.52	2.01
Temperatura de ignición en el aire en ° C	493-605	482-538
Temperatura máxima de la llama en el aire en ° C	1.890	1.990
Límites de inflamabilidad en el a) Inferior	2.15	1.55
Aire % del vapor mezcla aire-gas b) Superior	9060	8.60
Valor totales de calor a) Kcal/a1 (gas)	22.4	29.2
Después de la vaporización b) Kcal/1	11.83	11790
c) Kcal/1 (líquido)	6.095	6.793
Punto de ebullición normal	de - 159	a -160°
Densidad líquida a presión barométrica normal	de 0.42 a	0.48Kg/lts

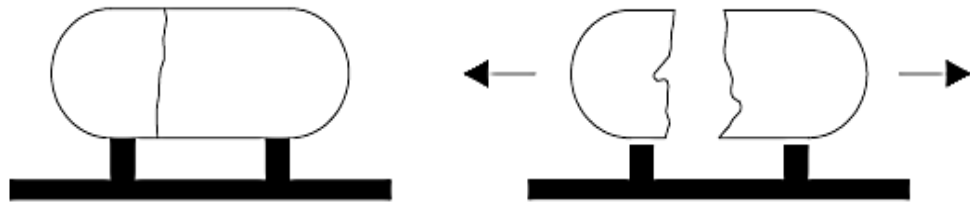
Fuente: Texto de Termodinámica, (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011)

Elaborado por: El Investigador

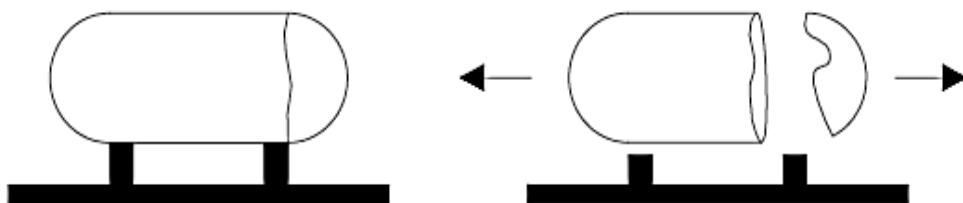
En el gráfico # 9 se detalla los fragmentos en que se fracturan los cilindros dependiendo de la causa del estallido.

Gráfico # 9: Dispersión de fragmentos por explosión

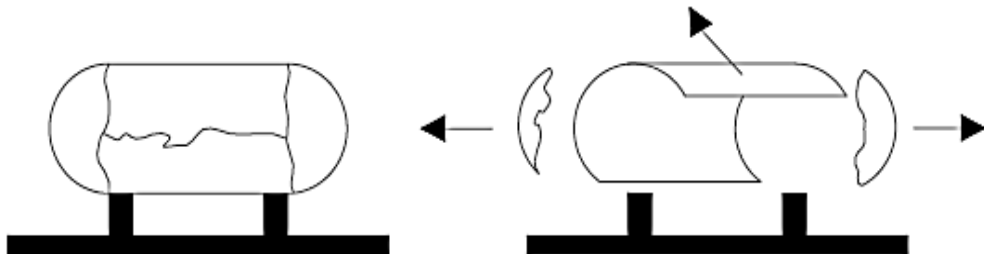
ROTURA DÚCTIL POR DEBILITAMIENTO LOCAL: 2 FRAGMENTOS (HABITUAL)



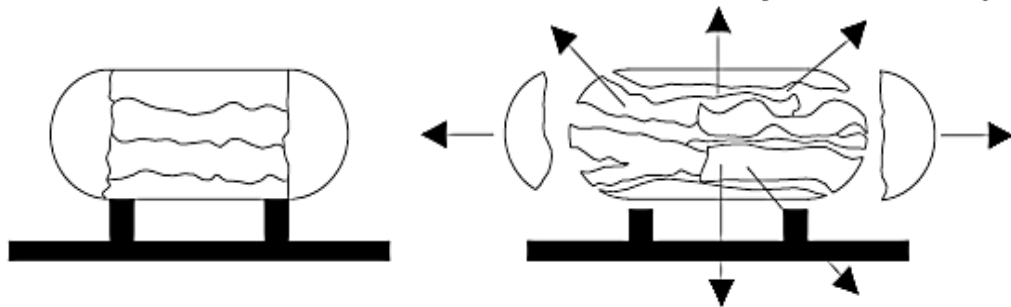
ROTURA DÚCTIL POR SOBREPRESIÓN: 2 FRAGMENTOS DESIGUALES (HABITUAL)



ROTURA DÚCTIL POR SOBREPRESIÓN: 3 FRAGMENTOS (HABITUAL)



ROTURA FRÁGIL POR SOBREPRESIÓN: MÚLTIPLES FRAGMENTOS (POCO HABITUAL)



Fuente: Investigación Díaz Alonso 2006

2.6.2 Causas de estallido de un recipiente.

Un recipiente que contiene un gas o un líquido a presión siempre está sujeto al riesgo de estallido, el mismo que puede darse por las siguientes causas:

1. Por debilidad estructural del recipiente, provocada por corrosión, erosión, fatiga o defectos de soldadura.
2. Por golpes externos.
3. Por aumento de la presión debido a sobrellenado.
4. Por aumento de temperatura, explosión interna, reacción fuera de control.
5. Por combinación de las causas anteriores, así el recalentamiento por un incendio externo produciría conjuntamente el incremento de la presión interior del recipiente y por lo tanto el fallo de los materiales del mismo, hasta llegar a la fatiga.

2.6.3 Efectos de las explosiones

Las consecuencias de una explosión están determinadas por la sobrepresión, el impulso y los fragmentos que puedan afectar a los seres humanos y las edificaciones. Estos efectos son diversos y dependen principalmente de la distancia a la que estén ubicados desde el sitio del siniestro, resultando importante definirlos para estimar las consecuencias que pueden provocar.

Toda explosión cualquiera sea su origen, se caracteriza principalmente por la súbita liberación de energía y para determinarla se recurre a parámetros que la Termodinámica ha establecido para su cálculo, siendo las principales las que se resumen en la tabla # 3.

Estas ecuaciones permiten determinar la energía de la explosión considerando los dos estados líquido y gaseoso del GLP, dentro del recipiente y a presión atmosférica.

Tabla # 3: Ecuaciones para el cálculo de energía, sobrepresión e impulso.

Ecuación	Número
$E_{av} = (m_{1liq} u_{1liq} + m_{1vap} u_{1vap}) - (m_{1liq} u_{2liq} + m_{1vap} u_{2vap}) J$	<i>Ec. 1</i>
$u = h - Pv \quad (J/kg)$	<i>Ec.2</i>
$u_{1liq} = h_{1liq} - P_1 * v_{1liq} \quad \left(\frac{J}{kg}\right)$	<i>Ec. 3</i>
$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{h_{1liq} - 179,2}{183,5 - 179,2}$	<i>Ec. 4</i>
$u_2 = (1 - X)h_{2liq} + X h_{2vap} - (1 - X) P_0 v_{2liq} - X P_0 v_{2vap}$	<i>Ec. 5</i>
$X_{liq} = \frac{s_{1liq} - s_{2liq}}{s_{2vap} - s_{2liq}}$	<i>Ec. 6</i>
$m_{1liq} = \frac{0,995 * V}{v_{1liq}}$	<i>Ec. 7</i>
$E_{exp} = A_{sb} * E_{av}$	<i>Ec. 8</i>
$R' = z \left(\frac{P_0}{E_{exp}}\right)^{\frac{1}{3}}$	<i>Ec. 9</i>
$P'_1 = P' * 1,6 * 2$	<i>Ec. 10</i>
$i'_1 = i' * 1,1 * 1,6$	<i>Ec. 11</i>
$P_s = P_0 * P'_1$	<i>Ec. 12</i>

Fuentes: (Diaz, 2006); (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011)

Glosario de términos

E_{av} : Energía liberada en la explosión en julios

m_{1liq} : Masa del líquido en el estado inicial en kilogramos

u_{1liq} : Energía interna en el estado 1 fase líquido en $\frac{J}{kg}$

m_{1vap} : Masa del vapor en el estado inicial en kilogramos

u_{1vap} : Energía interna en el estado 1 fase vapor en $\frac{J}{kg}$

u_{2liq} : Energía interna en el estado 2 fase líquido en $\frac{J}{kg}$

u_{2vap} : Energía interna en el estado 2 fase vapor en $\frac{J}{kg}$

u : Energía interna en $\frac{J}{kg}$

h : Entalpía específica en $\frac{J}{kg}$

P : Presión en Pascales

v : Volumen específico en $\frac{m^3}{kg}$

h_{1liq} : Entalpía específica en el estado 1 fase líquido en $\frac{J}{kg}$

P_1 : Presión interna de diseño del recipiente en kilopascales

v_{1liq} : Volumen específico en el estado 1 fase líquido en $\frac{m^3}{kg}$

s_{1liq} : Entropía específica en el estado 1 fase líquido en $\frac{kJ}{k^\circ K}$

s_{1vap} : Entropía específica en el estado 1 fase vapor en $\frac{kJ}{k^\circ K}$

s_{2liq} : Entropía específica en el estado 2 fase líquido en $\frac{kJ}{k^\circ K}$

s_{2vap} : Entropía específica en el estado 2 fase vapor en $\frac{kJ}{k^\circ K}$

R' : Distancia-energía escalada (adimensional)

P_0 : Presión atmosférica en el lugar de la explosión igual a 72.875 en Pascales

Z : Distancia del recipiente al punto de afectación en metros

E_{exp} : Energía efectiva de la onda de presión en julios

En la ecuación # 4:

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{h_{liq} - 179,2}{183,5 - 179,2}$$

Se tiene que: los valores 240 psi. y 254 psi. son tomados de la tabla de las propiedades termodinámicas del propano (Younglove, B. A.; Ely, J. F., 1986) que se especifican en el anexo # 1, y corresponden a los valores inferior y superior respecto de 250 psi que es la presión de diseño referido en el gráfico # 16, (P1 en la ecuación # 4) a partir de estos valores de presión en la misma tabla de propiedades se obtiene los valores de: volumen específico, entalpía y entropía, cabe indicar que estos parámetros están en unidades del Sistema Inglés, los cálculos por interpolación en el mismo sistema y luego se hace la conversión al Sistema Internacional utilizando los valores de la tabla # 13: Factores de conversión.

Tabla # 4: Principales ecuaciones probit

Efecto	Ecuación
Muerte por lesiones pulmonares	$Y = -77,1 + 6,91 * \ln P_s$ (Ec. 14)
Rotura de tímpano	$Y = -15,6 + 1,93 * \ln P_s$ (Ec. 15)
Daños menores	$Y = 5 - 0,26 * \ln S$ (Ec. 16) $S = \left(\frac{4.600}{P_s}\right)^{3,9} + \left(\frac{110}{i}\right)^5$
Daños mayores	$Y = 5 - 0,26 * \ln S$ (Ec. 17) $S = \left(\frac{17.500}{P_s}\right)^{8,4} + \left(\frac{290}{i}\right)^{9,3}$
Colapso de edificios	$Y = 5 - 0,22 * \ln S$ (Ec. 18) $S = \left(\frac{40.000}{P_s}\right)^{7,4} + \left(\frac{460}{i}\right)^{11,3}$
Rotura de vidrios	$Y = -18,1 + 2,79 * \ln P_s$ (Ec. 19)

Fuente: (Diaz, 2006)

Glosario de términos

Y: Número probit de la ecuación probit en función de P_S y S

S: Constante en función de P_S o i

P_S : Sobrepresión estática en Pascales

i : Impulso mecánico en *Pascales * segundo*

El Método Probit (NTP 921 Turmo Sierra, 1991) también propone estimar directamente las consecuencias basadas únicamente en la sobrepresión dada en kPa. estima de manera general el porcentaje de fatalidades y el porcentaje de afectación en las personas por efectos de una explosión como se especifica en la tabla # 5.

De acuerdo a la Directiva Seveso, se establece los umbrales para determinar las zona de alerta con una sobrepresión de 5.000 Pascales y la zona de intervención con una sobrepresión de 12.500 Pascales.

Tabla # 5: Tipo de daño en función de la sobrepresión

Sobrepresión en kPa.	Tipo de daño
0,204	Rotura ocasional de cristales
5	Umbral de “Zona de alerta” según la Directriz Básica
12,5	Umbral de “Zona de intervención” según la Directriz Básica
47,7 – 54,4	Rotura de paredes de ladrillo de 20 a 30 cm de espesor
83,1	90% de probabilidad de rotura de tímpanos
173,5	90% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar
1905	Formación de cráter

Fuente: Método Probit, (Véliz Toledo, 2010)

Efectos sobre los seres humanos y edificaciones

Los efectos inmediatos que una onda de presión producto de una explosión puede ejercer sobre los seres humanos dependen de tres variables básicamente, la más importante es la distancia a la que se encuentren las personas, luego se menciona la sobrepresión y el impulso y por último si hay desprendimiento de fragmentos. Como aspectos secundarios que reducen los efectos es que las personas utilicen equipos de protección individual y la posición de las personas al momento de la explosión inciden en los efectos, gráficos # 10 (a) y 10 (b).

Gráfico # 10 (a): Efectos en seres humanos por explosión según su posición

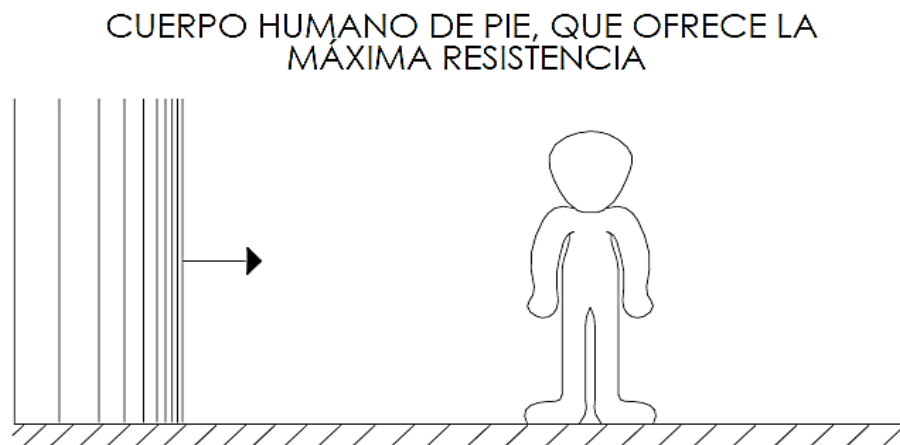
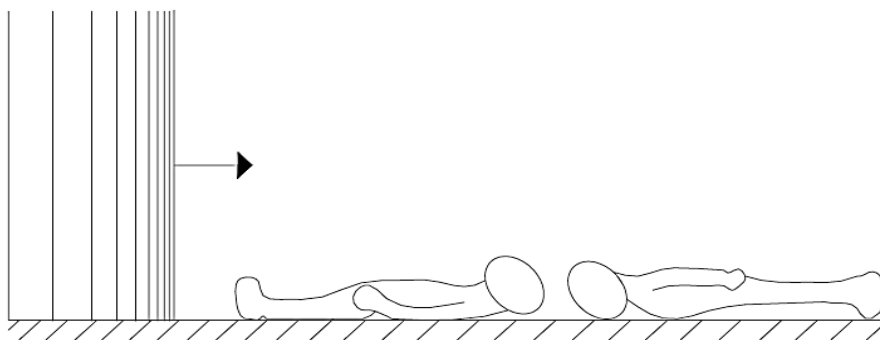


Gráfico # 10 (b): Efectos en seres humanos por explosión según su posición

CUERPO HUMANO EN POSICIÓN TENDIDA, QUE OFRECE
RESISTENCIA A LA ONDA



Fuente: (Diaz, 2006)

Daño al tímpano

El oído es el órgano más sensible ante una onda de presión, está directamente relacionado con la sobrepresión y mientras más cerca estén las personas del sitio del siniestro, mayor es su afectación; a medida que aumenta la distancia del lugar del siniestro los efectos disminuyen.

Daño al pulmón

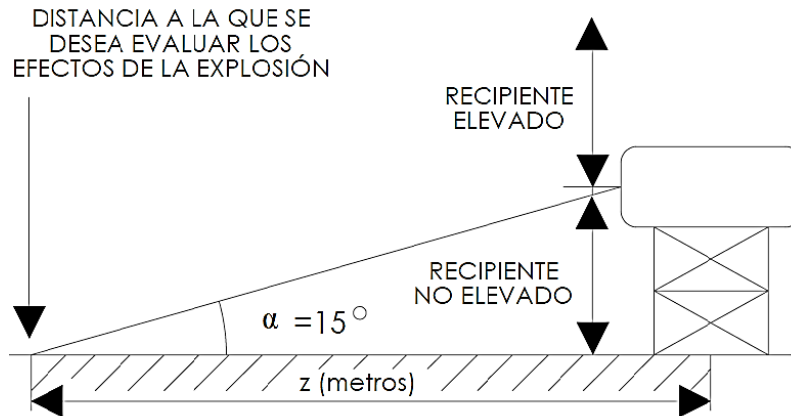
El pulmón es otro de los órganos sensibles que puede resultar afectado al producirse una explosión, esta lesión depende de la sobrepresión y de la duración de la onda y, en menor grado, del impulso.

Dependiendo de la posición relativa del individuo frente a la onda, la presión efectiva ejercida sobre su caja torácica es diferente. En general se considera que cuando se produce una explosión toma a los individuos por sorpresa, y por lo tanto están de pie, gráfico # 10 (a) y la afectación será mayor, en el caso de que los individuos estén en posición acostados, (situación que no es común) gráfico # 10 (b) los efectos disminuyen considerablemente.

Ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado

Este ajuste se debe realizar ya que los efectos de una explosión son diferentes al ser un recipiente cilíndrico o esférico, de la misma manera si el recipiente está próximo el piso o tiene una altura tal que trazada una recta hasta una distancia determinada que se desea tomar de referencia forma un ángulo de 15° como se indica en el gráfico # 11 y por lo tanto los efectos de la explosión varían notablemente. En el caso que se estudia los recipientes están a una altura de 1,32 metros desde el piso, la distancia (Z) para que - de acuerdo a la norma - forme un ángulo de 15° debe ser de 4,92 metros, y los cálculos se hacen a partir de una distancia de ocho metros, a esta distancia las fatalidades son del ciento por ciento ya que cualquier distancia inferior las fatalidades son similares. Por lo tanto en todos los puntos de análisis el ángulo es siempre inferior a 15° , y se toma en cuenta el respectivo coeficiente especificado en la tabla # 7.

Gráfico # 11: Criterio para determinar recipientes elevados y no elevados



Fuente: (Diaz, 2006)

Díaz Alonso ha determinado el parámetro adimensional, R' conocido como distancia-energía escalada, que se lo obtiene en función de la distancia de la explosión al sitio de afectación, de la energía efectiva de la onda de presión y de la presión atmosférica del sitio donde se produciría la explosión. R' es un valor que se lo ha cuantificado entre 10^{-2} hasta 10^3 . Este parámetro permite determinar la sobrepresión escalada y el impulso escalado, (adimensionales). El factor multiplicador para P' e i' depende de la forma del recipiente, tabla # 6, (cilíndrico) y de la cercanía del recipiente al piso el factor se indica en la tabla # 7.

Tabla # 6: Factores de ajuste para determinar la sobrepresión e impulso

Sobrepresión escalada: P' . Impulso escalado: i' .

R'	Factor multiplicador (F)	
	Para P'	Para i'
< 0.3	4	2
≥ 0.3 y ≤ 1.6	1.6	1.1
> 1.6 y ≤ 3.5	1.6	1
> 3.5	1.4	1

Fuente: (Diaz, 2006)

Tabla # 7: Factores de ajuste, para determinar la sobrepresión escalada (P') y el impulso escalado (i').

Estos factores aplican para recipientes cercanos al suelo de acuerdo a lo que determina el gráfico # 11.

R'	Factor multiplicador (F)	
	Para P'	Para i'
<1	2	1.6
≥ 1	1.1	1

Fuente: (Diaz, 2006)

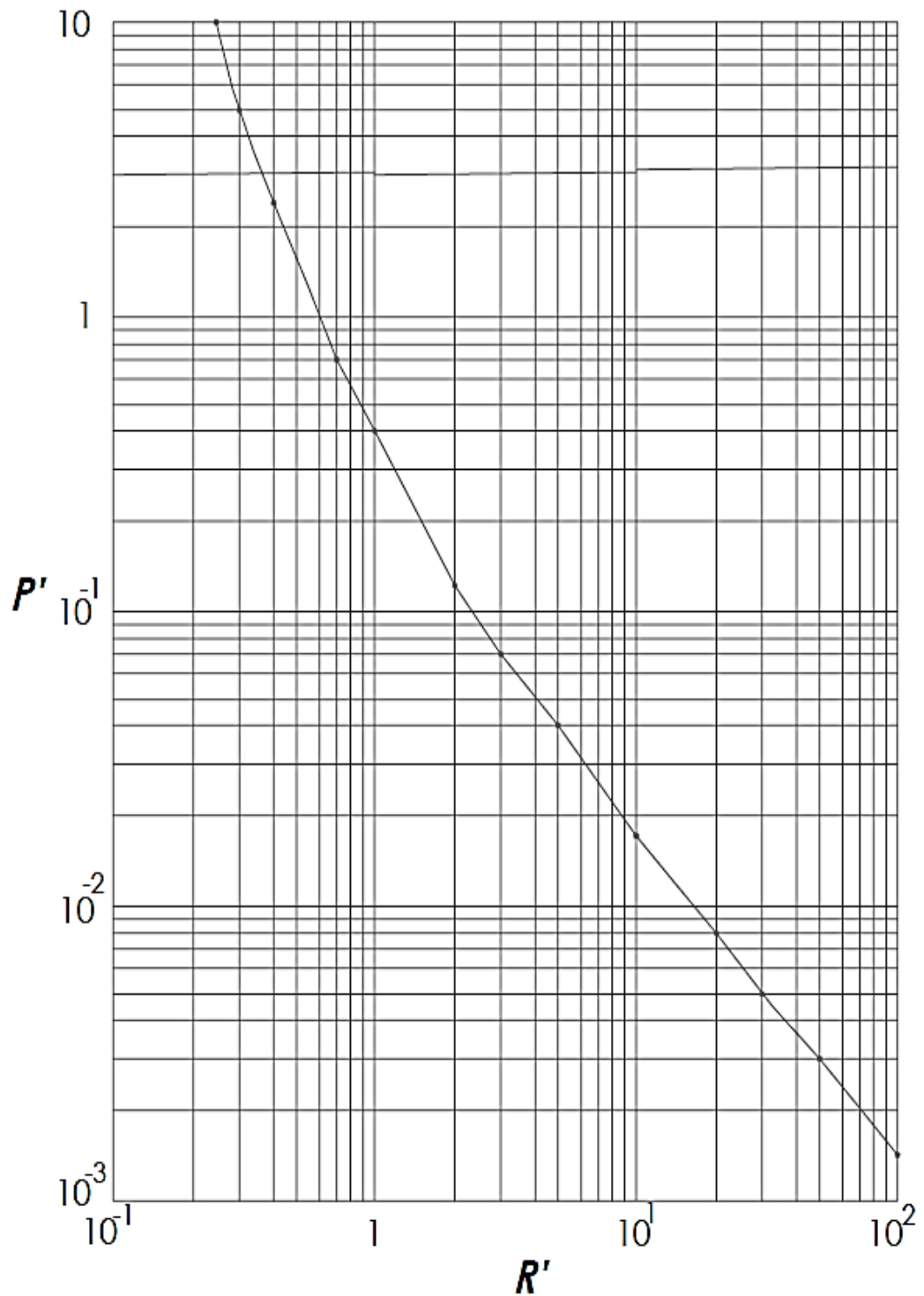
Tabla # 8: Relación de valores PROBIT, y porcentajes de edificios o población afectados (TNO, 1989)

		Entrada de unidades de % de afectados										Valor de la función PROBIT
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Entrada de decenas de % de afectados	0	...	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66	
	10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12	
	20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45	
	30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72	
	40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97	
	50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23	
	60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50	
	70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81	
	80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23	
	90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33	
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
		7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09	

Fuente: (Diaz, 2006)

En el gráfico # 12 se determina la sobrepresión de escalada (P') conocida la variable distancia escalada (R'), para el estallido de recipientes.

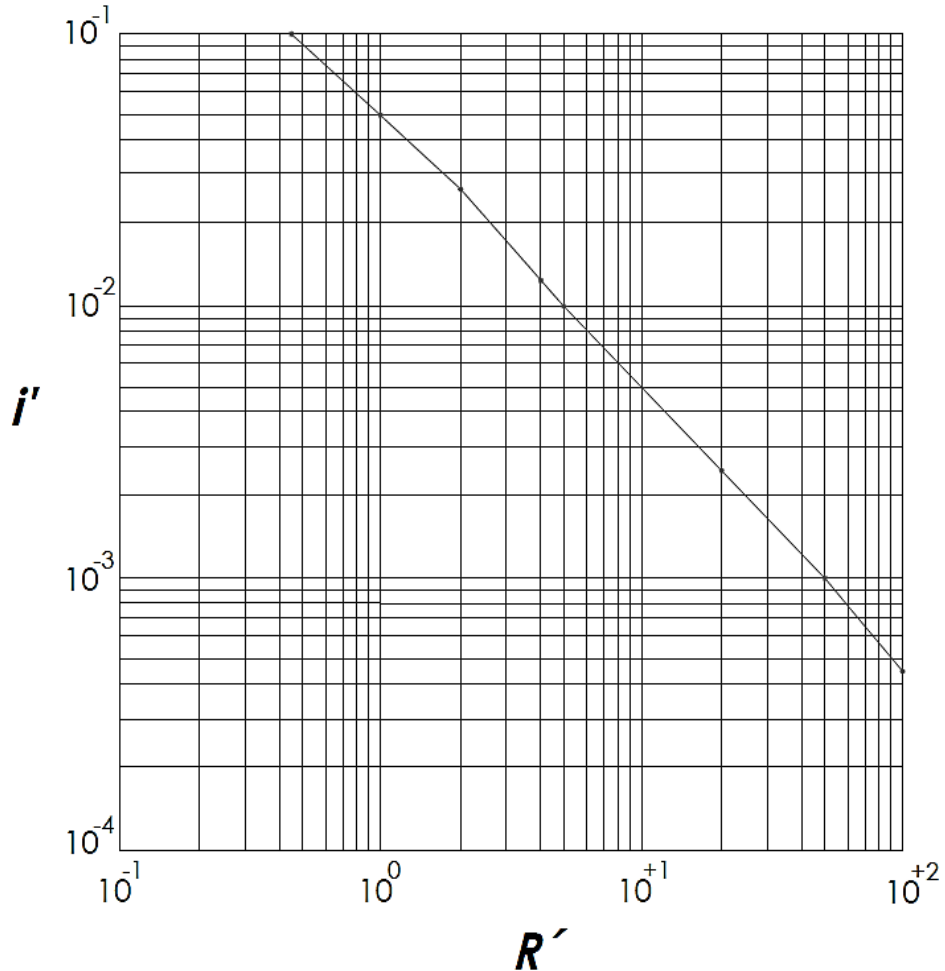
Gráfico # 12: Sobrepresión escalda (P') frente a la distancia escalada (R')



Fuente: Editado de (Diaz, 2006)

En el gráfico # 13 (Diaz, 2006) se determina el impulso escalda (i') a partir de la distancia escalada (R') calculada.

Gráfico # 13: Impulso escalado (i') frente a la distancia escalada (R'), para el estallido de recipientes.



Fuente: Editado de (Díaz, 2006)

2.7 Hipótesis:

¿Los factores de riesgo por explosión inciden significativamente en las instalaciones de la empresa Agrocueros S. A. y zonas aledañas?

Variable Independiente:

Riesgo de accidente mayor por explosión.

Variable Dependiente:

Instalaciones de la empresa y zonas aledañas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidades básicas de investigación

Bibliográfica documental

La investigación tiene esta modalidad porque se acudirá a fuentes de información existente en libros, revistas especializadas, investigaciones relacionadas, internet, se auxiliará en fuentes primarias obtenidas a través de documentos válidos y confiables que permitirán, profundizar y comparar datos.

De campo

Se trabaja con la modalidad de campo porque el investigador acudirá al lugar donde existen los mayores riesgos de fuga de gas y una posible explosión esto es en las instalaciones de la empresa Agrocueros S.A., allí se hacen mediciones de los recipientes, altura desde el piso, distancia entre ellos, presiones del GLP tanto en tuberías como en los recipientes, procedimiento de abastecimiento.

De intervención social o proyecto factible

Es un proyecto factible porque se plantea una propuesta de solución al problema investigado, que redundará en beneficio de las personas que laboran en la empresa y en residentes cercanos a la misma.

3.2 Niveles o tipos de investigación

Explicativo

Porque conduce a la formulación de leyes, se hace un estudio completamente estructurado, descubre las causas de un fenómeno, detecta los factores determinantes de ciertos comportamientos.

Este tipo de investigación se utilizó en el planteamiento del problema, reconocimiento de las variables y formulación de la hipótesis, con la finalidad de obtener una conceptualización comprensible tanto del sistema de gestión de seguridad como de la salud ocupacional, temáticas extensas e importantes en la Seguridad Industrial.

Asociación de variables

Porque permite evaluar las variaciones de comportamiento de una variable en función de variaciones de otra variable. Permite medir el grado de relación entre variables en los mismos sujetos. Se puede determinar tendencias o modelos de comportamiento mayoritario frente a un fenómeno.

3.3 Población y muestra

Es importante mencionar que mediante la investigación se determina las zonas de influencia ante la eventualidad de una explosión de los recipientes de gas licuado de petróleo. El estudio se centraliza en el análisis de la afectación a los seres humanos, se determina el porcentaje de afectación a las edificaciones. La población a la que se somete este estudio es toda la planta de directivos, personal administrativo, técnicos y trabajadores, además se debe involucrar indirectamente a la población que resida en la zona de intervención.

Tabla # 9: Unidades de observación

POBLACIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Directivos	2	0,17 %
Personal Administrativo	10	0,86 %
Trabajadores de Planta	150	13,00 %
TOTAL	162	100 %

Elaborado por: El Investigador

Operacionalización de la Variable Independiente

Variable: Riesgo de Accidente Mayor

Tabla # 10: Operacionalización de la variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Es todo acontecimiento repentino, como sismo, vertido, emisión, incendio o explosión de gran magnitud, en el curso de una actividad dentro de una instalación expuesta a riesgo, en el que están implicadas una o varias sustancias químicas peligrosas y que expongan a los trabajadores, a la población y/o al medio ambiente a un peligro grave, inmediato y/o diferido, real o potencial.	Energía de explosión	Energía en Julios	¿Conocer los factores de riesgos de accidentes mayores más frecuentes en el almacenamiento de gran volumen de GLP?	Método Baker Observación Inspección
	Sobre-presión por impulso	Delegación de responsabilidades. Procedimientos burocráticos.		Método Baker Observación Inspección
	Áreas de seguridad	Procedimientos Estándares de producción	¿Cuáles son las condiciones inseguras que provocarían una explosión de los recipientes de GLP?	Bibliografía especializada Método Probit
	Zonas de influencia	Normas establecidas		Directiva SEVESO

Elaborado por: El Investigador

Operacionalización de la Variable Dependiente

Variable: Áreas de Intervención y porcentaje de personas afectadas

Tabla # 11: Operacionalización de la variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMES BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Las áreas de intervención y de alerta son las áreas en las que las personas resulten afectadas por accidentes mayores y principalmente por explosiones de cualquier tipo son aquellas que sufren daños que van desde la rotura de tímpano con sordera permanente, pérdida de la visión por impacto de esquirlas, hasta la muerte por golpe con objetos contundentes, pasando por afectaciones psicológicas graves.	Fatalidades	Incapacidad física total. Muerte por impacto en cráneo	¿Se ha determinado en caso de una explosión de los recipientes de GLP de la empresa Agrocueros S.A. cuántas personas se afectarían?	Método Probit Hoja de registro de método
	Personas afectadas	Incapacidad física parcial.	¿Existen estudios relacionados con incendios y explosiones en esta empresa o en empresas similares?	Investigación bibliográfica
	Daños en edificaciones	Gestión de riesgo	¿Existen un Plan de emergencia para explosiones?	Verificación en el departamento de SSO de la empresa. Datos estadísticos

Elaborado por: El Investigador

3.4 Plan de recolección de información

El plan de recolección de información contempla las estrategias metodológicas requeridas para cumplir con los objetivos planteados, de acuerdo al enfoque de la investigación predominantemente cuantitativo,

En la tabla # 12 se especifica el procedimiento de la recolección de información.

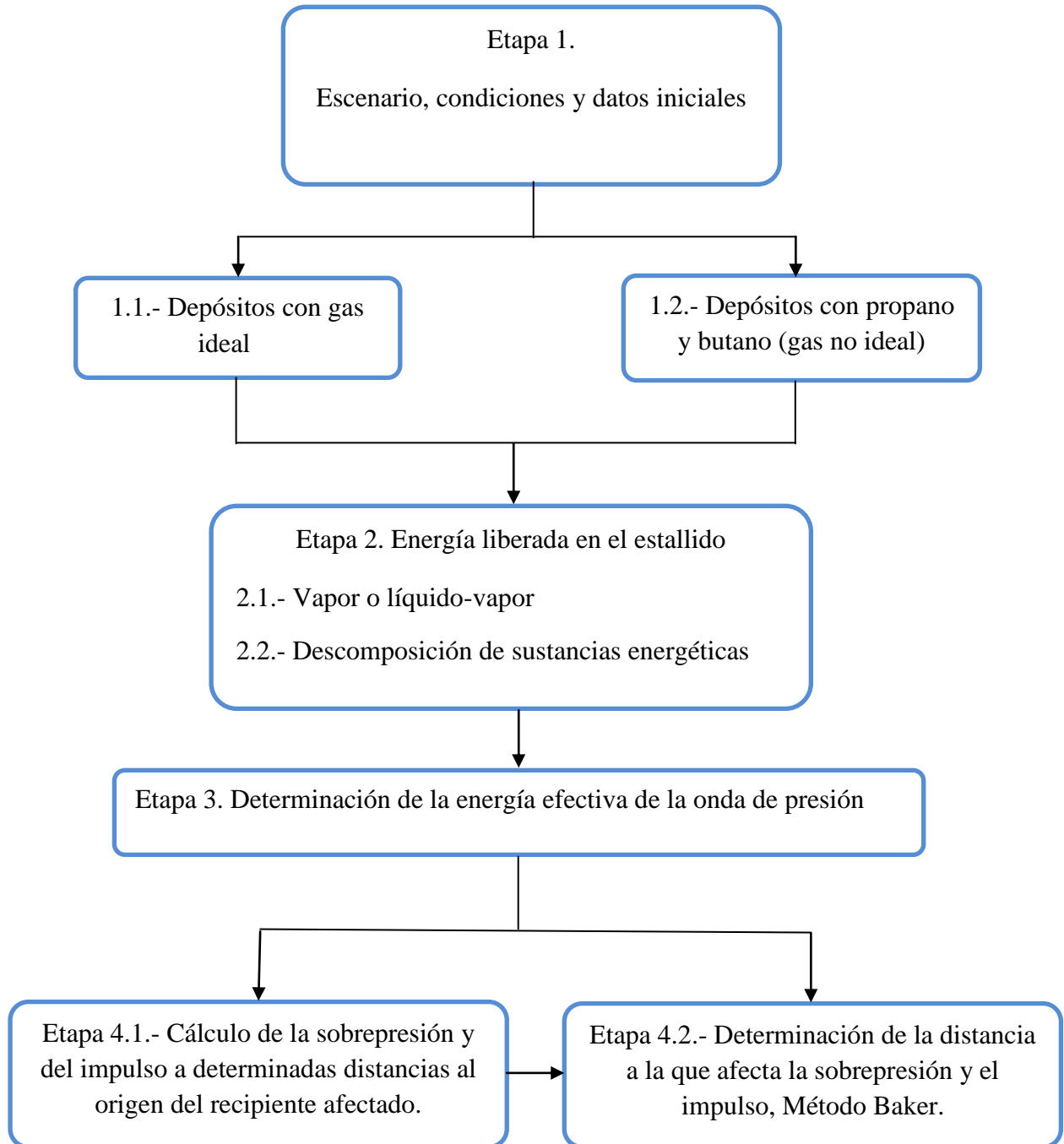
Tabla # 12: Recolección de la información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación
2. ¿De qué personas u objetos?	Supervisor de producción Responsable de suministro de GLP Operadores de quemadores
3. ¿Sobre qué aspectos?	Manual de seguridad Gestión de riesgo Condiciones físicas y ambientales
4. ¿Quién, quiénes?	Investigador
5. ¿Cuándo?	Segundo semestre 2013 y primer semestre 2014
6. ¿Dónde?	Área de almacenamiento de GLP. empresa Agrocueros S. A.
7. ¿Cuántas veces?	Según lo amerite la observación de campo
8. ¿Qué técnicas de recolección?	Método Baker, Directiva Seveso, Método Probit.
9. ¿Con qué?	Formato de cada uno de los métodos
10. ¿En qué situación?	En los horarios de trabajo, previas citas.

Elaborado por: El Investigador

3.5 Procesamiento de la información de acuerdo al Método Baker

Gráfico # 14: Secuencia del Método Baker



Elaborado por: El Investigador

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Cálculo de parámetros según el Método Baker

Para determinar la energía efectiva de explosión, la sobrepresión y el impulso mecánico se lo hace siguiendo el Método Baker (Díaz, 2006) y para definir las consecuencias sobre los seres humanos y edificaciones se utiliza la Metodología Probit. En función de estas ecuaciones se determina lo que se conoce como número probit (Y) mediante el cual se establece el porcentaje de afectados y su gravedad luego de una explosión, estos valores se especifican en la tabla # 8.

En estas ecuaciones se establece dos parámetros que se debe calcular de acuerdo a las características de la explosión; estos son la sobrepresión estática (P_s) en Pascales, (Pa) y el impulso (i) en Pascales por segundo, (Pa.s).

Para determinar dichos parámetros se debe conocer las características de los elementos que pueden provocar una explosión, en base a ellos se calcula otros elementos determinados por las fórmulas según (Díaz, 2006).

(Díaz, 2006) establece que la energía liberada en una explosión considerando un gas no ideal como sucede con el gas licuado de petróleo y que por lo tanto se deben considerar dos estado: las condiciones cuando el GLP está en el interior del recipiente, para efectos de cálculo se considera Estado 1, y las condiciones externas o del medio ambiente se denomina Estado 2, Díaz Alonso concluye que la ecuación para calcular la energía liberada es igual a:

$$E_{av} = (m_{1liq} u_{1liq} + m_{1vap} u_{1vap}) - (m_{2liq} u_{2liq} + m_{2vap} u_{2vap}) J$$

(Ec. 1)

Donde:

E_{av} : Es la energía liberada en la explosión expresada en Julios.

m_{1liq} : Es la masa del líquido en el estado inicial en kg.

u_{1liq} : Es la energía interna en el estado 1 fase líquido J/kg

m_{1vap} : Es la masa del vapor en el estado inicial en kg.

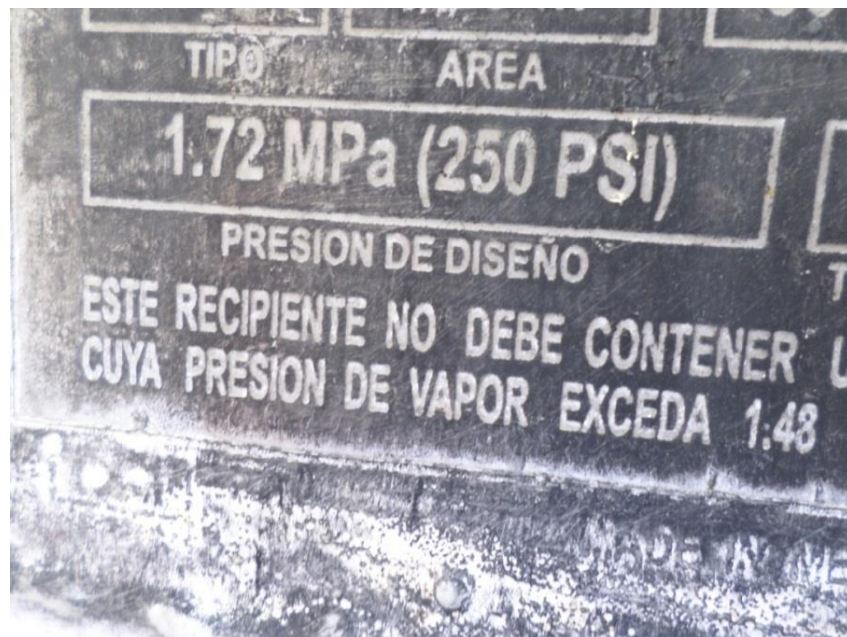
u_{1vap} : Es la energía interna en el estado 1 fase vapor J/kg

u_{2liq} : Es la energía interna en el estado 2 fase líquido J/kg

u_{2vap} : Es la energía interna en el estado 2 fase vapor J/kg

4.1.1 Condiciones del estado inicial o estado 1 (GLP en estado líquido):

Gráfico # 15: Presión de Diseño



Fuente: Recipiente de GLP

Volumen de los recipientes

La longitud de cada tanque cisterna es de 4 metros, el diámetro aproximado es de 1,1 metros, por lo tanto, el volumen es:

$$V = \pi * r^2 * h \quad (\text{Ec. 20})$$

$$V = \pi * 0,55^2 * 4,1$$

$$V = 3,9 \text{ m}^3$$

Se considera un volumen total de 4 m^3

Presión de diseño del recipiente (P_1): 1,72 MPa o su equivalente en el Sistema Inglés 250 lb/pulg² (psi). Dato especificado en el depósito.

Presión interna del recipiente con GLP: 800 kPa o su equivalente 116,11 lb/pulg² (psi). Dato dado por la empresa.

La presión de prueba hidrostática 2,24 MPa o 325 psi. que se indica en el gráfico # 17, es solo referencial, no se debe considerar para los cálculos como presión máxima del recipiente.

Gráfico # 16: Presión de prueba hidrostática



Fuente: Recipiente de almacenamiento de GLP

Gráfico # 17: Presión de operación



Fuente: Manómetro de recipiente de GLP

Temperatura: 123,53°F, es decir 50,85°C Según: (Younglove, B. A.; Ely, J. F., 1986) anexo # 1.

Las presiones de diseño del tanque y de operación se especifican en los gráficos # 16 y # 18 respectivamente.

Según (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011) “La calidad (X) tiene significado sólo para vapor húmedo, de ahí que para las regiones de líquido comprimido o de vapor sobrecalentado no lo tenga. Su valor está entre cero y uno.

La primera interrogante que se presenta antes de iniciar los cálculos es qué presión considerar como presión inicial, puesto que se tiene tres presiones en el estado inicial, estas son:

La presión de diseño del tanque: 250 psi.

La presión de prueba hidrostática: 325 psi.

La presión de operación (variable): < 250 psi.

Se considera la presión de diseño del tanque es decir 250 psi. para los cálculos, porque es la presión máxima que normalmente soporta el recipiente, a partir de la cual puede producirse una explosión.

La presión de operación en ningún caso es igual o superior a la presión de diseño es decir 250 psi.

4.1.2 Condiciones del estado 2 (GLP en estado gaseoso):

Presión: la presión atmosférica de 14,7 lb/pulg² (psi) o su equivalente en pascuales: 101.352,96 Pa, para el caso que se analiza se considera la presión atmosférica del sitio donde se hace el estudio: la ciudad de Ambato que esta ubicada a 2.520 msnm y tiene una presión atmosférica de 72.875 Pa, es decir, 10,57 lb/pulg² (psi).

La presión especificada en el recipiente en MPa o psi es decir unidades del Sistema Inglés acorde a las tablas de propiedades termodinámicas del gas propano publicadas por (Younglove, B. A.; Ely, J. F., 1986) del anexo # 1, que están en unidades del Sistema Inglés, sin embargo las ecuaciones de Díaz Alonso están expresadas en el Sistema Internacional por lo que se tiene que hacer la conversión según la tabla # 13.

Almacenar GLP es un sistema no ideal, es una mezcla líquido-vapor. Se calcula la energía interna para las dos fases: líquido: U_{liq} y vapor: U_{vap} con la fórmula general de energía interna, (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011) e interpolando los valores del anexo # 1.

$$u = h - Pv \quad (J/kg) \quad (Ec. 2)$$

El cálculo de la energía interna en el estado 1 para la fase líquida se realiza con la siguiente ecuación:

$$u_{1liq} = h_{1liq} - P_1 * v_{1liq} \quad \left(\frac{J}{kg}\right) \quad (Ec. 3)$$

Donde:

u_{1liq} : Energía interna en el estado 1 fase líquido en $\frac{J}{kg}$

h_{1liq} : Entalpía específica en el estado 1 fase líquido, en $\frac{J}{kg}$

P_1 : Presión interna de diseño del recipiente, en psi.

v_{1liq} : Volumen específico en el estado 1 fase líquido, en $\frac{m^3}{kg}$

Calculo de parámetros por interpolación

Se calcula la entalpía específica y volumen específico, interpolando valores del Anexo # 1:

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{h_{1liq} - 179,2}{183,5 - 179,2} \quad (Ec. 4)$$

$$h_{1liq} = 182,27 \frac{BTU}{lb}$$

Tabla # 13: Factores de conversión de unidades del Sistema Inglés al SI

MAGNITUD	DESDE UNIDAD	A UNIDAD del S. I.	FACTOR
Entalpía Específica	$\frac{BTU}{lb}$	$\frac{J}{kg}$	2.326
Volumen Específico	$\frac{pie^3}{lb}$	$\frac{m^3}{kg}$	0,06242
Entropía Específica	$\frac{BTU}{lb^{\circ}F}$	$\frac{kJ}{k^{\circ}K}$	4,1868

Fuente: Textos de Termodinámica, (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011)

Elaborado por: El Investigador

Se hace la conversión a unidades del Sistema Internacional multiplicando por el factor 2.326 de la tabla # 13:

$$h_{1liq} = 182,27 \frac{BTU}{lb} * 2.326$$

$$h_{1liq} = 423.960,02 \left(\frac{J}{kg} \right)$$

Cálculo del volumen específico:

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{v_{1liq} - 0,03534}{0,03575 - 0,03534} \quad (Ec. 4)$$

$$\frac{250 - 240}{254 - 240} = \frac{v_{1liq} - 0,03534}{0,03575 - 0,03534}$$

$$v_{1liq} = 0,7143 * (0,03575 - 0,03534) + 0,03534$$

$$v_{1liq} = 0,035633 \frac{pie^3}{lb}$$

Se hace la conversión a unidades del Sistema Internacional multiplicando por el factor 0,06242 de la tabla # 13:

$$v_{1liq} = 0,035633 \frac{pie^3}{lb} * 0,06242$$

$$v_{1liq} = 2,2242 * 10^{-3} \frac{m^3}{kg}$$

Aplicando la fórmula de energía interna para el estado 1 fase líquido tenemos:

$$u_{1liq} = h_{1liq} - P_1 * v_{1liq} \left(\frac{J}{kg} \right) \quad (Ec. 3)$$

Reemplazando:

$$u_{1liq} = 423.960,02 - 1,723 * 10^6 * 2,2245 * 10^{-3} \left(\frac{J}{kg} \right)$$

$$u_{1liq} = 4,2013 * 10^5 \left(\frac{J}{kg} \right)$$

Se calcula la energía interna para el estado inicial o estado 1 fase vapor con la misma fórmula de energía interna:

$$u_{1vap} = h_{1vap} - P_1 * v_{1vap} \left(\frac{J}{kg} \right) \quad (Ec. 3)$$

Donde:

u_{1vap} : Energía interna en el estado 1 fase vapor en $\frac{J}{kg}$

h_{1vap} : Entalpía específica en el estado 1 fase vapor en $\frac{J}{kg}$

P_1 : Presión interna de diseño del recipiente: 250 psi o $1,723 * 10^6$ Pa.

v_{1vap} : Volumen específico en el estado 1 fase vapor

Se calcula Entalpía específica y volumen específico, interpolando valores del Anexo # 1:

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{h_{1vap} - 305,2}{305,2 - 305,2} \quad (Ec. 4)$$

$$h_{1vap} = 305,63 \frac{BTU}{lb}$$

Se hace la conversión a unidades del Sistema Internacional multiplicando por el factor 0,06242 de la tabla # 13:

$$h_{1vap} = 305,63 \frac{BTU}{lb} * 2.326$$

$$h_{1vap} = 710.895,4 \left(\frac{J}{kg} \right)$$

Cálculo del volumen específico:

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{v_{1vap} - 0,432}{0,459 - 0,432} \quad (Ec. 4)$$

$$\frac{250 - 240}{254 - 240} = \frac{v_{1vap} - 0,432}{0,459 - 0,432}$$

$$v_{1vap} = 0,4513 \frac{pie^3}{lb}$$

Se hace la conversión a unidades del Sistema Internacional multiplicando por el factor 0,06242 de la tabla # 13:

$$v_{1vap} = 0,4513 \frac{pie^3}{lb} * 0,06242$$

$$v_{1vap} = 0,02817 \frac{m^3}{kg}$$

Aplicando la fórmula de energía interna para el estado 1 fase vapor tenemos:

$$u_{1vap} = h_{1vap} - P_1 * v_{1vap} \left(\frac{J}{kg} \right) \quad (Ec. 3)$$

Reemplazando:

$$u_{1vap} = 710.895,4 - 1,723 * 10^6 * 0,02817 \left(\frac{J}{kg} \right)$$

$$u_{1vap} = 662.358,5 \left(\frac{J}{kg} \right)$$

Se calcula la energía interna del estado expandido o estado 2 para cada una de las fases (líquido y vapor) a la presión atmosférica de la ciudad de Ambato de 72.875 Pa, es decir, 10,57 lb/pulg² (psi) en el Sistema Inglés.

$$u_2 = (1 - X)h_{2liq} + X h_{2vap} - (1 - X) P_0 v_{2liq} - X P_0 v_{2vap} \quad (Ec. 5)$$

Donde:

u_2 : Energía interna en el estado expandido o estado 2 en $\frac{J}{kg}$

h_{2liq} : Entalpía específica en el estado 2 fase líquido en $\frac{J}{kg}$

h_{2vap} : Entalpía específica en el estado 2 fase vapor en $\frac{J}{kg}$

v_{2liq} : Volumen específico en el estado 2 fase líquido en $\frac{m^3}{kg}$

v_{2vap} : Volumen específico en el estado 2 fase vapor en $\frac{m^3}{kg}$

X : Fracción de vapor en porcentaje para cada fase llamada también calidad, es adimensional.

Para determinar la calidad se calcula en base a las entropías en los dos estados para las fases líquido y vapor, teniendo en cuenta que es un proceso isoentrópico es decir la entropía del estado 1, S_1 es igual a la entropía del estado 2 S_2 : $S_1 = S_2$

P_0 : Presión atmosférica del sitio de estudio: ciudad de Ambato = 72.875 Pa, es decir, 10,57 lb/pulg² (psi) en el Sistema Inglés.

Cálculo de la calidad X o fracción de vapor para cada fase, (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011) p. 130:

Para la fase líquido estado 2:

$$X_{liq} = \frac{s_{1liq} - s_{2liq}}{s_{2vap} - s_{2liq}} \quad (Ec. 6)$$

Para la fase vapor estado 2:

$$X_{vap} = \frac{s_{1vap} - s_{2liq}}{s_{2vap} - s_{2liq}} \quad (Ec. 6)$$

Donde:

s_{1liq} : Entropía específica en el estado 1 fase líquido en $\frac{J}{kg K}$

s_{1vap} : Entropía específica en el estado 1 fase vapor en $\frac{J}{kg K}$

s_{2liq} : Entropía específica en el estado 2 fase líquido en $\frac{J}{kg K}$

s_{2vap} : Entropía específica en el estado 2 fase vapor en $\frac{J}{kg K}$

Cálculo de entropías para el estado 1 fase líquido considerando la presión de diseño del recipiente $P_1 = 250$ psi, a partir de los valores del Anexo # 1.

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{s_{1liq} - 0,391}{0,399 - 0,391} \quad (Ec. 4)$$

$$\frac{250 - 240}{254 - 240} = \frac{s_{1liq} - 0,391}{0,399 - 0,391}$$

$$s_{1liq} = 0,3967 \frac{Btu}{lb^{\circ}F}$$

Se multiplica por el factor 4,1868 para obtener en unidades del Sistema Internacional, tabla # 13:

$$s_{1liq} = 0,3967 \frac{Btu}{lb^{\circ}F} * 4,1868$$

$$s_{1liq} = 1,66 \frac{kJ}{k^{\circ}K}$$

Determinación de la entropía a para el estado 1 fase vapor considerando la presión de diseño del recipiente $P_1 = 250$ psi

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{s_{1vsap} - 0,588}{0,589 - 0,588} \quad (Ec. 4)$$

$$\frac{250 - 240}{254 - 240} = \frac{s_{1vap} - 0,588}{0,589 - 0,588}$$

$$s_{1vap} = 0,5887 \frac{Btu}{lb^{\circ}F}$$

Se multiplica por el factor 4,1868 para obtener en unidades del Sistema Internacional, tabla # 13:

$$s_{1vap} = 0,5887 \frac{Btu}{lb^{\circ}F} * 4,1868$$

$$s_{1vap} = 2,465 \frac{kJ}{k^{\circ}K}$$

Cálculo de entropías para el estado expandido considerando la presión atmosférica $P_2 = 10,57$ psi, a partir de los valores del Anexo # 1.

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{s_{2liq} - 0,160}{0,167 - 0,160} \quad (Ec. 4)$$

$$\frac{10,57 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{s_{2liq} - 0,160}{0,167 - 0,160}$$

$$s_{2liq} = 0,1643 \frac{Btu}{lb^{\circ}F}$$

Se multiplica por el factor 4,1868 para obtener en unidades del Sistema Internacional, tabla # 13:

$$s_{2liq} = 0,1643 \frac{Btu}{lb^{\circ}F} * 4,1868$$

$$s_{2liq} = 0,688 \frac{kJ}{k^{\circ}K}$$

La presión atmosférica en el estado 2 es de 72.875 Pa.

Cálculo de la entropía interna estado 2 fase vapor.

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{s_{2vap} - 0,618}{0,620 - 0,618} \quad (Ec. 4)$$

$$\frac{10,57 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{s_{2vap} - 0,618}{0,620 - 0,618}$$

$$s_{2vap} = 0,61923 \frac{Btu}{lb^{\circ}F}$$

Se multiplica por el factor 4,1868 para obtener en unidades del Sistema Internacional, tabla # 13:

$$s_{2vap} = 0,61923 \frac{Btu}{lb^{\circ}F} * 4,1868$$

$$s_{2vap} = 2,593 \frac{kJ}{k^{\circ}K}$$

Cálculo de la fracción de vapor o Calidad X para cada fase:

Para la fase líquido estado 2:

$$X_{liq} = \frac{s_{1liq} - s_{2liq}}{s_{2vap} - s_{2liq}} \quad (Ec. 6)$$

$$s_{1liq}: 1,66 \frac{J}{kg K}$$

$$s_{1vap}: 2,465 \frac{J}{kg K}$$

$$s_{2liq}: 0,688 \frac{J}{kg K}$$

$$s_{2vap}: 2,593 \frac{J}{kg K}$$

Reemplazando valores:

$$X_{liq} = \frac{1,66 - 0,688}{2,593 - 0,688}$$

$$X_{liq} = 0,511$$

Para la fase vapor estado 2:

$$X_{vap} = \frac{s_{1vap} - s_{2liq}}{s_{2vap} - s_{2liq}} \quad (Ec. 6)$$

$$X_{vap} = \frac{2,465 - 0,688}{2,593 - 0,688}$$

$$X_{vap} = 0,933$$

Cálculo de la entalpía para el estado 2 fase líquido h_{2liq}

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{h_{2liq} - 74}{77 - 74} \quad (Ec. 4)$$

$$\frac{10,57 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{h_{2liq} - 74}{77 - 74}$$

$$h_{2liq} = 75,85 \frac{Btu}{lb}$$

Se multiplica por el factor 2.326 para obtener en unidades del Sistema Internacional, tabla # 13:

$$h_{2liq} = 75,85 \frac{Btu}{lb} * 2.326$$

$$h_{2liq} = 176.427,044 \frac{J}{kg}$$

Cálculo de la entalpía para el estado 2 fase vapor h_{2vap}

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{h_{2vap} - 259,5}{261 - 259,5} \quad (Ec. 4)$$

$$\frac{10,57 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{h_{2vap} - 259,5}{261 - 259,5}$$

$$h_{2vap} = 260,424 \frac{Btu}{lb}$$

Se multiplica por el factor 2.326 para obtener en unidades del Sistema Internacional, tabla # 13:

$$h_{2vap} = 260,424 \frac{Btu}{lb} * 2.326$$

$$h_{2vap} = 605.746,025 \frac{J}{kg}$$

Cálculo del volumen específico para el estado 2 en sus dos fases; líquido y vapor: v_{2liq} v_{2vap} considerando los valores del anexo # 1:

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{v_{2liq} - 0,02703}{0,02717 - 0,02703} \quad (Ec. 4)$$

$$\frac{10,57 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{v_{2liq} - 0,02703}{0,02717 - 0,02703}$$

$$v_{2liq} = 0,02712 \frac{pie^3}{lb}$$

Para obtener en unidades del Sistema Internacional, se multiplica por el factor 0,06242 según tabla # 13:

$$v_{2liq} = 0,02712 \frac{pie^3}{lb} * 0,06242$$

$$v_{2liq} = 1,693 * 10^{-3} \frac{m^3}{kg}$$

Cálculo del volumen específico para el estado 2 fases vapor: v_{2vap}

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{v_{2vap} - 8,70}{9,93 - 8,70} \quad (Ec. 4)$$

$$\frac{10,57 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{v_{2vap} - 8,70}{9,93 - 8,70}$$

$$v_{2vap} = 9,458 \frac{pie^3}{lb}$$

Para obtener en unidades del Sistema Internacional, se multiplica por el factor 0,06242 según tabla # 13:

$$v_{2vap} = 9,458 \frac{pie^3}{lb} * 0,06242$$

$$v_{2vap} = 0,59034 \frac{m^3}{kg}$$

Cálculo de la energía interna en $\frac{J}{kg}$ en el estado 2 para las dos fases.

Fase líquido:

$$u_{2liq} = (1 - X_{liq})h_{2liq} + X_{liq} h_{2vap} - (1 - X_{liq}) P_0 v_{2liq} - X_{liq} P_0 v_{2vap} \quad (Ec. 5)$$

Dónde:

u_{2liq} : Energía interna en el estado expandido o estado 2 fase líquido en $\frac{J}{kg}$

h_{2liq} : Entalpía específica en el estado 2 fase líquido = $176.422,044 \frac{J}{kg}$

$$h_{2vap}: \text{Entalpía específica en el estado 2 fase vapor} = 605.746,025 \frac{J}{kg}$$

$$v_{2liq}: \text{Volumen específico en el estado 2 fase líquido} = 1,693 * 10^{-3} \frac{m^3}{kg}$$

$$v_{2vap}: \text{Volumen específico en el estado 2 fase vapor} = 0,59042 \frac{m^3}{kg}$$

$$X_{liq}: \text{Fracción de vapor en el estado 2 fase líquido} = 0,511 \text{ (adimensional)}$$

$$P_0 = 72.875 \text{ Pa}$$

Reemplazando valores:

$$u_{2liq} = (1 - X_{liq})h_{2liq} + X_{liq} h_{2vap} - (1 - X_{liq}) P_0 v_{2liq} - X_{liq} P_0 v_{2vap} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$u_{2liq} = (1 - 0,511) * 176.427,1 + 0,511 * 605.746,025 - (1 - 0,511) * 72.875 * 1,693 * 10^{-3} - (0,511 * 72.875 * 0,59034)$$

$$u_{2liq} = 3,74 * 10^5 \frac{J}{kg}$$

Cálculo de la energía interna en $\frac{J}{kg}$ en el estado 2 para la fase vapor:

$$u_{2vap} = (1 - X_{vap})h_{2liq} + X_{vap} h_{2vap} - (1 - X_{vap}) P_0 v_{2liq} - X_{vap} P_0 v_{2vap} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

$$u_{2vap}: \text{Energía interna en el estado expandido o estado 2 fase vapor en } \frac{J}{kg}$$

$$X_{vap}: \text{Fracción de vapor en el estado dos fase vapor}$$

$$h_{2liq} = 176.422,044 \frac{J}{kg}$$

$$h_{2vap} = 605.746,025 \frac{J}{kg}$$

$$P_0 = 72.875 \text{ Pa}$$

$$v_{2liq} = 1,693 * 10^{-3} \frac{m^3}{kg}$$

$$v_{2vap} = 0,59042 \frac{m^3}{kg}$$

$$X_{vap} = 0,933 \text{ (adimensional)}$$

Reemplazando valores:

$$u_{2vap} = (1 - X_{vap})h_{2liq} + X_{vap} h_{2vap} - (1 - X_{vap}) P_0 v_{2liq} - X_{vap} P_0 v_{2vap} \quad (Ec. 5)$$

$$u_{2vap} = (1 - 0,933) * 176.427,1 + 0,933 * 605.746,025 - (1 - 0,933) * 72.875 * 1,693 * 10^{-3} - (0,933 * 72.875 * 0,59034)$$

$$u_{2vap} = 5,37 * 10^5 \frac{J}{kg}$$

La masa de líquido en el recipiente de GLP se obtiene en función del volumen del cilindro, del líquido (99,5% de 4 m³), es decir casi en su totalidad líquido, y del volumen específico en el estado 1 fase líquido.

$$m_{1liq} = \frac{0,995 * V}{v_{1liq}} \quad (Ec. 7)$$

Donde:

m_{1liq} : Masa del líquido en el recipiente (estado 1) en kg

V : Volumen del recipiente en m³

v_{1liq} : Volumen específico del líquido en el estado 1

$$v_{1liq} = 2,224 \frac{m^3}{kg}$$

$$V: 4 m^3$$

Reemplazando valores:

$$m_{1liq} = \frac{0,995 * V}{v_{1liq}} \quad (Ec. 7)$$

$$m_{1liq} = \frac{0,995 * 4}{2,224 * 10^{-3}}$$

$$m_{1liq} = 1.789,57 kg$$

La masa del vapor en el recipiente se obtiene de la misma forma que en el caso del líquido.

$$m_{1vap} = \frac{0,005 * V}{v_{1vap}} \quad (Ec. 7)$$

Donde:

m_{1vap} : Masa del vapor en el recipiente (estado 1) en kg

V : Volumen del recipiente en m^3

v_{1vap} : Volumen específico del vapor en el estado 1

$$v_{1vap} = 2,817 * 10^{-2} \frac{m^3}{kg}$$

$$V: 4 m^3$$

Reemplazando valores:

$$m_{1vap} = \frac{0,005 * V}{v_{1vap}}$$

$$m_{1vap} = \frac{0,005 * 4}{2,817 * 10^{-2}}$$

$$m_{1vap} = 0,71 \text{ kg}$$

La energía total liberada E_{av} se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$E_{av} = (m_{1liq} u_{1liq} + m_{1vap} u_{1vap}) - (m_{1liq} u_{2liq} + m_{1vap} u_{2vap}) \text{ J} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

E_{av} : Es la energía total liberada en la explosión expresada en Julios.

m_{1liq} : Es la masa del líquido en el estado inicial en kg. = $1,789 * 10^3 \text{ kg}$

u_{1liq} : Es la energía interna en el estado 1 fase líquido J/kg = $4,201 * 10^5 \text{ J/kg}$

m_{1vap} : Es la masa del vapor en el estado inicial en kg. = $0,71 \text{ kg}$

u_{1vap} : Es la energía interna en el estado 1 fase vapor J/kg = $6,62 * 10^5 \text{ J/kg}$

u_{2liq} : Es la energía interna en el estado 2 fase líquido J/kg = $3,73 * 10^5 \text{ J/kg}$

u_{2vap} : Es la energía interna en el estado 2 fase vapor J/kg = $5,36 * 10^5 \text{ J/kg}$

Reemplazando:

$$E_{av} = (1,789 * 10^3 * 4,201 * 10^5 + 0,71 * 6,62 * 10^5) - (1,789 * 10^3 * 3,73 * 10^5 + 0,71 * 5,36 * 10^5) \text{ J}$$

$$E_{av} = 8,31 * 10^7 J$$

Determinación de la energía efectiva de la onda de presión E_x en (J)

Los recipientes de GLP se encuentra elevados 1,32 metros sobre el suelo, a partir de la distancia (Z) aproximada de 5 m, (gráfico # 11), el ángulo de visión del recipiente es inferior a 15°. Esta consideración se hace en base a la tabla # 7, en el Método Baker para el cálculo de energía efectiva además se considera un factor fijo de 2, por lo tanto, se debe usar un factor A_{sb} igual a 2 consecuentemente la energía efectiva de la onda de presión es:

$$E_{exp} = A_{sb} * E_{av} \quad (Ec. 8)$$

Dónde:

E_{exp} : Energía efectiva de la onda de presión en Julios.

A_{sb} : Factor por ángulo de visión del recipiente inferior a 15° (gráfico # 11)

E_{av} : Es la energía total liberada en la explosión expresada en Julios.

Reemplazando valores:

$$E_{exp} = 2 * 8,31 * 10^7$$

$$E_{exp} = 1,66 * 10^8 J$$

Determinación de la sobrepresión y del impulso considerando las distancias donde se encuentra el recipiente afectado.

Cálculo de la distancia – energía escalada, R'

$$R' = z \left(\frac{P_0}{E_{exp}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (Ec. 9)$$

Donde:

R' : Distancia-energía escalada (adimensional), se lo obtiene en función de la distancia de la explosión al sitio que se considere de afectación, de la energía efectiva de la onda de presión y de la presión atmosférica del sitio donde se produciría la explosión. R' es un valor comprendido entre 10^{-2} hasta 10^3 .

P_0 : Presión atmosférica en el lugar de la explosión en Pascales, para el ejercicio se utiliza la presión atmosférica de la ciudad de Ambato puesto que allí se encuentra la empresa Agrocueros S.A. motivo de la investigación y cuyo valor es igual a 72.875 Pa.

Z : Distancia en metros del recipiente al punto que se desea considerar afectado por la explosión.

En el caso que se analiza se considera los siguientes valores: 8, 10, 12.5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 68,4, 75, 100, 150 y 200 metros.

E_{exp} : Energía efectiva de la onda de presión en (J).

4.2 Cálculos para una distancia estimada de 8 metros

$$R' = 8 \left(\frac{72.875}{1,66 * 10^8} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (Ec. 9)$$

$$R' = 0,61$$

4.2.1 Determinación de la sobrepresión escalada P' e impulso escalado i'

Con R' se determina la sobrepresión escalada P' (adimensional) de acuerdo a los valores del gráfico # 12 que corresponde a:

Para un $R' = 0,61$ se tiene un valor de:

$$P' = 1,0$$

Con valor de R' igual 0,61 obtenido del gráfico # 12, se determina el impulso escalado i' (adimensional) de acuerdo a los valores del gráfico # 13 corresponde a un valor de:

$$i' = 0,0750$$

4.2.2 Ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado

Para hacer el ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado se considera la forma del recipiente y su ubicación respecto del suelo.

Al ser recipientes cilíndricos y estar ubicados próximos al piso y por lo tanto los efectos aumentan, los resultados obtenidos de sobrepresión escalada (P'_1) y de impulso de escalada (i') debe multiplicarse por los factores de ajuste de las tablas # 6 y 7 respectivamente, es decir dependen de la geometría y ubicación de los recipientes.

Por lo tanto la sobrepresión escalada es:

$$P'_1 = P' * 1,6 * 2 \quad (Ec. 10)$$

Donde:

P'_1 : Sobrepresión escalada considerando forma del recipiente y ubicación (adimensional).

P' : Sobrepresión escalada (adimensional).

Factores: 1,6 y 2 por forma geométrica del recipiente y su ubicación respecto al suelo, tomados de las tablas # 6 y # 7.

$$P'_1 = 1,0 * 1,6 * 2$$

$$P'_1 = 3,2$$

Ajuste del impulso escalado:

$$i'_1 = i' * 1,1 * 1,6 \quad (Ec. 11)$$

Donde:

i'_1 : Impulso escalado considerando forma y ubicación del recipiente (adimensional).

i' : Impulso escalado (adimensional).

Factores: 1,1 y 1,6 por forma geométrica del recipiente y su ubicación respecto al suelo, tomados de las tablas # 6 y # 7.

$$i'_1 = 7,5 * 10^{-2} * 1,1 * 1,6$$

$$i'_1 = 1,132$$

4.2.3 Cálculo de la sobrepresión estática P_s en Pa (Pascuales)

La sobrepresión estática se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P_s = P_0 * P'_1 \quad (Ec. 12)$$

Donde:

P_s : Sobrepresión estática en Pa

P_0 : Presión atmosférica en la ciudad de Ambato en Pa

P'_1 : Sobrepresión de escalada (adimensional)

$$P'_1 = 3,2 \text{ calculada}$$

$$P_s = 72.875 \text{ Pa} * 3,2$$

$$P_s = 233.200 \text{ Pa}$$

4.2.4 Cálculo del impulso mecánico i , en Pa.s

El impulso mecánico se calcula de acuerdo con (Díaz, 2006), con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{i'_1 P_0^{\frac{2}{3}} E_{exp}^{\frac{1}{3}}}{C_0} \quad (Ec. 13)$$

Donde:

i : Impulso mecánico de la onda en Pa . s

i'_1 : Impulso escalado en (adimensional)

P_0 : Presión atmosférica en la ciudad de Ambato en Pa.

E_{exp} : Energía efectiva de la onda de presión al momento del estadillo en J.

C_0 : Velocidad del sonido: 340 m/s

Reemplazando valores:

$$i = \frac{0,132 (72.875)^{\frac{2}{3}} * (1,66 * 10^8)^{\frac{1}{3}}}{340}$$

$$i = 372,30 \text{ Pa . s}$$

4.2.5 Cálculo del número probit (Y)

Para determinar consecuencias a 8 metros del sitio de la explosión, el número probit (Y) se determina de acuerdo a (NTP 921 Turmo Sierra, 1991): Modelos de Vulnerabilidad de las Personas por Accidentes Mayores: Método Probit. En la tabla # 8 se detallan todos los números probit y sus respectivos porcentajes, lo que permite determinar las afectaciones a personas y a edificaciones.

Muerte por lesiones pulmonares

La ecuación probit para determinar el porcentaje de muertes por hemorragia pulmonar es la siguiente:

$$Y = -77,1 + 6,91 * \ln P_s \quad (Ec. 14)$$

Donde:

Y: número probit

P_s : Sobrepresión estática en Pa

$$Y = -77,1 + 6,91 * \ln 233.200$$

$$Y = 8,31$$

Mediante la tabla # 8 se obtiene el respectivo porcentaje de afectación, que para este número probit corresponde al 100%.

Rotura de tímpano

El porcentaje de afectados por rotura de tímpano se determina por la ecuación:

$$Y = -15,6 + 1,93 * \ln P_s \quad (Ec. 15)$$

Donde:

P_s : Sobrepresión estática en Pa

$$Y = -15,6 + 1,93 * \ln 233.200$$

$$Y = 8,254$$

Mediante la tabla # 8 se obtiene el respectivo porcentaje de afectación, que para este caso corresponde al 100% de afectados.

Daños estructurales menores en edificios

El porcentaje de daños estructurales menores en edificios se determina por la ecuación:

$$Y = 5 - 0,26 * \ln S \quad (Ec. 16)$$

$$S = \left(\frac{4.600}{P_s}\right)^{3,9} + \left(\frac{110}{i}\right)^5$$

Donde:

P_s : Sobrepresión estática en Pa

i : Impulso mecánico de la onda en Pa.s

$$Y = 5 - 0,26 * \ln S \quad (Ec. 16)$$

$$S = \left(\frac{4.600}{P_s}\right)^{3,9} + \left(\frac{110}{i}\right)^5$$

$$S = \left(\frac{4.600}{233.200}\right)^{3,9} + \left(\frac{110}{372,3}\right)^5$$

$$Y = 6,59$$

Mediante la tabla # 8 se obtiene el respectivo porcentaje de afectación, que para este caso corresponde al 94% de afectación.

Daños estructurales mayores en edificios

El porcentaje de daños estructurales mayores en edificios se determina por la ecuación:

$$Y = 5 - 0,26 * \ln S \quad (Ec. 17)$$

$$S = \left(\frac{17.500}{P_s}\right)^{8,4} + \left(\frac{290}{i}\right)^{9,3}$$

Donde:

P_s : Sobrepresión estática en Pa

i : Impulso mecánico de la onda en Pa.s

$$Y = 5 - 0,26 * \ln S \quad (Ec. 17)$$

$$S = \left(\frac{17.500}{233.200}\right)^{8,4} + \left(\frac{290}{372,3}\right)^{9,3}$$

$$Y = 5,58$$

Mediante la tabla # 8 se obtiene el respectivo porcentaje de afectación, que para este caso corresponde al 73%.

Colapso de edificios

El porcentaje de colapso de edificios se determina por la ecuación:

$$Y = 5 - 0,22 * \ln S \quad (Ec. 18)$$

$$S = \left(\frac{40.000}{P_s}\right)^{7,4} + \left(\frac{460}{i}\right)^{11,3}$$

Donde:

P_s : Sobrepresión estática en Pa

i : Impulso mecánico de la onda en Pa.s

$$Y = 5 - 0,22 * \ln S \quad (Ec. 18)$$

$$S = \left(\frac{40.000}{233.200}\right)^{7,4} + \left(\frac{460}{372,3}\right)^{11,3}$$

$$Y = 4,48$$

Mediante la tabla # 8 se obtiene el respectivo porcentaje de afectación, que para este caso corresponde al 30%.

Rotura de vidrios

El porcentaje de rotura de vidrios se determina con la ecuación:

$$Y = -18,1 + 2,79 * \ln P_s \quad (Ec. 19)$$

Donde:

P_s : Sobrepresión estática en Pa

$$Y = -18,1 + 2,79 * \ln 233.200$$

$$Y = 16,38$$

Con la tabla # 8 se obtiene el porcentaje de afectación, corresponde al 100%.

El mismo procedimiento se sigue para el cálculo de sobrepresión e impulso, simplemente reemplazando la distancia z en la ecuación número 9. A partir de estos valores se calcula la sobrepresión escalada, el impulso escalado, la sobrepresión estática, el impulso mecánico utilizando las ecuaciones 10, 11, 12 y 13 respectivamente.

Con los datos calculados y aplicando las ecuaciones 14, 15, 16, 17, 18 y 19 se obtiene el número probit y se determina afectaciones para distancias de: 10, 12.5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 68.4, 75, 100, 150 y 200 metros.

La tabla # 14 contiene los resultados obtenidos de los cálculos antes mencionados, considerando la explosión de un recipiente.

Tabla # 14: Resumen de valores calculados, en función de la distancia, considerando la explosión de un recipiente.

CUADRO RESUMEN											
<i>DISTANCIA (m)</i>	<i>R'</i>	<i>P'</i>	<i>i'</i>	Factor 1	Factor 2	<i>P'</i> ₁	Factor 1	Factor 2	<i>i'</i> ₁	<i>P_s (Pa)</i>	<i>i (Pa.s)</i>
8,00	0,61	1,000	0,0750	1,6	2,0	3,200	1,10	1,60	0,132	233200,000	372,3
10,00	0,76	0,700	0,0650	1,6	2,0	2,240	1,10	1,60	0,114	163240,000	322,6
12,50	0,95	0,500	0,0500	1,6	2,0	1,600	1,10	1,60	0,088	116600,000	248,2
15,00	1,14	0,400	0,0450	1,6	1,1	0,704	1,10	1,00	0,050	51304,000	139,6
20,00	1,52	0,250	0,0350	1,6	1,1	0,440	1,10	1,00	0,039	32065,000	108,6
25,00	1,90	0,140	0,0250	1,6	1,1	0,246	1,00	1,00	0,025	17956,400	70,5
30,00	2,28	0,100	0,0200	1,6	1,1	0,176	1,00	1,00	0,020	12826,000	56,4
31,00	2,36	0,098	0,0190	1,6	1,1	0,172	1,00	1,00	0,019	12569,480	53,6
40,00	3,04	0,070	0,0150	1,6	1,1	0,123	1,00	1,00	0,015	8978,200	42,3
48,00	3,65	0,055	0,0130	1,4	1,1	0,085	1,00	1,00	0,013	6172,513	36,7
50,00	3,80	0,050	0,0120	1,4	1,1	0,077	1,00	1,00	0,012	5611,375	33,8
56,30	4,28	0,045	0,0115	1,4	1,1	0,069	1,00	1,00	0,012	5050,238	32,4
60,00	4,56	0,040	0,0110	1,4	1,1	0,062	1,00	1,00	0,011	4489,100	31,0
68,00	5,17	0,037	0,0100	1,4	1,1	0,057	1,00	1,00	0,010	4152,418	28,2
75,00	5,70	0,035	0,0090	1,4	1,1	0,054	1,00	1,00	0,009	3927,963	25,4
100,00	7,60	0,025	0,0070	1,4	1,1	0,039	1,00	1,00	0,007	2805,688	19,7
116,00	8,82	0,023	0,0050	1,4	1,1	0,035	1,00	1,00	0,005	2581,233	14,1
135,00	10,26	0,016	0,0030	1,4	1,1	0,025	1,00	1,00	0,003	1795,640	8,5
150,00	11,40	0,080	0,0020	1,4	1,1	0,123	1,00	1,00	0,002	897,800	5,6
Elaborado por: El investigador											

Las tablas 15, 16, 17, 18, 19 y 20 contienen el número probit calculado y el porcentaje de muertes por lesiones pulmonares, rotura de tímpano, daños estructurales menores en edificios, colapso de edificios y rotura de vidrios para las distancias en las que se afectarían con la explosión de un recipiente.

Tabla # 15: Porcentaje de fatalidades, Determinado en función de las distancias, provocado por la explosión de un recipiente.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 1 P_s (Pa)	Y PROBIT	% MUERTE
8,0	233.200	8,31	100,00
10,0	163.240	5,84	80,00
12,5	116.600	3,52	7,00
15,0	51.304	-2,16	0,00

Elaborado por: **El Investigador**

Tabla # 16: Afectados con rotura de tímpano. Determinado en función de las distancias debido a la explosión de un recipiente.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 1 P_s (Pa)	Y PROBIT	% ROTURA DE TIMPANO
8,0	233.200	8,25	100,00
10,0	163.240	7,57	99,00
12,5	116.600	6,92	97,00
15,0	51.304	5,33	63,00
20,0	32.065	4,42	28,00
25,0	17.956	3,31	4,00
30,0	12.826	-2,66	0,00

Elaborado por: **El Investigador**

Tabla # 17: Porcentaje de daños estructurales menores, en función de las distancias debido a la explosión de un recipiente.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 1 P_s (Pa)	IMPULSO i (Pa. s)	Y PROBIT	% DAÑOS MENORES
8,0	233.200	372,3	6,59	94,00
10,0	163.240	322,6	6,40	92,00
12,5	116.600	248,2	5,94	83,00
15,0	51.304	139,6	5,32	62,00
20,0	32.065	108,6	5,03	51,00
25,0	17.956	70,5	4,43	28,00
30,0	12.826	56,4	4,12	19,00
40,0	8.978	42,3	3,75	11,00
50,0	5.611	33,8	3,47	6,00
60,0	4.489	31,0	3,35	4,00
75,0	3.928	25,4	3,07	2,60
100,0	2.806	19,7	2,78	1,20
135,0	1.796	8,5	1,59	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 18: Porcentaje de daños estructurales mayores, en función de las distancias debido a la explosión de un recipiente.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 1 P_s (Pa)	IMPULSO i (Pa. s)	Y PROBIT	% DAÑOS MAYORES
8,0	233.200	372,3	5,58	73,00
10,0	163.240	322,6	5,25	60,00
12,5	116.600	248,2	4,40	27,00
15,0	51.304	139,6	3,25	4,00
20,0	32.065	108,6	2,72	1,00
25,0	17.956	70,5	1,60	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 19: Porcentaje de colapso de edificios, en función de las distancias debido a la explosión de un recipiente.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 1 P_s (Pa)	IMPULSO i (Pa. s)	Y PROBIT	% COLAPSO
8,0	233.200	372,3	4,48	30,00
10,0	163.240	322,6	4,16	20,00
12,5	116.600	248,2	2,23	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 20: Porcentaje de rotura de cristales, en función de las distancias debido a la explosión de un recipiente.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 1 P_s (Pa)	Y PROBIT	% ROTURA VIDRIOS
8,0	233.200	16,38	100,0
10,0	163.240	15,39	100,0
12,5	116.600	14,45	100,0
15,0	51.304	12,16	100,0
20,0	32.065	10,85	100,0
25,0	17.956	9,23	100,0
30,0	12.826	8,29	100,0
40,0	8.978	7,30	99,0
50,0	5.611	5,98	84,0
60,0	4.489	5,36	64,0
75,0	3.928	4,99	50,0
100,0	2.806	4,05	17,0
135,0	1.796	2,81	1,7

Elaborado por: El Investigador

La posibilidad del estallido de un solo recipiente es poco probable, los eventos de incendio y explosión de un solo tanque contamina generalmente a los demás depósitos, por lo tanto se determina los efectos de explosión de dos y tres recipientes.

Las tablas 21, 22, 23, 24, 25 y 26 contienen el número probit calculado y el porcentaje de muertes por lesiones pulmonares, rotura de tímpano, daños estructurales menores en edificios, colapso de edificios y rotura de vidrios para las distancias en las que se afectarían con la explosión de dos recipientes. Los valores de sobrepresión e impulso se detallan en el anexo # 6.

Tabla # 21: Porcentaje de fatalidades, en función de las distancias debido a la explosión de dos recipientes.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 2 <i>Ps (Pa)</i>	Y PROBIT	% MUERTE
8,0	466.400	13,09	100,00
10,0	326.480	10,63	100,00
12,5	233.200	8,31	100,00
15,0	102.608	2,63	1,00
20,0	64.130	-0,62	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 22: Porcentaje de afectados por rotura de tímpano, en función de las distancias debido a la explosión de dos recipientes.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 2 <i>Ps (Pa)</i>	Y PROBIT	% ROTURA DE TIMPANO
8,0	466.400	9,59	100,00
10,0	326.480	8,90	100,00
12,5	233.200	8,25	100,00
15,0	102.608	6,67	95,00
20,0	64.130	5,76	78,00
25,0	35.913	4,64	36,00
30,0	25.652	3,99	15,00
40,0	17.956	3,31	4,50
50,0	11.223	2,40	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 23: Porcentaje de daños estructurales menores, en función de las distancias debido a la explosión de dos recipientes.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 2 P_s (Pa)	IMPULSO i (Pa. s)	Y PROBIT	% DAÑOS MENORES
8,0	466.400	744,5	7,49	99,30
10,0	326.480	645,3	7,30	99,00
12,5	233.200	496,4	6,96	97,60
15,0	102.608	279,2	6,21	89,00
20,0	64.130	217,2	5,88	81,00
25,0	35.913	141,0	5,32	62,50
30,0	25.652	112,8	5,03	51,00
40,0	17.956	84,6	4,66	36,80
50,0	11.223	67,7	4,37	26,20
60,0	8.978	62,0	4,26	23,00
75,0	7.856	50,8	3,99	15,50
100,0	5.611	39,5	3,67	9,00
135,0	3.591	16,9	2,57	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 24: Porcentaje de daños estructurales mayores, en función de las distancias debido a la explosión de dos recipientes.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 2 P_s (Pa)	IMPULSO i (Pa. s)	Y PROBIT	% DAÑOS MAYORES
8,0	466.400	744,5	7,28	98,60
10,0	326.480	645,3	6,93	97,50
12,5	233.200	496,4	6,30	90,30
15,0	102.608	279,2	4,91	46,50
20,0	64.130	217,2	4,30	24,20
25,0	35.913	141,0	3,26	4,20
30,0	25.652	112,8	2,72	1,30

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 25: Porcentaje de colapso de edificios, en función de las distancias debido a la explosión de dos recipientes.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 2 <i>Ps (Pa)</i>	IMPULSO <i>i (Pa.s)</i>	Y PROBIT	% COLAPSO
8,0	466.400	744,5	6,20	88,60
10,0	326.480	645,3	5,84	80,00
12,5	233.200	496,4	5,19	57,50
15,0	102.608	279,2	3,76	10,80
20,0	64.130	217,2	3,13	3,30
25,0	35.913	141,0	2,06	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 26: Porcentaje de rotura de cristales, en función de las distancias debido a la explosión de dos recipientes.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 2 <i>Ps (Pa)</i>	Y PROBIT	% ROTURA VIDRIOS
8,0	466.400	18,32	100,00
10,0	326.480	17,32	100,00
12,5	233.200	16,38	100,00
15,0	102.608	14,09	100,00
20,0	64.130	12,78	100,00
25,0	35.913	11,16	100,00
30,0	25.652	10,23	100,00
40,0	17.956	9,23	100,00
50,0	11.223	7,92	99,80
60,0	8.978	7,30	99,00
75,0	7.856	6,92	97,00
100,0	5.611	5,98	84,00
135,0	3.591	4,74	40,00
150,00	1.796	2,81	2,00

Elaborado por: El Investigador

Las tablas 27, 28, 29, 30, 31 y 32 contienen el número probit calculado y el porcentaje de muertes por lesiones pulmonares, rotura de tímpano, daños estructurales

menores en edificios, colapso de edificios y rotura de vidrios para las distancias en las que se afectarían con la explosión de tres recipientes.

Tabla # 27: Porcentaje de fatalidades, en función de las distancias debido a la explosión de tres recipientes.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 3 P_s (Pa)	Y PROBIT	% MUERTE
8,00	699.600	15,90	100,00
10,00	489.720	13,43	100,00
12,50	349.800	9,56	100,00
15,00	153.912	5,08	53,00
20,00	96.195	2,20	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 28: Porcentaje de afectados por rotura de tímpano, en función de las distancias debido a la explosión de tres recipientes.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 3 P_s (Pa)	Y PROBIT	% ROTURA DE TIMPANO
8,0	699.600	10,37	100,00
10,0	489.720	9,69	100,00
12,5	349.800	9,04	100,00
15,0	153.912	7,45	99,30
20,0	96.195	6,55	94,00
25,0	53.869	5,43	67,00
30,0	38.478	4,78	41,00
40,0	26.935	4,09	18,20
50,0	16.834	3,18	3,50
60,0	13.467	2,75	1,00
75,0	11.784	2,49	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 29: Porcentaje de daños estructurales menores, en función de las distancias debido a la explosión de tres recipientes.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 3 <i>Ps (Pa)</i>	IMPULSO <i>i (Pa. s)</i>	Y PROBIT	% DAÑOS MENORES
8,0	699.600	1116,8	8,01	99,90
10,0	489.720	967,9	7,83	99,70
12,5	349.800	744,5	7,49	99,30
15,0	153.912	418,8	6,74	90,60
20,0	96.195	325,7	6,41	90,20
25,0	53.869	211,5	5,85	80,00
30,0	38.478	169,2	5,56	71,10
40,0	26.935	126,9	5,19	57,00
50,0	16.834	101,5	4,90	46,00
60,0	13.467	93,1	4,78	41,00
75,0	11.784	76,1	4,52	32,00
100,0	8.417	59,2	4,20	21,00
135,0	5.387	25,4	3,09	2,80
150,0	2.693	16,9	2,57	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 30: Porcentaje de daños estructurales mayores, en función de las distancias debido a la explosión de tres recipientes.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 3 <i>Ps (Pa)</i>	IMPULSO <i>i (Pa. s)</i>	Y PROBIT	% DAÑOS MAYORES
8,0	699.600	1116,8	8,26	100,00
10,0	489.720	967,9	7,91	99,80
12,5	349.800	744,5	7,28	98,00
15,0	153.912	418,8	5,89	81,00
20,0	96.195	325,7	5,28	61,00
25,0	53.869	211,5	4,24	22,30
30,0	38.478	169,2	3,70	10,00
40,0	26.935	126,9	3,00	2,30
50,0	16.834	101,5	2,46	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 31: Porcentaje de colapso de edificios, en función de las distancias debido a la explosión de tres recipientes.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 3 <i>Ps (Pa)</i>	IMPULSO <i>i (Pa. s)</i>	Y PROBIT	% COLAPSO
8,0	699.600	1116,8	7,21	98,50
10,0	489.720	967,9	6,85	96,80
12,5	349.800	744,5	6,20	88,40
15,0	153.912	418,8	4,77	41,00
20,0	96.195	325,7	4,14	10,50
25,0	53.869	211,5	3,07	2,60
30,0	38.478	169,2	2,51	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 32: Porcentaje de rotura de cristales, en función de las distancias debido a la explosión de tres recipientes.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION 3 <i>Ps (Pa)</i>	Y PROBIT	% ROTURA VIDRIOS
8,00	699.600	19,45	100,0
10,00	489.720	18,45	100,0
12,50	349.800	17,51	100,0
15,00	153.912	15,22	100,0
20,00	96.195	13,91	100,0
25,00	53.869	12,30	100,0
30,00	38.478	11,36	100,0
40,00	26.935	10,36	100,0
50,00	16.834	9,05	100,0
60,00	13.467	8,43	100,0
75,00	11.784	8,05	99,9
100,00	8.417	7,12	98,2
135,00	5.387	5,87	81,0
150,00	2.693	3,94	15,0

Elaborado por: El Investigador

4.3 Cálculo en caso de explosión del vehículo cisterna

Gráfico # 18: Vehículo cisterna de abastecimiento



Fuente: Empresa Congas

Un punto crítico que debe tomarse en cuenta es el período de descarga desde el vehículo cisterna hacia los tanques de GLP de la empresa Agrocueros S.A. se lo hace a través de manguera y tubería con un caudal de 127,66 litros por minuto.

El riesgo radica en que el vehículo se estaciona en la parte exterior de la empresa en la calle César Augusto Salazar, como se puede observar en el gráfico # 19, con circulación de vehículos y personas, estando expuesto a que exista una fuente de ignición y ante una mínima fuga de GLP podría originarse un accidente mayor, dicha posibilidad no se desestima por lo tanto se incluye en este trabajo el análisis de una eventual explosión del vehículo cisterna cuya capacidad es de 8.000 kilogramos lo que representa 14.680 litros de GLP.

4.3.1 Cálculo del volumen del recipiente.

La longitud del tanque cisterna es de 4 metros, el diámetro aproximado es de 2,4 metros, por lo tanto, el volumen sería:

$$V = \pi r^2 * h \quad (\text{Ec. 20})$$

$$V = \pi 1,2^2 * 4$$

$$V = 18,1 \text{ m}^3$$

Por lo tanto el volumen teórico del vehículo cisterna es de 18,1 m³. La empresa distribuidora del GLP (Congas) determina que la capacidad del tanque cisterna es de 8.000 kilogramos, considerando la densidad del gas de 0,545 (dato de Congas), significa 14.679 litros, es decir 14,68 m³ de GLP líquido.

Las condiciones iniciales son similares a los recipientes estacionarios de la empresa Agrocueros, por lo tanto los parámetros relacionados con el volumen específico, energías internas en sus dos estados (inicial y explosivo) y en sus correspondientes fases (líquido y vapor) son las mismas.

4.3.2 Determinación de energía total liberada y energía efectiva

Volumen total del recipiente de GLP: 14,68 m³

Presión de diseño del recipiente (P₁): 1.723 kPa o su equivalente en el Sistema Inglés 250 lb/pulg² (psi). Dato dado por la empresa Congas.

La masa del líquido en la cisterna se obtiene a partir del volumen ocupado del cilindro por el líquido, 95% del volumen 14,68 m³ (por seguridad no se llena todo su capacidad) y del volumen específico calculado en el estado inicial.

$$v_{1liq} = 2,2245 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$m_{1liq} = \frac{0,995 * V}{v_{1liq}} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

m_{1liq} : Masa del líquido en la cisterna (estado inicial) en kg

V : Volumen de real de la cisterna en m^3

v_{1liq} : Volumen específico del líquido en el estado inicial

$$V = 14,68 \text{ m}^3$$

$$v_{1liq} = 2,2245 * 10^{-3} \frac{m^3}{kg}$$

Reemplazando valores:

$$m_{1liq} = \frac{0,95 * V}{v_{1liq}} \quad (\text{Ec. 7})$$

$$m_{1liq} = \frac{0,995 * 14,68}{2,224 * 10^{-3}}$$

$$m_{1liq} = 6.648,27 \text{ kg}$$

La masa del vapor en el tanque cisterna se obtiene de la misma forma que en el caso del líquido.

$$m_{1vap} = \frac{0,005 * V}{v_{1vap}} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

m_{1vap} : Masa del vapor en el tanque cisterna (estado inicial) en kg

V : Volumen total de la cisterna en m^3

v_{1vap} : Volumen específico del vapor en el estado inicial

$$V = 14,68 \text{ m}^3$$

$$v_{1vap} = 2,817 * 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Reemplazando valores:

$$m_{1vap} = \frac{0,005 * V}{v_{1vap}}$$

$$m_{1vap} = \frac{0,005 * 14,68}{2,817 * 10^{-2}}$$

$$m_{1vap} = 2,64 \text{ kg}$$

La energía total liberada E_{av} se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$E_{av} = (m_{1liq} u_{1liq} + m_{1vap} u_{1vap}) - (m_{1liq} u_{2liq} + m_{1vap} u_{2vap}) \text{ J}$$

(Ec. 1)

Donde:

E_{av} : Es la energía total liberada en la explosión expresada en Julios.

m_{1liq} : Es la masa del líquido en el estado inicial en kg. = 6.648,27 kg

u_{1liq} : Es la energía interna en el estado 1 fase líquido J/kg = 4,201 * 10⁵ J/kg

m_{1vap} : Es la masa del vapor en el estado inicial en kg. = 2,64 kg

u_{1vap} : Es la energía interna en el estado 1 fase vapor J/kg = 6,62 * 10⁵ J/kg

u_{2liq} : Es la energía interna en el estado 2 fase líquido J/kg = 3,73 * 10⁵ J/kg

u_{2vap} : Es la energía interna en el estado 2 fase vapor $J/kg = 5,36 * 10^5 J/kg$

Reemplazando:

$$E_{av} = (6.648,27 * 4,201 * 10^5 + 2,64 * 6,62 * 10^5) \\ - (6.648,27 * 3,73 * 10^5 + 2,64 * 5,36 * 10^5) J$$

$$E_{av} = 3,11 * 10^8 J$$

Cálculo de la energía efectiva de la onda de presión E_x en (J).

El tanque cisterna de GLP se encuentra elevado 1,10 m sobre el suelo, a partir de una distancia aproximada de 4,10 m, el ángulo de visión del recipiente es inferior a 15° , por lo tanto, se debe usar un factor A_{sb} igual a 2.

Por lo tanto la energía efectiva de la onda de presión es:

$$E_{exp} = A_{sb} * E_{av} \tag{Ec. 8}$$

Reemplazando valores:

$$E_{exp} = 2 * 3,11 * 10^8$$

$$E_{exp} = 6,22 * 10^8 J$$

Determinación de la sobrepresión y del impulso considerando las distancias donde se encuentra el recipiente afectado.

Cálculo de la distancia – energía escalada, R'

$$R' = z \left(\frac{P_0}{E_{exp}} \right)^{\frac{1}{3}} \tag{Ec. 9}$$

Donde:

R' : Distancia-energía escalada (adimensional). R' es un valor comprendido entre 10^{-2} hasta 10^3 .

P_0 : Presión atmosférica en la ciudad de Ambato el valor es igual a 72.875 Pa.

Z: Distancia en metros desde el vehículo cisterna al punto que se desea considerar afectado por la explosión. En este caso se analiza las siguientes distancias: 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200 y 250 metros. A distancia menores a 10 metros la fatalidades y daños son el 100%.

4.3.3 Cálculo para una distancia estimada de 10 metros

$$R' = z \left(\frac{P_0}{E_{exp}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (Ec. 9)$$

$$R' = 10 \left(\frac{72.875}{6,22 * 10^8} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$R' = 0,489$$

Determinación de sobrepresión escalada P' e impulso escalado i'

Con R' se calcula la Sobrepresión escalada (P') de acuerdo a los valores del gráfico # 14 que corresponde a:

Para un $R' = 0,489$ se tiene un valor de

$$P' = 1,5$$

Con R' se determina el impulso de escalada i' de acuerdo a los valores del gráfico # 13 que corresponde a un valor de:

$$i' = 0,09$$

Este valor es adimensional (gráfico # 13 o anexo # 3)

Ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado considerando la forma del recipiente y su ubicación

$$P'_1 = P' * 1,6 * 2 \quad (Ec. 10)$$

Factores: 1,6 y 2 por forma geométrica del recipiente y su ubicación respecto al suelo, tomados de las tablas # 6 y # 7.

$$P'_1 = 1,5 * 1,6 * 2$$

$$P'_1 = 4,8$$

Ajuste del impulso escaldado:

$$i'_1 = i' * 1,1 * 1,6 \quad (Ec. 11)$$

Factores: 1,1 y 1,6 por forma geométrica del recipiente y su ubicación respecto al suelo, tomados de las tablas # 6 y # 7.

$$i'_1 = 0,09 * 1,1 * 1,6$$

$$i'_1 = 0,158$$

Cálculo de la sobrepresión estática P_s en Pa (Pascales)

$$P_s = P_0 * P'_1 \quad (\text{Díaz Alonso pág. 241}) \quad (Ec. 12)$$

$$P_s = 72.875 \text{ Pa} * 4,8$$

$$P_s = 349.800 \text{ Pa}$$

Cálculo del impulso mecánico i , en Pa.s

$$i = \frac{i'_1 P_0^{\frac{2}{3}} E_{exp}^{\frac{1}{3}}}{c_0} \quad (\text{Díaz Alonso pág. 241}) \quad (Ec. 13)$$

Reemplazando valores:

$$i = \frac{0,158 (72.875)^{\frac{2}{3}} * (6,22 * 10^8)^{\frac{1}{3}}}{340}$$

$$i = 693,80 \text{ Pa.s}$$

Cálculo del número Probit (Y) para determinar consecuencias a 10 metros del sitio de la explosión

Muerte por lesiones pulmonares.

$$Y = -77,1 + 6,91 * \ln P_s \quad (\text{Ec. 14})$$

$$Y = -77,1 + 6,91 * \ln 349.800$$

$$Y = 11,11$$

Mediante la tabla # 8 se obtiene el respectivo porcentaje de afectación, que para este caso corresponde al 100% de afectación.

Rotura de tímpano

$$Y = -15,6 + 1,93 * \ln P_s \quad (\text{Ec. 15})$$

$$Y = -15,6 + 1,93 * \ln 349.800$$

$$Y = 9,04$$

Mediante la tabla # 8 se obtiene el respectivo porcentaje de afectación, que para este caso corresponde al 100% de afectación.

Daños estructurales menores en edificios

$$Y = 5 - 0,26 * \ln S \quad (\text{Ec. 16})$$

$$S = \left(\frac{4.600}{P_s}\right)^{3,9} + \left(\frac{110}{i}\right)^5$$

$$S = \left(\frac{4.600}{348.800} \right)^{3,9} + \left(\frac{110}{693,8} \right)^5$$

$$Y = 7,39$$

Mediante la tabla # 8 se obtiene el respectivo porcentaje de afectación, que para este caso corresponde al 99,1%.

Daños estructurales mayores en edificios

$$Y = 5 - 0,26 * \ln S \quad (Ec. 17)$$

$$S = \left(\frac{17.500}{P_s} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{i} \right)^{9,3}$$

$$S = \left(\frac{17.500}{348.800} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{693,8} \right)^{9,3}$$

$$Y = 7,11$$

Mediante la tabla # 8 se obtiene el respectivo porcentaje de afectación, que para este caso corresponde al 98%.

Colapso de edificios

$$Y = 5 - 0,22 * \ln S \quad (Ec. 18)$$

$$S = \left(\frac{40.000}{P_s} \right)^{7,4} + \left(\frac{460}{i} \right)^{11,3}$$

$$S = \left(\frac{40.000}{349.800} \right)^{7,4} + \left(\frac{460}{693,88} \right)^{11,3}$$

$$Y = 6,02$$

Mediante la tabla # 8 se obtiene el respectivo porcentaje de afectación, que para este caso corresponde al 85%.

Rotura de vidrios

$$Y = -18,1 + 2,79 * \ln P_s \quad (Ec. 19)$$

$$Y = -18,1 + 2,91 * \ln 349.800$$

$$Y = 17,51$$

Según la tabla # 8 a $Y = 17,51$ corresponde un porcentaje de afectación del 100%.

Las tablas 33, 34, 35, 36, 37 y 38 contienen el número Probit calculado y el porcentaje de muertes, rotura de tímpano, daños y/o colapso de edificios, para las distancias en las que se afectan con la explosión del tanque cisterna.

Tabla # 33: Porcentaje de fatalidades, en función de las distancias debido a la explosión del tanque cisterna.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION P_s (Pa)	Y PROBIT	% MUERTE
10,0	349.800	11,11	100,0
20,0	81.620	1,05	0,0

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 34: Porcentaje de afectados por rotura de tímpano, en función de las distancias debido a la explosión del tanque cisterna.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION P_s (Pa)	Y PROBIT	% ROTURA DE TIMPANO
10,00	349.800	9,04	100,00
20,00	81.620	6,23	89,00
30,00	32.065	4,42	28,00
50,00	12.826	2,66	1,00
75,00	6.173	1,24	0,00

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 35: Porcentaje de daños estructurales menores, en función de las distancias debido a la explosión del tanque cisterna.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION <i>P_s (Pa)</i>	IMPULSO <i>i (Pa. s)</i>	Y PROBIT	% DAÑOS MENORES
10,00	349.800	693,8	7,39	99,1
20,00	81.620	385,5	6,63	95,0
30,00	32.065	192,7	5,73	77,0
50,00	12.826	87,6	4,70	38,0
75,00	6.173	65,7	4,33	25,0
100,00	4.489	43,8	3,80	11,0
150,00	2.806	30,7	3,34	5,0
200,00	2.245	21,9	2,90	2,0
250,00	561	8,8	1,71	0,0

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 36: Porcentaje de daños estructurales mayores, en función de las distancias debido a la explosión del tanque cisterna.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION <i>P_s (Pa)</i>	IMPULSO <i>i (Pa. s)</i>	Y PROBIT	% DAÑOS MAYORES
10,00	349.800	693,8	7,11	98,0
20,00	81.620	385,5	5,69	85,0
30,00	32.065	192,7	4,01	16,0
50,00	12.826	87,6	2,11	0,0

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 37: Porcentaje de colapso de edificios, en función de las distancias debido a la explosión del tanque cisterna.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION P_s (Pa)	IMPULSO i (Pa. s)	Y PROBIT	% COLAPSO
10,00	349800	693,84	6,02	85,0
20,00	81620	385,47	4,56	33,0
30,00	32065	192,73	2,84	1,0
50,00	12826	87,61	0,88	0,0

Elaborado por: El Investigador

Tabla # 38: Porcentaje de rotura de cristales, en función de las distancias debido a la explosión del tanque cisterna.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION P_s (Pa)	Y PROBIT	% ROTURA VIDRIOS
10,00	349.800	17,51	100,0
20,00	81.620	13,45	100,0
30,00	32.065	10,85	100,0
50,00	12.826	8,29	100,0
75,00	6.173	6,25	89,0
100,00	4.489	5,36	64,0
150,00	2.806	4,05	17,0
200,00	2.245	3,43	6,0

Elaborado por: El Investigador

4.4 Análisis de los resultados

De acuerdo a datos obtenidos de accidentes por explosiones, se ha determinado que en el caso de producirse el estallido de un recipiente de GLP se provoca lo que se conoce con el nombre de “efecto dominó” es decir se produce la explosión de los tres recipientes de GLP con los que cuenta la empresa Agrocueros S.A. En el análisis de los resultados se observa las consecuencias del estallido de uno, dos, tres recipientes y del vehículo cisterna, utilizando el Método Probit.

Se considera que las secuelas de las explosiones son mayores en lugares totalmente llanos, si en el entorno del estallido existen protecciones, vegetación, bosques u otros obstáculos, la energía explosiva y la onda de presión se atenúan y por lo tanto los efectos y consecuencias son menores.

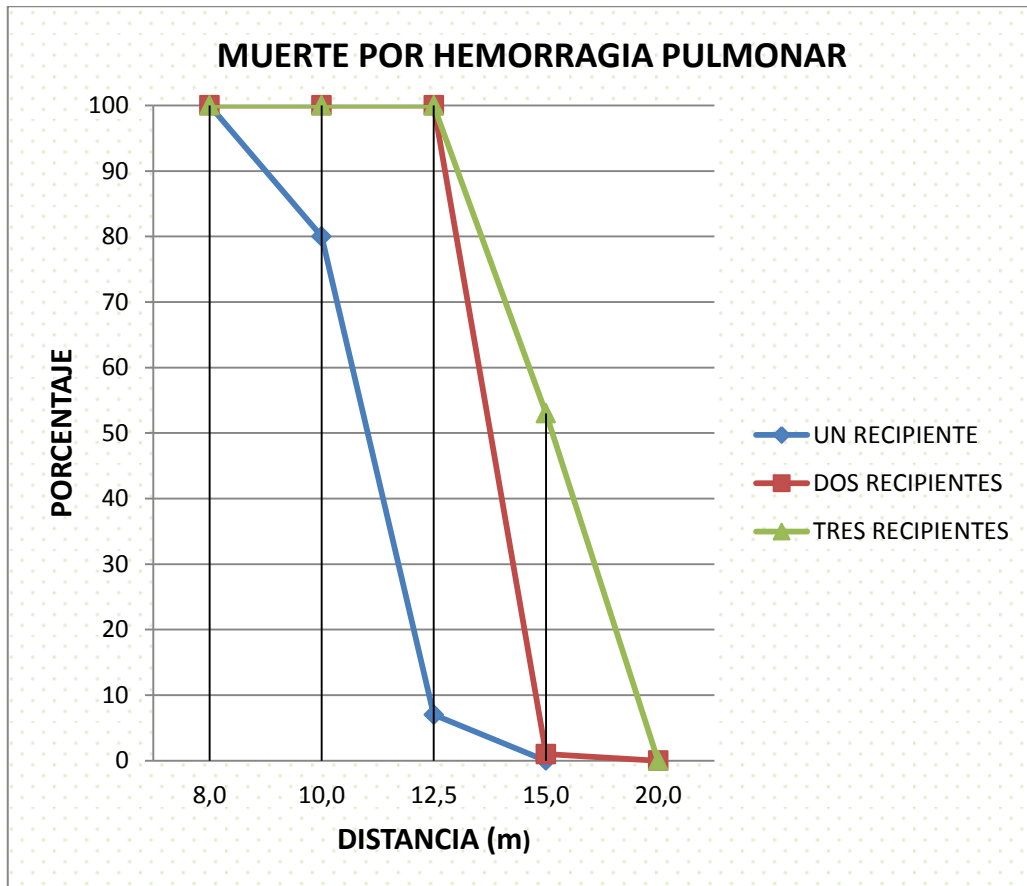
4.4.1 Análisis de fatalidades

En el evento de producirse el estallido de un recipiente, el porcentaje de fatalidades a 8 metros de distancia del sitio de la explosión es del 100%, si se produce la explosión de dos recipientes el 100% de fatalidad es a los 12,5 metros con un número probit de 8,31 y a 15 metros el porcentaje de fatalidad baja al 1% con un número probit de 2,63. Esta diferencia en los porcentajes de debe a que la tabla de valores probit (tabla # 8) tiene como número máximo 8,09 que corresponde al 99,9% y 2,67 que corresponde al 1%; por lo tanto en el análisis de la explosión de dos recipientes una pequeña diferencia en la distancia de 2,5 metros determina una gran diferencia en el porcentaje.

Si la explosión es de los tres recipientes, a 12,5 metros habría el 100% de fatalidades con un número probit de 9,56 y a 15 metros con un número probit de 5,08 existiría un 53% de fatalidades,

En el gráfico # 19 se aprecia el porcentaje de fatalidades por hemorragia interna debido a la explosión de uno, dos y tres recipientes, hasta una distancia de 12,5 metros de la ubicación de los tanques el porcentaje de fatalidades es total, a distancias superiores a 20 metros no existen fatalidades por hemorragia pulmonar.

Gráfico # 19: Porcentaje fatalidades vs. distancia, (recipientes)



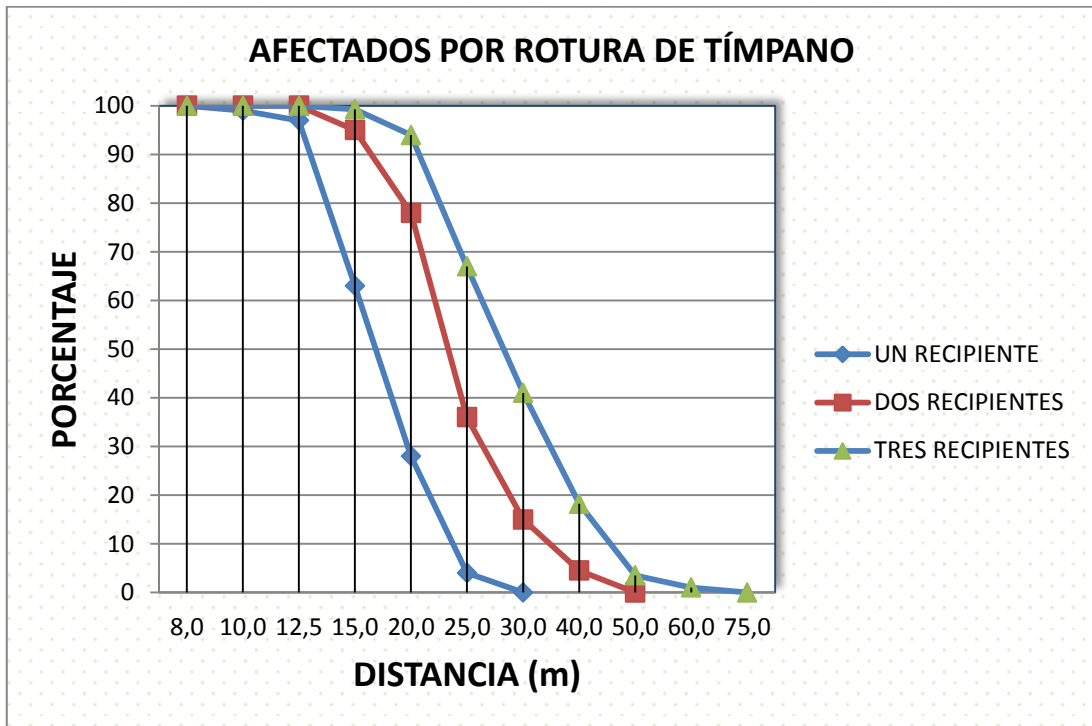
Elaborado por: El investigador

4.4.2 Afectación por rotura de tímpano

El porcentaje de lesionados con rotura de tímpano por la explosión de un recipiente a 8 metros y distancia menores es del 100% y a una distancia de 25 metros existiría un 4% de afectados. En tanto que si la explosión es de dos recipientes a distancias de 12,5 metros e inferiores, el número de afectados es del 100% y a 40 metros de distancia el porcentaje de afectados es del 4,5.

Con la explosión de tres recipientes a 12,5 metros los afectados son el 100% y a 60 metros los afectados son el 1%, con rotura de tímpano, a mayor distancia menor número de lesionados, como se indica en el gráfico # 20. A distancias superiores a 60 metros no hay lesionados por rotura de tímpano, incluso con el estallido de los tres recipientes.

Gráfico # 20: Porcentaje afectados rotura de tímpano vs. distancia, (recipientes)



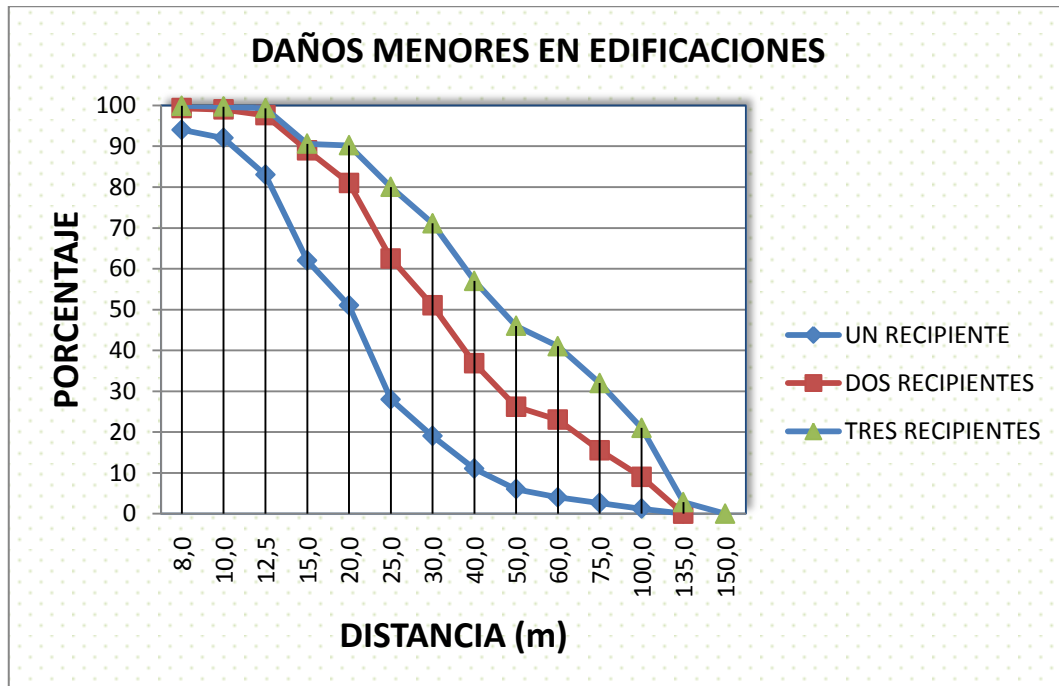
Elaborado por: El investigador

4.4.3 Daños estructurales menores

Entendiéndose por daños estructurales menores el desprendimiento de marcos y tapa marcos de puertas y ventanas, cuarteamiento de paredes a nivel superficial (enlucido), sin comprometer la estructura de la edificación. No se trata en este numeral rotura de vidrios, el mismo que será motivo de un análisis específico en el numeral 4.1.6.

El porcentaje de daños estructurales con la explosión de un recipiente a 8 metros es del 94% y a 100 metros el porcentaje de daños estructurales menores en las construcciones es del 1,2%. Por la explosión de dos recipientes a una distancia de 8 metros el porcentaje de daños estructurales menores es del 99,3% y a una distancia de 100 metros el porcentaje es del 9%. Con la explosión de los tres recipientes a 8 metros de distancia el porcentaje de daños menores es del 99,9%, es decir, prácticamente la totalidad de las construcciones sufrirán los efectos de la explosión y a 135 metros el porcentaje de edificaciones afectadas es del 2,8%, como se indica en el gráfico # 21.

Gráfico # 21: Porcentaje daños menores vs. distancia, (recipientes)



Elaborado por: El investigador

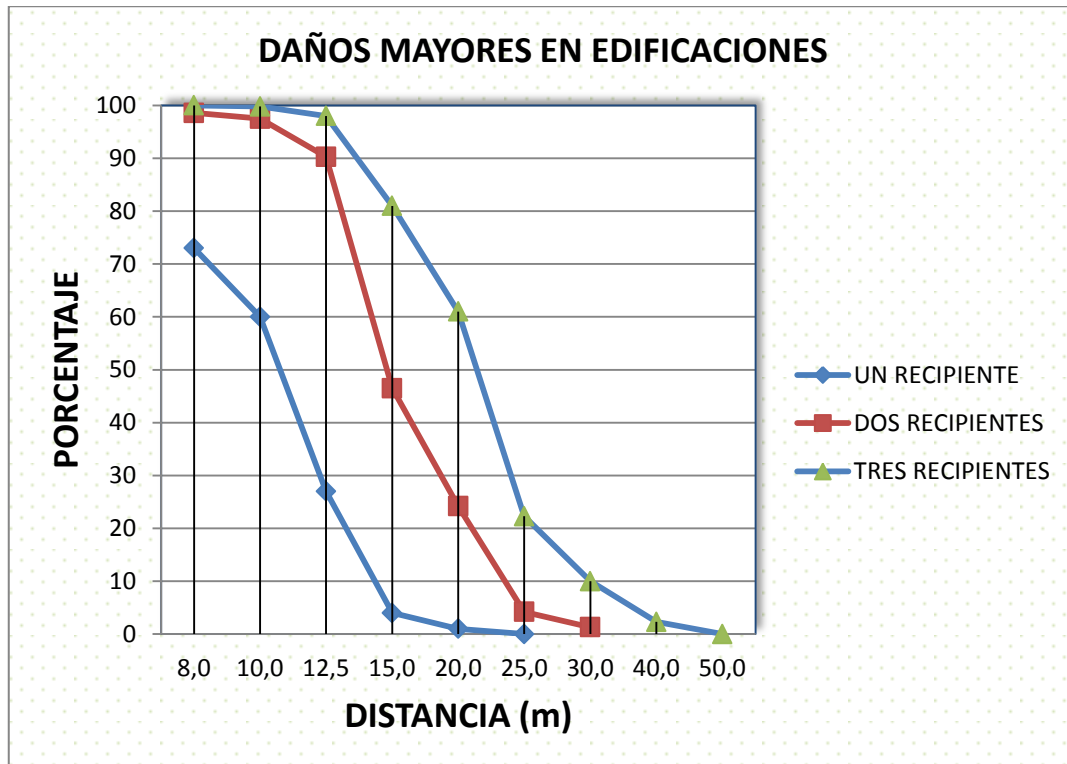
4.4.4 Daños estructurales mayores.

Se consideran daños estructurales mayores a rajaduras en columnas y vigas y cuarteamientos visibles en las paredes a los dos lados. Las edificaciones que han sufrido este tipo de daños tienen que necesariamente ser sometidas a análisis estructurales por peritos en la materia y considerar o no su derrocamiento.

A una distancia de 8 metros y con la explosión de un recipiente el porcentaje de edificaciones afectadas es del 73% y a 20 metros de distancia, el porcentaje de afectación es del 1%. Por la explosión de dos recipientes a una distancia de 8 metros el porcentaje de daños estructurales mayores es del 98,6% y a una distancia de 30 metros el porcentaje es de 1,3%.

Con la explosión de los tres recipientes a 8 metros de distancia el porcentaje de daños mayores es del 100%, es decir, la totalidad de las construcciones sufrirán los efectos de la explosión y a 40 metros el porcentaje de edificaciones afectadas es del 2,3%, como se indica en el gráfico # 22.

Gráfico # 22: Porcentaje daños mayores vs. distancia, (recipientes)



Elaborado por: El investigador

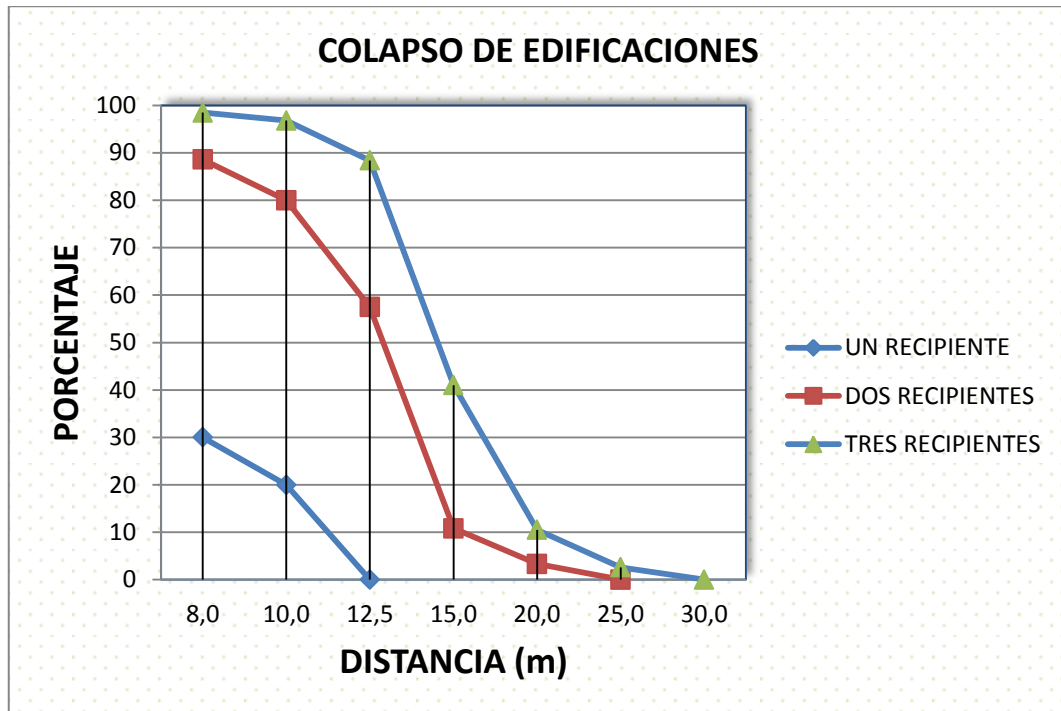
4.4.5 Colapso de edificios.

Con la explosión de un recipiente el porcentaje de edificios colapsados es del 30% a una distancia de 8 metros y a 10 metros el porcentaje de edificios caídos o que tendrán que derroscarse es del 20%.

A 12,5 metros y distancias mayores no existirá colapso de edificios. Con la explosión de dos recipientes a 8 metros de distancia el porcentaje de edificios colapsados es del 88,6% y a 20 metros de distancia el porcentaje es de 3,3%.

Con la explosión de los tres recipientes a una distancia de 8 metros el colapso de edificios es de 98,5%, a una distancia de 25 metros el porcentaje de edificios colapsados es de 2,6% y a 30 metros de distancia se podría deducir que no existirá destrucción de edificaciones y que tengan que derroscarse, como se indica en el gráfico # 23.

Gráfico # 23: Porcentaje colapso edificaciones vs. distancia, (recipientes)



Elaborado por: El investigador

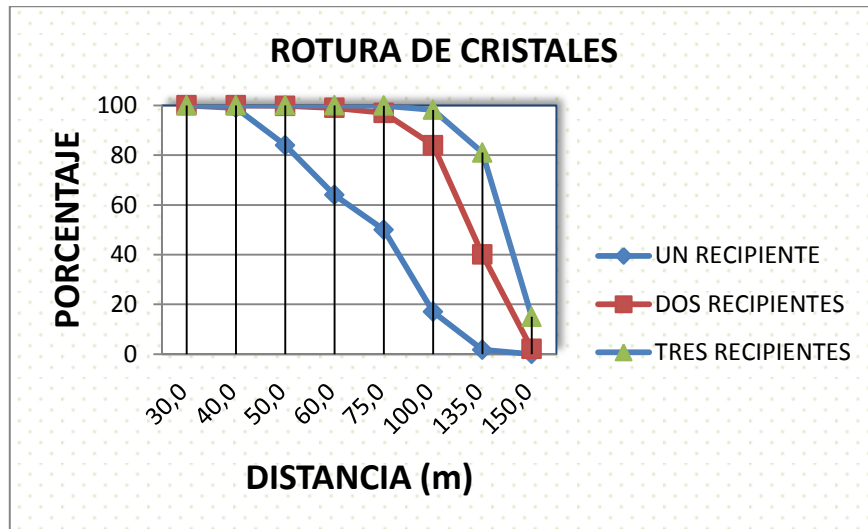
4.4.6 Rotura de cristales

A una distancia de 30 metros e inferiores con la explosión de un recipiente la rotura de cristales es del 100% y a 135 metros de distancia la rotura de cristales es del 1,7%. Con la explosión de dos recipientes a 40 metros de distancia la rotura de cristales es total y a 150 metros el 2% de las edificaciones sufrirán rotura de cristales.

Con la explosión de los tres recipientes a una distancia de 60 metros y menores, todas las edificaciones pueden afectarse con rotura de cristales; y a 150 metros el porcentaje de afectación será del 15%. Como se indica en el gráfico # 24.

En esta estimación se considera el peor de los casos es decir que la explosión se produce en un ambiente que tiene una superficie plana y sin obstáculos, se puede originar una expansión de la energía liberada sin dificultades y que cause el mayor daño posible, al existir terrenos irregulares con vegetación, construcciones u otras trabas los efectos pueden disminuir.

Gráfico # 24: Porcentaje rotura de cristales vs. distancia (recipientes)



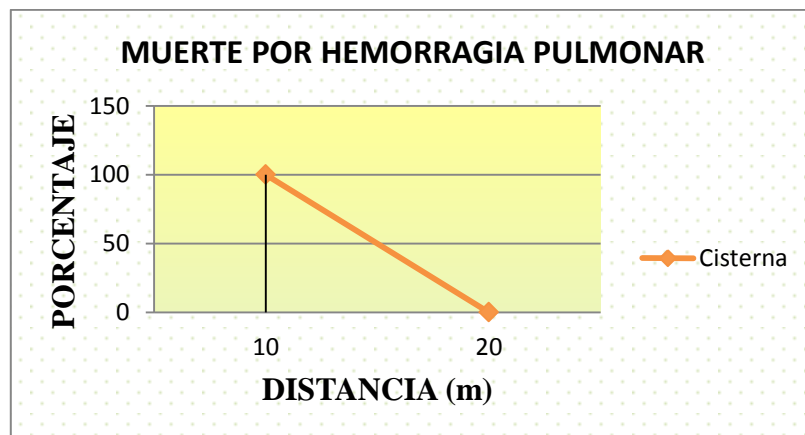
Elaborado por: El investigador

4.4.7 Explosión del tanque cisterna

Es importante hacer el análisis de explosión del tanque cisterna, que aunque remota, existe esa posibilidad por lo que se incluye en este estudio dicho análisis.

El porcentaje de fatalidades se expresan en el gráfico # 25; a una distancia de 10 metros el porcentaje de muertes es total.

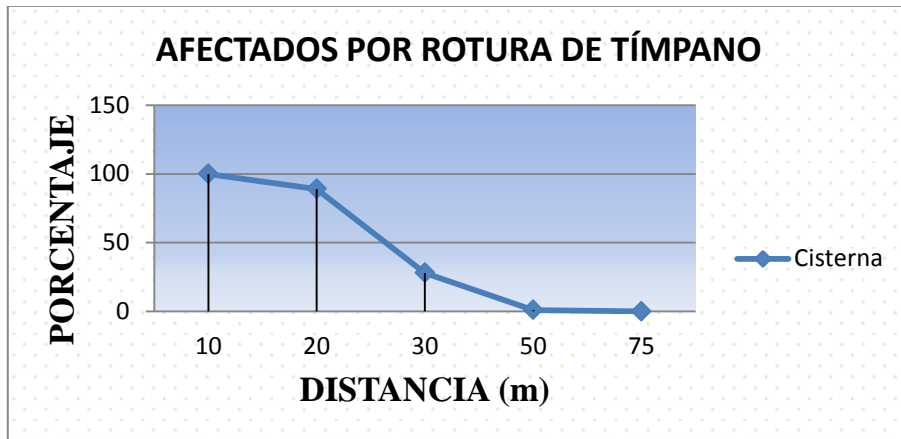
Gráfico # 25: Porcentaje de muerte por hemorragia pulmonar vs. distancia



Elaborado por: El investigador

Con la explosión del tanque cisterna a una distancia de 10 metros y menores, el porcentaje de afectados con rotura de tímpano es del 100%; y a partir de 50 metros el porcentaje de afectación será del 0%, como se indica en el gráfico # 26.

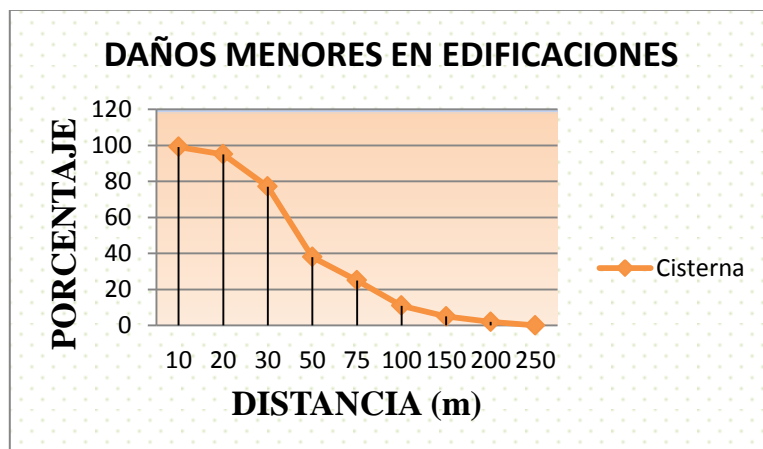
Gráfico # 26: Porcentaje afectados por rotura de tímpano vs. distancia, (cisterna)



Elaborado por: El investigador

Con la explosión del tanque cisterna a 10 metros de distancia el porcentaje de daños menores es del 99,9%, es decir, prácticamente la totalidad de las construcciones sufrirán los efectos de la explosión y a partir de los 250 metros el porcentaje de edificaciones afectadas es del 0%, como se indica en el gráfico # 27.

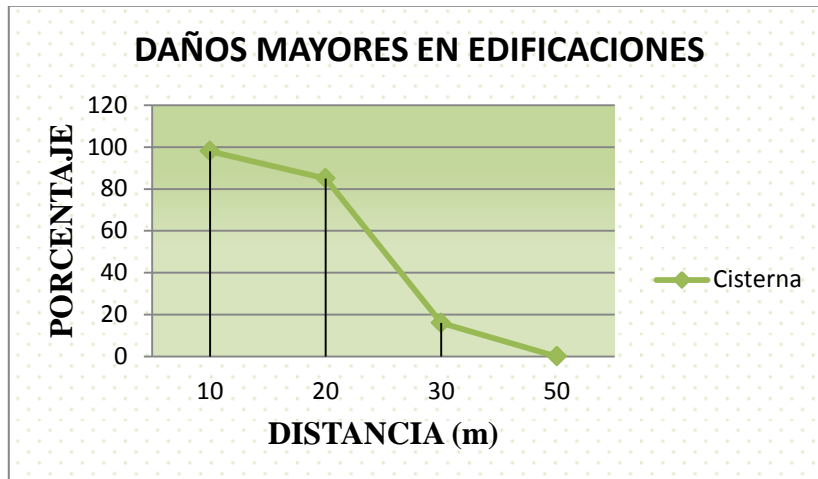
Gráfico # 27: Porcentaje daños menores en edificaciones vs. distancia, (cisterna)



Elaborado por: El investigador

Con la explosión del tanque cisterna a 10 metros de distancia el porcentaje de daños mayores es del 98%, y a partir de 50 metros no hay afectación como se indica en el gráfico # 28.

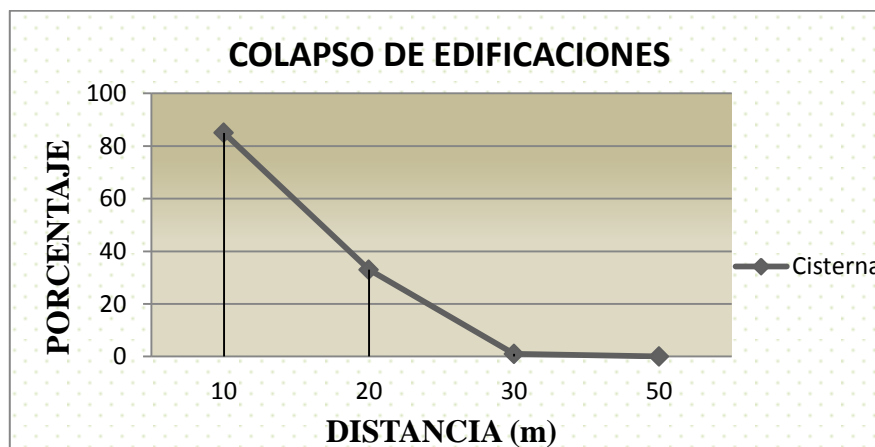
Gráfico # 28: Porcentaje de daños mayores en edificaciones vs. distancia, (cisterna)



Elaborado por: El investigador

Con la explosión del tanque cisterna a 10 metros de distancia el porcentaje de colapso de edificaciones es del 89%, y a partir de los 30 metros el porcentaje de edificaciones colapsadas es del 0%, como se indica en el gráfico # 29.

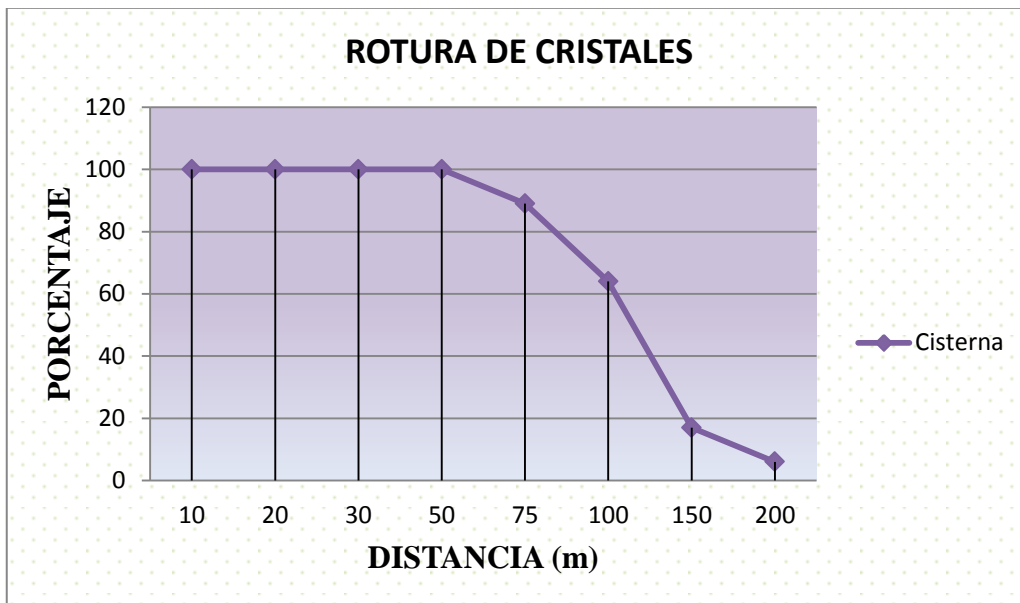
Gráfico # 29: Porcentaje afectados por colapso de edificaciones vs. distancia



Elaborado por: El investigador

Con la explosión del tanque cisterna a 10 metros de distancia el porcentaje de rotura de cristales es del 100%, y a partir de los 200 metros el porcentaje de edificaciones afectadas con rotura de cristales es del 6%, como se indica en el gráfico # 30.

Gráfico # 30: Porcentaje afectados por rotura de cristales vs. distancia, (cisterna)



Elaborado por: El investigador

4.5 Determinación de las zonas de intervención y de alerta

	Límite de Intervención	Límite de Alerta
Sobrepresión	12500 Pa	5000 Pa
Impulso	15000 Pa*s	10000 Pa

Fuente: (Directiva Seveso de la UE, 2010)

Zona de intervención.- Es aquella en la que las consecuencias de los accidentes producen un nivel de daños tanto en las personas como en las construcciones que justifica la aplicación inmediata de medidas de protección. La zona de intervención es la que soporta una sobrepresión de hasta 12.500 Pa. y un impulso de 15.000 Pa * s según la (Directiva Seveso de la UE, 2010).

Zona de alerta.- Es aquella en la que las consecuencias de los accidentes provocan efectos que son perceptibles por la población, no justifican la intervención, excepto para los grupos vulnerables de la población. La zona de alerta es la que llega hasta una sobrepresión de 5.000 Pa. y un impulso de 10.000 Pa * s según la (Directiva Seveso de la UE, 2010). En el gráfico # 31 se detallan las zonas de intervención y de alerta por la explosión de los tres recipientes.

Los valores referenciales para establecer las Zonas de planificación en el caso de producirse una explosión de los recipientes de GLP de las características de los utilizados en la empresa Agrocueros S.A. de acuerdo a (De Nevers, 2000) y luego de haber definido las magnitudes que permiten definir estas zonas esto es: la sobrepresión y el impulso mecánico, considerando que se provocaría el “efecto dominó” se definen las distancias, medidas a partir del sitio del siniestro:

Estallido de tres recipientes

Zona de intervención: Sobrepresión: 13.467 Pa, límite de intervención: 65 metros

Zona de alerta: Sobrepresión: 5.387 Pa, límite de intervención: 135 metros. Las zonas de intervención y alerta se detallan en el Anexo # 5.

Estallido de vehículo cisterna

Zona de intervención: Sobrepresión: 12.826 Pa, límite de intervención: 50 metros

Zona de alerta: Sobrepresión: 4.489 Pa, límite de intervención: 100 metros

Según el (Ministerio del Ambiente, 2012) da el siguiente procedimiento para los casos de peligros potenciales de gases – inflamables por:

Derrame grande

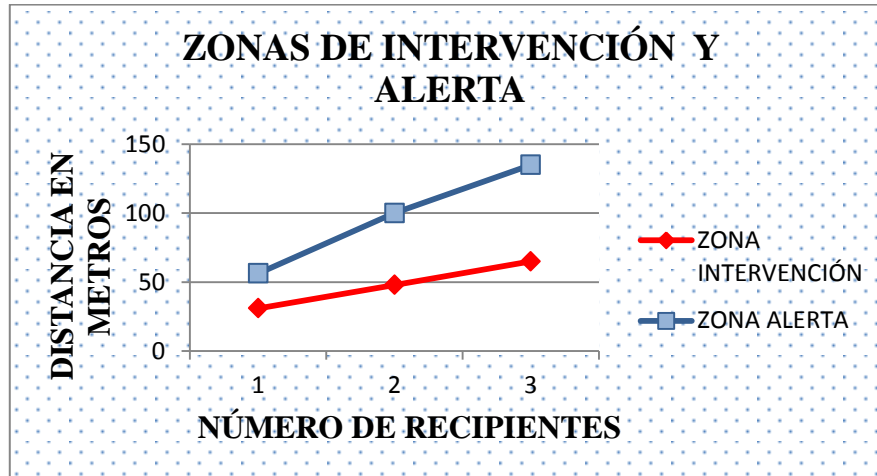
“Considere la evacuación inicial a favor del viento de por lo menos 800 metros”.

Incendio

“Si un tanque, carro de ferrocarril, o autotanque está involucrado en un incendio, AISLE a la redonda a 1600 metros (1 milla) también, considere la evacuación inicial a la redonda a 1600 metros (1 milla)”.

El vehiculo cisterna que suministra de GLP a la empresa Agrocueros S.A. es un autotanque de gran volúmen de gas inflamable, por lo tanto aplica la normativa dada en esta guía.

Gráfico # 31: Zonas de intervención y alerta vs. número de recipientes



Elaborado por: El investigador

Tabla # 39: Porcentaje de afectaciones por explosión del vehículo cisterna

CUADRO RESUMEN

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION P_s (Pa)	IMPULSO i (Pa. s)	% MUERTE	% ROTURA DE TIMPANO	% DAÑOS MENORES	% DAÑOS MAYORES	% COLAPSO	% ROTURA VIDRIOS
10,00	349800	693,8	100,0	100,0	99,1	98,0	85,0	100,0
20,00	81620	385,5	0,0	89,0	95,0	85,0	33,0	100,0
30,00	32065	192,7		28,0	77,0	16,0	1,0	100,0
50,00	12826	87,6		1,0	38,0	0,0	0,0	100,0
75,00	6173	65,7		0,0	25,0			89,0
100,00	4489	43,8			11,0			64,0
150,00	2806	30,7			5,0			17,0
200,00	2245	21,9			2,0			6,0
250,00	561	8,8			0,0			

Elaborado por: El investigador

4.6 Interpretación de datos

Las zonas de intervención y alerta establecidas considerando la explosión de los depósitos de GLP y del vehículo cisterna indican que habrá afectación hasta una área de 200 metros a la redonda del sitio del siniestro, dentro de esta distancia está involucrada toda la infraestructura de la empresa y numerosas viviendas del entorno cercano. Se debe resaltar que los parámetros están calculados para un terreno sin obstáculos, al ser un espacio con numerosa construcciones, muros y alguna vegetación las consecuencias se atenúan.

Un evento poco probable sería la explosión simultánea de los recipientes y del vehículo cisterna, en ese caso se debe acatar la disposición del (Ministerio del Ambiente, 2012) especificada en la Guía de respuesta en caso de emergencia para gases inflamables por derrame grande: evacuar a favor del viento hasta un radio de 800 metros; y en caso de incendio: aislar y evacuar a 1600 metros a la redonda.

Gráfico # 32: Abastecimiento de GLP desde vehículo cisterna



Fuente: Instalaciones empresa Agrocueros S.A.

Tabla # 40: Estimación del riesgo

Incendio/explosión	% Fatalidades	% Rotura de tímpano	% Daños mayores	Calificación del riesgo
a 8 metros	100	100	100	Intolerable
a 10 metros	100	100	99,8	Intolerable
a 12,5 metros	100	100	98	Intolerable
a 15 metros	53	99,3	81	Intolerable
a 20 metros	0,00	94	61	Intolerable
a 25 metros	0,00	67	22,3	Intolerable
a 40 metros	0,00	18,2	2,3	Importante
a 50 metros	0,00	3,50	0,00	Importante

Elaborado por: El investigador

Comprobación de la hipótesis

Hipótesis: ¿Los factores de riesgo por explosión inciden significativamente en las instalaciones de la empresa Agrocueros S. A. y zonas aledañas?

Variable independiente:

Riesgo de accidente mayor por explosión.

Variable dependiente:

Instalaciones de la empresa y zonas aledañas.

Se comprueba la hipótesis ya que luego del estudio se determina que existe riesgo de accidente mayor por explosión y las zonas de afectación alcanzan un radio de 200 metros considerando el sitio de almacenamiento de los tanques de GLP de la empresa Agrocueros S.A. Con los datos determinados se concluye que el riesgo de accidente mayor si influye en las instalaciones de la empresa Agrocueros S.A. y en zonas aledañas produciendo fatalidades y rotura de tímpano, hasta una distancia de 50 metros, por lo que el riesgo se califica como INTOLERABLE.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Al determinar los valores de sobrepresión, impulso mecánico, y la energía efectiva, generados por la explosión de los recipientes de GLP utilizados en el sistema de almacenamiento de la empresa Agrocueros S.A. se obtiene que el porcentaje de afectados a una distancia de 10 metros las fatalidades son del 100 % es decir las víctimas son trabajadores y residentes cercanos, existen afectados por rotura de tímpano hasta distancias de 30 metros, daños estructurales y rotura de vidrios hasta a 250 metros de distancia del sitio del siniestro, lo que precisa tomar acciones destinadas a controlar los riesgos y mitigar los efectos.
- Al determinar las zonas vulnerables ante la explosión de los tres recipientes y el estallido del vehículo cisterna, utilizando la Directiva Seveso. Se mantiene la regla de que a mayor distancia el efecto disminuye, las consecuencias en los dos casos son: muerte por hemorragia pulmonar, rotura de tímpano, esto afecta tanto a los trabajadores como a los residentes cercanos de hasta 200 metros del sitio del siniestro.
- Plantear la gestión técnica de prevención a riesgos de explosión por fuga de GLP, de acuerdo a la legislación ecuatoriana, la guía del Ministerio del Ambiente y en los casos que amerite la normativa internacional.

5.2 Recomendaciones

- Aplicar la gestión técnica de seguridad para riesgo de explosión que esté conforme a los requerimientos del Cuerpo de Bomberos, del Ministerio del Ambiente, del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social y del Ministerio de Relaciones Laborales.

- Elaborar un plan de emergencia, diseñando un mapa de evacuación que indique las rutas de salida y escape en caso de presentarse una emergencia por incendio y/o explosión.
- Plantear un programa de capacitación y concientización para el personal que labora en la empresa y para los residentes en un radio no menor de 250 metros a partir de la ubicación de los recipientes de GLP.
- En coordinación con los directivos de la empresa se debe invitar al Cuerpo de Bomberos del cantón Ambato para que instruyan a los habitantes del sector la forma de actuar frente a una eventual emergencia por incendio o explosión.
- Esta empresa y todas las industrias que utilicen en sus procesos volúmenes grandes de gas licuado de petróleo, o cualquier otro combustible, deben ser reubicadas en el Parque Industrial o en cualquier otro lugar que, en caso de desastre la afectación no involucre a otras personas y edificaciones.
- En caso de que la empresa concrete la reubicación de sus instalaciones se recomienda hacer una actualización del estudio en función del entorno en el que se ubique.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Tema

“Programa de Prevención de Accidente Mayor para el sistema de suministro, almacenamiento y abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo en la empresa Agrocueros S. A.”

6.2 Antecedentes

El programa de prevención está orientado en dos aspectos: el de prevenir posibles fugas de GLP para evitar incendios y/o explosiones y el presentar planes de capacitación y de emergencia para actuar en caso de siniestro.

Con esta visión la propuesta plantea la reducción del riesgo en cada una de las etapas con la implementación de un sistema de detección de GLP, el plan de emergencia, el plan de capacitación al personal de la empresa e involucrar a los residentes cercanos, y la mitigación de las consecuencias en caso de producirse el accidente mayor.

A nivel mundial son innumerables los percances suscitados por la falta de acuciosidad en el uso del GLP, por lo que proponer medidas preventivas o paliativas que den mayores seguridades en el desempeño laboral y en el caso que se analiza evitar daños mayores a los residentes cercanos y a las edificaciones dentro de las zonas de intervención y de alerta.

La empresa Agrocueros S.A. cumple con los requisitos normales exigidos por la legislación ecuatoriana vigente y con estándares internacionales: (NTE INEN 2 260, 2008), (Código ASME, 2010), y (Real Decreto 681/2003), en lo relacionado a prevención y seguridad en instalaciones y depósitos de grandes volúmenes de gas licuado de petróleo.

Ante el estallido de tres recipientes se determina una zona de intervención: 65 metros, la zona de alerta es de 135 metros.

En el caso de estallido del vehículo cisterna, la zona de intervención es de 200 metros y la zona de alerta es de 250 metros.

Existen fatalidades hasta a una distancia cercana a los 20 metros, afectación a las personas por rotura de tímpanos a 50 metros del lugar del siniestro y daños en las edificaciones ubicadas hasta a 150 metros del lugar de almacenamiento de GLP.

En esta propuesta se plantea algunas opciones para que esta empresa o similares las tengan en cuenta y se evite consecuencias mayores de presentarse un siniestro, por lo que básicamente se orienta a acciones y precauciones para evitar la consecución de un siniestro.

En el presente trabajo de investigación, se determina que la ubicación actual de la empresa no es la adecuada, por el hecho de estar rodeada de numerosas viviendas, se encuentran también más de una docena de empresas de diferente actividad, que con el siniestro de una de ellas, podrían involucrarse el resto de industrias por el “efecto dominó”. Por lo que una de las primeras propuestas que se debe mencionar en este documento es que esta empresa y todas las del sector se trasladen a los sitios que el Ilustre Municipio del cantón Ambato ha destinado para que las industrias desarrollen sus actividades sin riesgo para la población.

6.3 Datos informativos

Institución ejecutora: Empresa Agrocueros S.A.

Beneficiarios: Accionistas, empleados de la empresa, visitantes, residentes del sector en una área de hasta 250 metros de radio desde la ubicación de la empresa.

Ubicación: Av. Panamericana Norte Km 6 y ½ sector El Pisque y César Augusto Salazar, ciudad Ambato, provincia de Tungurahua.

Responsable: Ing. Álvaro Libreros Gerente General

Equipo técnico responsable: Ing. Jorge Álvarez y Comité de Seguridad Industrial de la empresa.

Financiamiento: Recursos propios de la empresa Agrocueros S.A.

6.4 Justificación

Determinadas las zonas de intervención y alerta ante la posibilidad del estallido de los tres recipientes y del vehículo cisterna, conviene proponer las medidas adecuadas para mitigar los efectos tanto en las personas y en las edificaciones.

Las consecuencias de un estallido serían lamentables para la empresa, ya que no afectaría solamente al personal que allí labora, las instalaciones y su propia infraestructura sino también a los residentes del sector y sus viviendas en un área de hasta 200 metros, por lo que esta propuesta se justifica.

El volumen de GLP con los tres depósitos llenos es de 6.000 kilogramos conociendo que la densidad del GLP es de 0,545 kilogramos/litro, eso representa 11.000 litros de GLP en estado líquido, si a esto se agrega las períodos en que el vehículo cisterna está descargando considerando que su capacidad de carga es de 8.000 kilogramos, lo que significa 14.700 litros de GLP en estado líquido, añadidos el volumen de los recipientes, es decir un volumen líquido total de 25.700 litros, al transformarse al estado gaseoso a presión atmosférica del ambiente y considerando que un litro de GLP en estado líquido representa 273 litros en estado gaseoso, ese volumen de líquido total representa 7×10^6 litros, o lo que es lo mismo 7.0000 metros cúbicos en estado gaseoso, que amerita que se tome en cuenta y justifique plantear propuestas de prevención y de mitigación de riesgos, ejecutando controles en los sitios donde pueda generarse fugas de gas, es decir en toda la red de circulación, así también en el lugar de almacenamiento.

(Botta, 2011):

La energía de la onda corresponde a la energía liberada y ésta depende del volumen de gas liberado, de su presión y temperaturas iniciales. Si durante la explosión se sigue generando gas a alta presión después de la liberación inicial, aumenta la energía total liberada. Este aumento de energía no provoca el aumento de la amplitud de la onda de presión, sino el alargamiento de su período.

(Botta, 2011):

El 19 de noviembre de 1984, cerca de la ciudad de México, se produjo un tremendo desastre debido a múltiples BLEVE de gas licuado de petróleo. El accidente se produjo alrededor de las 05:00 hs. en la mañana de un lunes, mientras una estación Terminal se llenaba de combustible procedente de una refinería situada en otra zona del país, mediante un gasoducto. Un fallo de un componente de la tubería de 254 mm de diámetro, degeneró en una rotura en la línea de suministro, liberándose una enorme nube de GLP, que se incendió 20 minutos más tarde al alcanzar una llamarada al nivel del suelo. La explosión e incendio resultantes provocó 500 muertos.

La llama procedente de la tubería rota alcanzó uno de los cuatro depósitos esféricos de 1.590 m³ de capacidad, desencadenándose un BLEVE diez minutos después. Procedentes de los cuatro depósitos esféricos y 48 tanques cilíndricos se detectaron 15 BLEVE en un sismógrafo. Los dos depósitos esféricos de 2.384 m³ permanecieron en sus cimientos, pero resultaron severamente dañados. Los cuatro depósitos de 1.590 m³ quedaron destrozados. Los 48 tanques cilíndricos resultaron dañados en distinto grado, apareciendo pedazos a 1,1 km.

Según (Abreu, Jean Batista; Godoy, Luis;, 2001)

“El hecho de que la explosión fuera escuchada a distancias considerables se atribuye al fenómeno conocido Inversión Térmica. Resultados de estudios meteorológicos manifiestan que el aire y demás gases calientes formando una capa que restringe el paso de ondas acústicas haciendo que estas sean reflejadas hacia el suelo. De esta modo las ondas acústicas tienen un mayor recorrido sobre la superficie y se escuchan a mayor distancia”.

Según (Castro Delgado, R; Arcos Gonzáles, P., 1998)

Tradicionalmente los accidentes de Bhopal y Seveso son los más nombrados en la literatura universal debido al importante número de víctimas y evacuados, aunque no es necesario irnos tan lejos en el lugar ni en el tiempo para comprobar cómo en el último año en nuestro país también se han producido situaciones peligrosas e incluso accidentes que han podido desembocar en una catástrofe.

6.5 Objetivos

6.5.1 Objetivo general

Gestión de los riesgos por fuga de gas licuado de petróleo GLP, incendio y explosión en los sistemas de abastecimiento, circulación, almacenamiento y distribución de gas, en la empresa Agrocueros S.A.

6.5.2 Objetivos específicos

- Plantear sistemas y procedimientos de control en la fuente en el medio y en el trabajador para detectar cualquier anomalía en el almacenamiento y uso del GLP, mediante sensores de gas y la construcción de muros anti explosión.
- Elaborar el plan de emergencia para explosión e incendio para la empresa Agrocueros S.A. de acuerdo a la normativa del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social y del Cuerpo de Bomberos del cantón Ambato.
- Establecer el programa de capacitación anual para el personal de la empresa y residentes en las zonas de intervención y de alerta.

6.6 Análisis de factibilidad

6.6.1 Política

La propuesta planteada es factible porque las políticas de la empresa están encaminadas a cumplir con la normativa de seguridad en todos los niveles de la producción, así consignadas en el reglamento interno de seguridad, más aún en las áreas donde pueden presentarse riesgos de accidente mayor, sus directivos están dispuestos a aplicar toda proposición de medida preventiva que implique dar mayor seguridad a sus colaboradores, a las instalaciones de la misma y edificaciones aledañas.

6.6.2 Ambiental

El proyecto es factible ya que en su ejecución se protege de contaminantes por derrame, incendio y explosión al medio ambiente, promueve la adecuada manipulación del elemento GLP, con lo que se evitará posibles eventos de accidente mayor con afectación al ambiente. La utilización adecuada del gas licuado de petróleo minimiza los riesgos y promueve un entorno ambiental sin riesgos de contaminación.

Esta propuesta está encaminada a evitar la ocurrencia de un accidente mayor o a mitigar las consecuencias en caso de incendio por escape de GLP, con efectos graves al ambiente.

6.6.3 Económico

En el presupuesto anual la organización destina lo recomendado por el Departamento de Seguridad y Salud, la empresa tiene previsto en un lapso de dos años (2016), trasladarse a nuevas instalaciones en las que se tenga en cuenta todas las condiciones de seguridad establecidas para el correcto almacenamiento y utilización del GLP con el menor riesgo. Sus directivos se comprometen a destinar los recursos que sean necesarios para que esta propuesta se pueda ejecutar hasta cuando se concrete el traslado a un sitio de menor afectación a terceros.

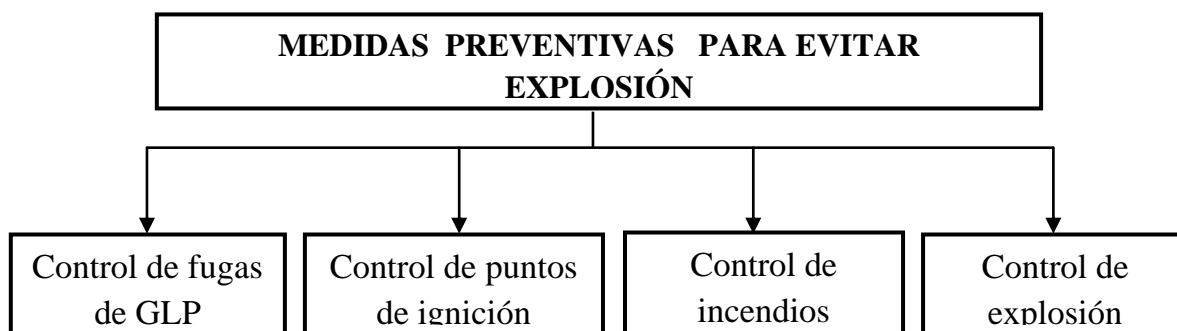
6.6.4 Legal

En este ámbito el marco legal que respalda la propuesta son las que este tipo de empresas cuenten con un plan de emergencia actualizado de acuerdo a la normativa del Cuerpo de Bomberos que además de exigir el cumplimiento del plan, vigila el cumplimiento de la normativa de seguridad vigente.

6.7 Fundamentación científico - técnica

Conociendo que el riesgo es la probabilidad de que ocurra un evento con consecuencias funestas para la empresa, para los residentes cercanos y para el ambiente, al determinar las zonas de influencia por explosión es factible tomar las medidas más adecuadas para mitigar las consecuencias, en el gráfico # 33 se resumen las medidas preventivas para evitar un accidente mayor.

Gráfico # 33: Medidas de prevención



Elaborado por: El investigador

6.7.1 Fuga del GLP

El primer evento que puede originar un accidente mayor es el escape de GLP, por lo que las medidas deben enfocarse a evitar o controlar la fuga, esta puede producirse en los sistemas de abastecimiento, almacenamiento en los recipientes y en todo el circuito de tuberías y accesorios hasta la utilización del gas en los quemadores.

El control de fuga de GLP se lo puede hacer para que sea detectado por las personas y en ausencia de estas por detectores o sensores que dan alarma de la existencia del gas y se puede controlar el incidente.

Sensores o detectores de GLP

En el mercado local se pueden encontrar diversos sensores de gas que satisfacen con las exigencias a nivel industrial.

Los sensores dan diversas alarmas, los más comunes son: sensores luminos, acústicos, de corte, empotrados y amurados.

Sensores luminosos: Este tipo de sensores generan una serie de destellos luminosos y en muchos prototipos producen además un fuerte sonido. Generalmente cuentan con una serie de tres luces, una para cada estado de la alarma.

Acústicos: Están constituidas por una sirena cuya intensidad de sonido es superior a 85 decibeles que alerta de la presencia del gas.

De corte: Posee el mismo sistema que las anteriores, pero tiene la particularidad de cortar el suministro de gas al momento de la detección.

Sensores empotrados: Se colocan dentro de una caja pre colocada en una pared, con un cable que lo une hasta un sistema de corte de gas, la alimentación es entregada por una fuente externa.

Sensores amurados: Esto sensores son económicos y su instalación es sencilla pero no se recomienda para instalaciones fabriles. Funcionan con una batería que proporciona la corriente eléctrica al sensor.

Tabla # 41: Análisis de factibilidad para sensores de GLP

Característica Sensor	Industrial	Fuente protegida	Factibilidad en el mercado	Costos	Ponderación
Luminoso	2	2	2	2	9
Acústico	3	2	2	3	10
De corte	3	3	2	3	11
Empotrados	2	2	2	2	8
Amurados	1	1	2	2	6

Valoración: Recomendado: 3; Aceptable: 2; Mínimo: 1

En el gráfico # 34 se indica un sensor de GLP de alta sensibilidad, que emite alarma acústica y visual, con sonido no menor a 85 dB , indicador led parpadeante, se recomienda un sensor que pueda hacer funcionar la válvula electromagnética y así cortar la fuente de gas para asegurarse que no se produzca la fuga.

Gráfico # 34: Detector de GLP



Fuente: Manual detectores de GLP

Control de puntos de ignición

Si solamente existe fuga de GLP y al no ser una sustancia tóxica no pasaría de ser un incidente sin consecuencias, pero existen otras opciones de que se produzca incendio porque los puntos de ignición no se controlan totalmente. La norma europea UNE 1127-1 identifica las siguientes fuentes de ignición:

- Chispas de origen mecánico
- Llamas de gases calientes (se incluye fumar)
- Superficies calientes
- Chispas de origen eléctrico
- Corrientes eléctricas parasitarias, protección contra la corrosión catódica
- Electricidad estática
- Rayo
- Ondas electromagnéticas de radiofrecuencias de 10 kHz a 300GHz
- Radiación electromagnética comprendida en una gama de 300 GHz a 3×10^{16} Hz. de rango del espectro óptico
- Radiación ionizante
- Ultrasonidos
- Compresión adiabática, ondas de choque y gases circundantes
- Reacciones químicas

Debe implementarse procedimientos de control y eliminación de estos puntos de ignición y los que no son posibles eliminarlos se los debe aislar convenientemente. Una de las opciones es la correcta instalación de un sistema a tierra.

6.7.2 Incendio

Luego de producido el incendio, no se produce inmediatamente la explosión, solo se quema el gas que ha salido por efecto de una fuga, mientras se mantenga la presión y la temperatura permisibles en los depósitos el gas siempre está en forma de líquido y por lo tanto no es combustible, adquiere esa condición al momento que el gas está a presión atmosférica. Lo más importante es controlar el fuego y evitar que éste caliente los depósitos, produciéndose un aumento de temperatura con el consiguiente aumento de

presión que supere los niveles de presión de diseño de los tanques y llegue a producirse la explosión.

La empresa Agrocueros S.A. cuenta con un equipo completo de extintores para controlar incendios de mediana magnitud y evitar su propagación, así también sobre los depósitos de GLP existe instalado un sistema de enfriamiento con agua (tubería roja del gráfico # 3) de tal manera de mantener temperatura baja en los tanques e impedir su calentamiento que pueda derivar en explosión.

6.7.3 Explosión

Al ser el GLP un combustible de uso doméstico e industrial, los eventos trágicos como incendios y explosiones son bastante frecuentes por lo que las medidas de previsión deben ser aplicadas con extremo rigor.

Una explosión se produce de manera violenta por aumento de temperatura provocada por un incendio, la onda expansiva producida por la sobrepresión, la proyección de objetos y el derrumbamiento de estructuras suele atrapar a personas, por lo que este tipo de sucesos se lo conoce como accidente mayor y puede ser catastrófico.

Definidas las áreas de influencia en caso de accidente mayor, dos son los factores que mayormente se debe considerar: la sobrepresión máxima y el impulso mecánico; a esto se debe añadir la consideración de que si es campo abierto o existe obstáculos pues en este último parámetro se hace mayor énfasis en la propuesta, pues al existir obstáculos la onda expansiva tiene dificultad de difundirse y por ende sus efectos se verán reducidos, por lo tanto se propone diseñar muros o paredes antiexplosión, que puedan contener o al menos reducir las consecuencias de la explosión.

La implementación de un sistema de protección de barreras, paredes o construcción que disminuyan la propagación de la onda de presión, baje los niveles de sobrepresión y reduzca el impulso mecánico, de tal manera que se minimicen los efectos sobre las personas y se atenúen los daños tanto en la propia empresa como en las edificaciones aledañas en el caso de explosión de los recipientes de GLP de la empresa Agrocueros S.A. es una de las alternativas que se propone para controlar la última etapa del ciclo del accidente mayor.

Al construir un muro de hormigón armado convencional es decir sin ningún reforzamiento frente a una explosión, el nivel de atenuación es mínimo porque al reflejarse la onda de impulso en la parte posterior de la pared se produce la rotura del hormigón produciéndose fragmentos de la construcción que salen violentamente despedidos como se muestra en el gráfico # 35 y que pueden ocasionar lesiones a las personas que están tras la pared, por lo que debe aglutinarse la pared de tal manera de evitar estos desprendimientos.

Gráfico # 35: Muro de protección sin aglutinante



Fuente: Catálogo de sistemas de fachadas Clima Block

Al producirse la explosión la onda expansiva choca contra la pared, considerando que la explosión se produce en la parte externa de una edificación, por lo tanto el interior se verá afectado por el desprendimiento del enlucido o de la pared propiamente a manera de “metralleta”.

Se recomienda que estas paredes que están ubicadas cerca de los recipientes de GLP estén hechas con un sistema de aglutinante que evite este efecto, por citar un ejemplo, se oferta los Muros Clima Block que están fabricados para impedir esa disgregación de las paredes o muros de protección para tanques de GLP, como se aprecia en el gráfico # 36.

Este tipo de muros están constituidos de una pared de hormigón cubierto en sus partes laterales con capas absorbentes de conglomerado de madera y cemento (CMC), es un tipo de hormigón constituido por láminas pequeñas y uniformes de madera, mineralizadas y unidas con cemento común tipo Pórtland. Estas capas permiten la absorción de las ondas de impacto en el lado de la explosión disipando su energía, atenuando la energía efectiva para que el efecto sobre el hormigón sea mínimo y en la parte posterior de la pared la lámina mantendrá a la pared sólidamente unida, evitando la dispersión de esta.

Estas láminas de madera al estar revestidas con este tipo de cemento forman una estructura estable, muy compacta, resistente al ambiente, con buen comportamiento térmico, con capacidad de absorción acústica, es un material resistente al agua, a la humedad e inocuo, no contiene materiales tóxicos, no genera gases nocivos, ni es radioactivo, tiene ausencia total de cargas electrostáticas por lo que se descarta ciento por ciento puntos de ignición de esa naturaleza relacionadas con el muro, por su constitución es considerado como material ecológico.

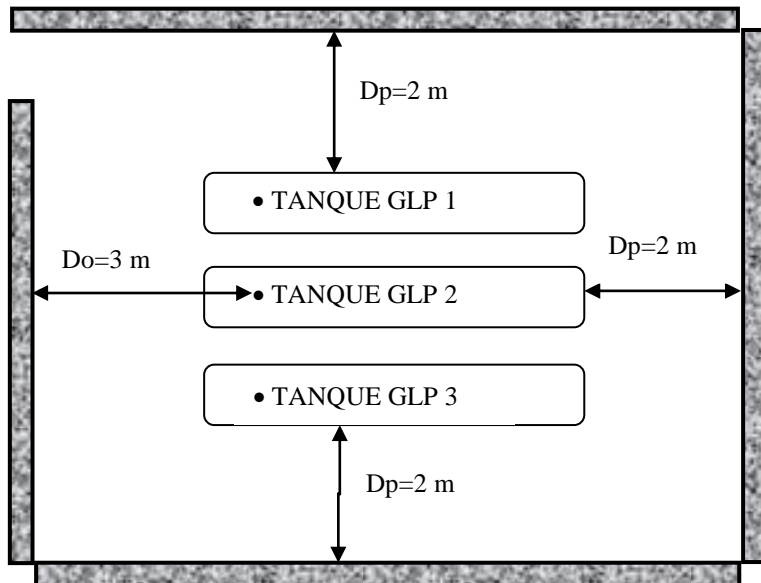
Gráfico # 36: Muro de protección con aglutinante



Fuente: Catálogo de Sistemas de fachadas (Clima Block, 2010)

La ubicación del muro o pared respecto del depósito no debe ser inferior a 3 metros, (Do del gráfico # 37) considerando cualquier orificio del tanque y a 2 metros del recipiente, (Dp del gráfico # 37) para reservorios cuyo volumen sea igual o inferior a 5 metros cúbicos.

Gráfico # 37: Distancia de ubicación de muros respecto a recipientes, (sin escala).



Fuente: Norma (UNE 60250, 2008)

Otra opción son las paredes que oferta en el mercado la empresa canadiense DuraSystems que en asociación con el Steel Construction Institute desarrollaron un programa de computación denominado FireBlast que permite tener herramientas predictivas para la protección contra explosiones, este programa ha sido verificado y probado en simulaciones a gran escala.

Mediante el software FireBlast se ha comprobado que simula con precisión los efectos de las explosiones y se puede diseñar paredes o muros resistentes a estallidos y además toleren incendios.

Las propiedades de absorción de energía de los paneles y estructuras de acero de DuraSteel hacen que la pared FireBlast resista la presión de la explosión para la cual fue diseñada.

Tabla # 42: Análisis de factibilidad para paredes anti explosión

Característica Pared	Estructura anti colapso	Aislamiento térmico y acústico	Factibilidad en el mercado	Costos	Ponderación
Hormigón común	1	1	3	1	6
Clima Block	3	3	1	3	10
FireBlast	3	3	1	2	9

Valoración: Recomendado: 3; Aceptable: 2; Bajo: 1

6.8 Acciones de control

6.8.1 Control en la zona de abastecimiento de GLP

Tabla # 43: Control de fuga de GLP en zona de abastecimiento

Zona de Trabajo	Riesgo detectado	Medidas	Responsable
Sitio de abastecimiento de GLP	Fuga de GLP y Explosión y/o Incendio	<p>Fuente: Inspección de los elementos del sistema de abastecimiento. Norma NTE INEN 2 260:2010. Ver IC-001</p> <p>Medio: 1.- Instalación de detectores de GLP. NTE INEN 2 260:2010. 2.- Aislar el vehículo cisterna durante el abastecimiento. Decreto Ejecutivo n° 3989 de 1996-08-02</p> <p>Trabajador: 1.- Capacitación en manejo de fugas locativas, según plan de capacitación. 2.- Entrenamiento para evitar puntos de ignición. Ver IC-001.</p>	<p>Encargado de abastecimiento</p> <p>Técnico de seguridad capacitado</p> <p>Jefe de RR. HH.</p>

Elaborado por: El investigador

6.8.2 Control en el manejo de GLP en el sistema de circulación

Objetivo.- Evaluar el buen estado de las tuberías, accesorios y elementos de conducción del GLP para evitar fugas y procedimientos para evitar puntos de ignición.

Tabla # 44: Control de fuga de GLP en sistema de distribución

Zona de Trabajo	Riesgo detectado	Medidas	Responsable
Sistema de accesorios y tuberías para transferencia de GLP	Fuga de GLP y Explosión y/o Incendio	<p>Fuente:</p> <p>Inspección de tuberías, elementos y accesorios. NFPA 30 - 58</p> <p>Medio:</p> <p>1.- Instalación de detectores de GLP. NTE INEN 2 260:2010</p> <p>2.- Eliminación de todo tipo de alcantarillas, desagües y agujeros en el piso. NFPA 10. Ver IC-001</p> <p>Trabajador:</p> <p>1.- Programas de capacitación en prevención de explosiones. (Plan de capacitación).</p> <p>2.- Capacitación en manejo de extintores. Ver IC-001.</p>	<p>Encargado de abastecimiento</p> <p>Técnico de seguridad capacitado</p> <p>Jefe de RR. HH.</p>

Elaborado por: El investigador

6.8.3 Control en el manejo de GLP en el área de almacenamiento

Objetivo.- Evaluar el estado de los tanques de GLP, para evitar fugas, por mal estado de los mismos.

Tabla # 45: Control de fuga de GLP en sistema de almacenamiento

Zona de Trabajo	Riesgo detectado	Medidas	Responsable
Área de almacenamiento de GLP	Sobrepresión e Impulso	<p>Fuente:</p> <p>Inspección de los de tanques haciendo ensayos no destructivos. NFPA 58; NTP 547, 583. Normas AISI, ASTM, ASME. Ver IC-001.</p> <p>Medio:</p> <p>1.- Instalación de detectores de GLP. NTE INEN 2 260:2010 Ver manual detectores del fabricante.</p> <p>2.- Construcción de paredes de protección. NFPA 101. Especificación Clima Block.</p> <p>Trabajador:</p> <p>Capacitación en generación de energía por explosión. (Plan de capacitación).</p>	<p>Técnico calificado en ensayos no destructivos y soldadura</p> <p>Técnico de seguridad capacitado</p> <p>Jefe de RR. HH.</p>

Elaborado por: El investigador

6.9 Plan de emergencia por explosión

Es un conjunto de medidas destinadas a hacer frente a situaciones de riesgo por explosión que se presenten en los sistemas de almacenamiento y uso de GLP, con el fin de minimizar los efectos que sobre las personas e inmuebles se pueden derivar, garantizando una evacuación segura para quienes se encuentren en la empresa.

En el plan consta los protocolos a seguir en caso de accidente mayor, la estructura de las brigadas sus líderes y sus funciones, además el mapa de riesgos de las tres plantas y las rutas de evacuación en los tres niveles.

Gráfico # 38: Fachada principal empresa Agrocueros S.A.


AGROINDUSTRIAL AGROCUEROS S.A.		
		
DIRECCIÓN	PISQUE KM 6,5 PANAMERICANA NORTE AMBATO	
REPRESENTANTE LEGAL:	ING. ALVARO LIBREROS	
RESPONSABLE SEGURIDAD:	ING. FABIAN MOYA	10/07/2014

Gráfico # 39: Vista satelital empresa Agrocueros S.A.



Fuente: Google Earth

Gráfico # 40: Ruta Cuerpo de Bomberos - empresa Agrocueros S.A.

AGROINDUSTRIAL AGROCUEROS S.A.	
RUTA EMCBA-AGROCUEROS	
Contiene:	Descripción ruta: línea color rojo
Ubicación geográfica y ruta EMCBA-AGROCUEROS S.A.	DISTANCIA: 2100 M
	Gráfico # 40
	11/07/2014

Fuente: Google Earth

En el gráfico # 40 se detalla la ubicación de la Central del Cuerpo de Bomberos del cantón Ambato situada en el sector del Parque Industrial, se observa la ruta que deben recorrer el equipo de control de incendios y de desastres hasta la empresa, el trayecto es

de aproximadamente de 2.100 metros, normalmente no existe un tráfico considerable, se estima un tiempo de desplazamiento de 5 minutos.

Además se contactará con todas las instituciones que se deben involucrar en caso de accidente mayor, estas son:

Servicio Integrado de Seguridad ECU 9 1 1 encargado de coordinar con todos los servicios de emergencia para desastres.

En caso de presentarse un accidente mayor como incendio, explosión, emergencia médica por envenenamiento o contaminación, terremoto, erupción volcánica, desplome de edificación por falla estructural, o cualquier otro evento en el que estén en riesgo las personas, en la empresa Agrocueros S.A. la comunicación es inmediata con el ECU 911 y este sistema coordina con las demás instituciones de emergencia para su inmediato desplazamiento al sitio del desastre.

Cruz Roja 03 2422218 - 03 2422218 Emergencias: 131 (convencional, movistar). Distancia de desplazamiento: 6,8 kilómetros, tiempo estimado: 14 minutos, si son días de feria en la ciudad de Ambato (lunes, miércoles o viernes), el tiempo estimado es de 20 minutos.

Policía Nacional 03 2846400 La unidad de vigilancia comunitaria mas cercana es la ubicada en el sector de Izamba, existe una distancia hasta la fábrica de 1,9 kilómetros, y el tiempo aproximado para llegar a la empresa es de 4 minutos, con excepción de los días de feria.

Hospital Regional Docente Ambato 03 2821058 ubicado a 3,8 kilómetros de distancia.

Hospital del Seguro Social IESS Ambato 03-299-9100 ubicado a 4,4 kilómetros de la empresa.

Las ambulancias del Hospital Docente Ambato y del IESS coordinan con la Cruz Roja para asistencia y primeros auxilios de heridos y lesionados.

6.9.1 Descripción de la empresa

INFORMACION GENERAL DE LA EMPRESA

Tabla # 46: Datos informativos de la empresa

Razón Social:	AGROINDUSTRIAL AGROCUEROS S.A.	
Dirección:	PANAMERICANA NORTE KM 6,5	
Sector:	BARRIO PISQUE BAJO	
Cantón:	AMBATO	
Provincia:	TUNGURAHUA	
Parroquia:	IZAMBA	
Actividad Empresarial:	FABRICACIÓN DE JUGUETES CANINOS	
Representante Legal:	ING. ALVARO LIBREROS	
Responsable seguridad:	ING. JUAN CARLOS ESPÍN	
Medida de superficie total:	4277 m ²	
Área útil de trabajo:	2000 m ²	
Cantidad de población:	162 personas	
Cantidad de visitantes:	15 por semana	
Horario de trabajo:	8:00 - 12:00; 12:30 - 16:30; 8:00 - 14:00; 8:00 - 12:00 ; 3:00 - 17:00; 14:00 – 22:00.	
Fecha de elaboración del plan:	10 /07/2014	
Fecha de implantación del plan:		

Fuente: Recursos Humanos Agrocueros

6.9.2 Situación general frente a emergencias

Antecedentes

La empresa Agrocueros S.A. se encuentra operando desde julio de 1988, como una empresa de elaboración de juguetes caninos, sin presentarse antecedentes de incendios ni conatos de incendio significativos, cumple con la normativa relacionada.

Justificación

La empresa Agrocueros S.A. es una empresa cuya misión, visión, y objetivos se fundamenta en la producción de alimento de exportación principalmente al mercado europeo y norteamericano para mascotas, en base a normas y técnicas de producción que cumplen los máximos parámetros de calidad e inocuidad pretendiendo la integridad de la salud física y mental de quienes conforman la empresa a través de la aplicación de una propuesta de calidad, seguridad y salubridad en todo los procesos de producción desde la selección de materia prima hasta el empaque del producto terminado para exportación.

Dentro de esta filosofía y como una actividad preventiva se dispone de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud que abarca toda la organización para responder de forma eficiente a los diferentes factores de riesgo e integra la gestión de los accidentes mayores con un Plan de Emergencia para explosiones, este plan tiene a su vez protocolos de respuesta determinando las acciones y los responsables en los diferentes niveles.

HIPOTESIS

Al producirse la explosión de los tanques cisternas de GLP de la empresa Agrocueros S.A. las consecuencias a las personas y edificaciones afectaría hasta una distancia de 200 metros del sitio del siniestro.

Objetivos del plan de emergencia:

- Proteger la integridad de los trabajadores de la empresa Agrocueros S.A.

- Precautelar la salud y la vida de los residentes cercanos a la empresa y las edificaciones aledañas.
- Informar oportunamente ante las posibles emergencias.
- Minimizar los daños materiales a la propiedad.
- Solicitar ayuda a las entidades locales especializadas en combate de incendios u otro tipo de siniestros.

6.9.3 Identificación de amenazas de accidente mayor en la empresa

Descripción por niveles, dependencia, personal

En la tabla #41, se detalla las amenazas por accidente mayor en la empresa en cada dependencia, el nivel en el que se encuentra cada una, el tipo de riesgo y el número de personas que que laboran.

Tabla # 47: Identificación de factores de riesgo de la empresa

NIVEL	DEPENDENCIA	RIESGO DETECTADO	PERSONAS	VALOR
-2,62 m	BODEGA DE QUÍMICOS	QUÍMICO	7	MEDIO
	TÚNELES DE SECADO	INCENDIO	4	ALTO
	ARMADO	BIOLÓGICO	46	MEDIO
	MAQUINARIA	ALTO VOTAJE	3	BAJO
	DEPTO. MÉDICO		1	
	PINTURA	QUÍMICO	1	BAJO
	DETECCIÓN DE METALES Y EMPAQUE	PISO RESBALOSO	1	MEDIO
	CLASIFICACIÓN	PSICOSOCIAL	2	BAJO
0,00 m	PRODUCCIÓN	PSICOSOCIAL	16	BAJO
	QUEMADORES	QUÍMICO/INCENDIO		BAJO
	COMEDOR	INCENDIO	0	BAJO
	ZONA DE REJOS	PSICOSOCIAL		MEDIO
	ZONA DE ALMAS	PISO RESBALADIZO	15	BAJO
	CORTE REJOS	ALTO VOLTAJE	6	BAJO
	BODEGA	INCENDIO/EXPLOSIÓN	22	BAJO
	ALMACENAMIENTO GLP	INCENDIO/EXPLOSIÓN	0	MEDIO

2,53 m	BODEGA GUARDADO	INCENDIO	1	BAJO
	BODEGA TERMINADO	INCENDIO	1	BAJO
	MESSANINE	PISO RESBALADIZO	0	MEDIO
	SALA DE CAPACITACIÓN		0	
	SALA DE REUNIONES		0	
	OF. ADMINISTRATI.		9	BAJO

Fuente: Dirección de Recursos Humanos de la empresa

6.9.4 Maquinaria, equipo, sistemas eléctricos y de combustión

Tabla # 48: Instalaciones y servicios

ELEMENTO	DENOMINACIÓN		
	UBICACIÓN	POTENCIA	CANTIDAD
TRANSFORMADORES			
Alta , media y baja tensión	ENTRADA OFICINAS	102 KVA	1
GENERADORES			
Generador	ENTRADA OFICINAS	300 KVA	1
CILINDROS A PRESIÓN			
GLP	CILINDRO HORIZONTAL	2000 Kg.	3

Fuente: El investigador

6.9.5 Materia prima utilizada:

Tabla # 49: Materia prima

EMPLAZAMIENTO	MATERIA PRIMA
NIVEL -2,62 m (subsuelo)	Carnaza Vacuna, Sustancias químicas oxidantes y aditivos
NIVEL 0,0 m (planta baja)	Carnaza Vacuna tratada
NIVEL 2,5 m (primer piso alto)	Papel, carnaza vacuna procesada

Fuente: El investigador

6.9.6 Desechos generados

Tabla # 50: Desechos generados

TIPO DESECHO	ELEMENTO	NIVEL
Sólidos	Desechos de oficina (papel), desperdicios de carnaza vacuna	0,0 m 2,5 m (planta baja, primer piso alto)
Líquidos	Aguas de proceso	-2,62 m (subsuelo)

Fuente: El investigador

6.9.7 Materiales peligrosos utilizados

Tabla # 51: Clase 2 - Gases

TIPO MATERIAL PELIGROSO	NOMBRE	CANTIDAD
DIVISION 2.1 - GASES INFLAMABLES	PROPANO, BUTANO, IBUTANO (GLP)	6000 kg

Fuente: El investigador

Tabla # 52: Clase 3 - Líquidos inflamables

NOMBRE MATERIAL LÍQUIDO INFLAMABLE	CANTIDAD
Peróxido de Hidrógeno H ₂ O ₂	1400 tanques de 30 kg cada 6 meses

Fuente: El investigador

6.9.8 Factores externos que generen amenazas y vulnerabilidades

Edificios colindantes aledaños con posibilidad de peligro:

- Norte: Viviendas comunes
- Sur: Viviendas comunes
- Este: Calle alterna.
- Oeste: Panamericana

6.9.9 Prevención y control de riesgos

Acciones preventivas y de control para minimizar los riesgos evaluados.

Antes de sugerir las medidas preventivas se menciona los criterios de seguridad para disminuir accidentes mayores.

Desconocimiento: Son pocas las personas (proveedores y clientes) que se percatan de las vías de recorrido cuando ingresan a un establecimiento, sin embargo, lo que realmente preocupa es el conocimiento de los propios trabajadores que no identifican su área de trabajo a este hecho se añade la escasa claridad de señalización a las salidas de emergencia y recorrido de evacuación, siendo una de las principales causas de muerte en caso de incendio.

A continuación el detalle de las propuestas preventivas, de control y adecuación a implementar, para los riesgos detectados, evaluados y priorizados como graves o de alto riesgo.

Siendo el incendio el mayor potencial de riesgo las medidas adoptadas son:

- Orden y aseo en las zonas críticas.
- Capacitación al personal sobre riesgos de incendio.
- Programas de revisión e inspección del sistema eléctrico.
- Utilización de productos no inflamables para la limpieza de las secciones
- Estricto control de acceso para visitantes.
- Inspección y mantenimiento de extintores en forma mensual
- Inspección y mantenimiento de detectores de fuego en forma mensual
- Inspección y mantenimiento de luces de emergencia en forma mensual
- Inspección y mantenimiento de gabinetes contra incendios en forma mensual.
- Inspección de salidas de emergencia y rutas de evacuación en forma mensual
- Disponer de la cantidad de extintores acorde a la norma NFPA 10.
- Mantener una dotación adecuada de equipos en los gabinetes de incendio.
- Control y gestión de productos químicos de acuerdo a lo establecido en la norma INEN 2266

- Incluir en el presupuesto anual los estimados de mejoras en cuanto a equipos contra incendios.

Propuestas de control

- Conformación de la brigada de incendios.
- Realizar un simulacro anual en los emplazamientos. con la participación de la Empresa Municipal Cuerpo de Bomberos Ambato
- Entrenamiento en control de incendios a los brigadistas.
- Capacitación en primeros auxilios básicos al personal brigadistas.
- Incluir capacitación en el procedimiento de capacitación en seguridad.

Detalle de recursos que al momento cuenta para prevenir, detectar, proteger y controlar incendios

Tabla # 53: Inventario de medios observados

EQUIPO DE DETECCIÓN /PROTECCIÓN/CONTROL	CANTIDAD	UBICACIÓN	CARACTERÍSTICA
Detectores de humo	2	Bodega Químicos/Túneles	Sensor electroquímico
Alarmas (audible)	1	Oficinas	Sonora de emergencia
Otros (altavoces)	1	Oficinas	Utilizada para llamados generales
Control de video	8	Bodega Químicos, Zona Húmeda, Empaque, Producción, Enfermería, Zona De Almas, Tarjetero.	Control centralizado

Fuente: El investigador

Tabla # 54: Sistema de evacuación de humos

ELEMENTO EVACUACIÓN HUMOS	NÚMERO	CARACTERÍSTICA
Sistema para evacuación de humos	0	N/A

Fuente: El investigador

Tabla # 55: Inventario extintores

UBICACIÓN EXTINTORES	CANTIDAD	Tipo		Capacidad (lb)	
		PQS	CO2	PQS	CO2
Bodega Químicos	2	2	---	20	---
Zona húmeda	1	1	---	20	---
Área de producción	4	4	---	20	---
	1	1	---	10	---
Área de quemadores	1	1	---	20	---
Toggli	1	1	---	20	---
Empaque	1	1	---	20	---
Toggli 2 o Corte de rejos	2	2	---	20	---
Zona de almas	1	1	---	20	---
Enfermería	3	3	---	20	---
Empaque	2	2	---	20	---
	4	4	---	10	---
Tarjetero	2	2	---	20	---
Extruido	1	1	---	20	---
Mecánica	1	1	---	20	---
Secretaría	2	2	---	20	---

Fuente: El investigador

Tabla # 56: Escaleras de evacuación y lámparas de emergencia

ELEMENTOS	UBICACIÓN	NÚMERO	CARACTERÍSTICA
Escaleras, lámparas	Toda la planta	No dispone	---

Fuente: El investigador

Tabla # 57: Sistemas fijos de extinción

ELEMENTOS FIJOS DE EXTINCIÓN	UBICACIÓN	NÚMERO	CARACTERÍSTICA
Rociadores de agua	No dispone	0	---
Hidrantes	No dispone	0	---
Gabinetes contra incendios	No dispone	0	---
	No dispone	0	---
	No dispone	0	---
	No dispone	0	---
Monitores	No dispone	0	---
Gases inertes y limpios	No dispone	0	---
Otros	No dispone	0	---

Fuente: El investigador

6.9.10 Anexos del plan de emergencia

Se adjunta mapas, planos o croquis con ubicación de:

Medios de detección, protección y control que tenga la organización

Ubicación de detectores de gas

Rutas de evacuación

Riesgo de incendio

6.9.11 Mantenimiento

Tabla # 58: Procedimientos de mantenimiento disponibles

PROCEDIMIENTO	NORMA	RESPONSABLE	FRECUENCIA	DISPONE
Inspección y mantenimiento de extintores en forma mensual	NFPA 10	No dispone	Mensual/ anual	Si
Inspección y mantenimiento de consolas de control y detectores de fuego	NFPA 72	No dispone	Mensual	No
Inspección y mantenimiento de luces de emergencia	NFPA 72G	No dispone	Mensual	No
Inspección y mantenimiento de gabinetes contra incendios	NFPA 25 NFPA 14 A	No dispone	Mensual/ anual	N/A
Inspección de las bombas contra incendios	NFPA 20	No dispone	Semanal	No
Inspección del volumen de agua en cisterna	NFPA 22 NFPA 26	No dispone	Semanal	No
Inspección de radios portátiles de comunicación		No	Mensual	Si
Inspección y mantenimiento del generador		No	Mensual /anual	Si
Disponer de cantidad de extintores acorde a la norma	NFPA 10	Departamento SSO	Anual	Si
Inspección de kit de emergencias		Departamento SSO	Mensual	Si
Inspección sistema automático extinción CO ₂	NFPA 12	No	Mensual/ anual	N/A

Fuente: El investigador

6.10 Plan de manejo de crisis

6.10.1 Introducción

Este plan de crisis es la base para el desarrollo de Planes de Respuesta a Emergencias Específicas (Incendio, Derrames, Emergencias Médicas), desarrollados para las operaciones de la empresa Agrocueros S.A.

6.10.2 Objetivo del plan de manejo de crisis

El Plan de Manejo de crisis está diseñado con el propósito de facilitar toda la información requerida para enfrentar una crisis de emergencia con eficiencia y efectividad durante las operaciones de la empresa Agrocueros S.A.

Este plan facilitará el flujo de información entre el equipo administrativo ejecutivo y todos los departamentos.

Este Plan de Manejo de Crisis será revisado y actualizado bianualmente o cuando lo requieran los cambios organizacionales, bajo la responsabilidad del Jefe del departamento de Seguridad y Salud Ocupacional.

6.10.3 Definiciones

Definición de crisis

Crisis: Es un evento no rutinario que reúne una o más de las siguientes condiciones:

- Interrumpe las operaciones normales.
- Requiere de una respuesta administrativa inmediata y coordinada.
- Requiere la toma de decisiones a niveles gerenciales de la empresa.
- Tiene el potencial de enfocar la atención extensiva de los medios de comunicación y del público, sobre la empresa.

Si no está seguro de si un evento puede ser calificado o no como una crisis, considérela una crisis.

A continuación se lista algunos eventos NO rutinarios que podrían constituir una crisis para las operaciones:

- Seguridad Industrial.
- Incendio
- Explosión
- Lesiones serias
- Muertes
- Desastres naturales
- Terremoto
- Inundaciones
- Erupción volcánica

6.10.4 Equipo de manejo de crisis

El Equipo de manejo de crisis, tiene la RESPONSABILIDAD de adoptar todas las medidas necesarias para neutralizar una crisis.

Tabla # 59: Equipo de manejo de crisis

Coordinador General de la Emergencia	
Principal: Gerente General	Alternativo: Gerente Administración y Finanzas
Coordinador de preparación para Emergencias	
Principal: Jefe de SSO.	Alternativo: Asistente de Inocuidad
Coordinador de Crisis	
Principal: Jefe de Planta	Alternativo: Jefe Ventas
Coordinador de Comunicaciones	
Principal: Jefe de Sistemas	Alternativo: Jefe de Comercio Exterior
Coordinador del Centro de Víctimas	
Principal: Mensajero1	Alternativo: Mensajero2
Coordinador de Seguridad Física	
Principal: Guardia Seguridad Física.	Alternativo: Asistente de Seguridad Física

Fuente: El investigador

6.11 Tareas del equipo de manejo de crisis

Coordinador general de la emergencia: Gerente General

Alterno: Gerente Administración y Finanzas.

Tareas

- Recibir la notificación de una situación de crisis del Coordinador de Crisis y considerar su asesoramiento.
- Informarse perfectamente del suceso, gravedad, potencialidad y afectación.
- Disponer la convocatoria del Equipo de Manejo de Crisis.
- Transmitir la información al Equipo de Manejo de Crisis, Mantener una comunicación continua y actualizar la información, según sea necesario.
- Vigilar el control efectivo de la situación de emergencia, con la ayuda de los miembros del Equipo de Manejo de Crisis.
- Tomar decisiones sobre la producción.
- Determinar si hay evacuación general.
- Liderar la reunión con los miembros del Equipo de Manejo de Crisis para evaluar y manejar la situación.
- Aprobar y emitir, si es necesario, la declaración inicial a los medios de comunicación o al público en general.
- Mantener contacto con las operaciones a través del Comando Operativo y mantener al Equipo de Manejo de Crisis actualizado sobre el Accidente o Incidente según progresan o cambian las cosas.
- Solicitar apoyo externo.
- Disponer los recursos necesarios para controlar las emergencias.

Coordinador de crisis: Jefe de Planta.

Alterno: Jefe de Ventas.

Tareas

- Comunicar la Emergencia al Coordinador General de la Emergencia

- Coordinar todas las actividades relacionadas al Accidente e Incidente.
- Coordinar el flujo de información a los miembros del Equipo de Manejo de Crisis, para lo cual debe mantener comunicación directa con el Comando Operativo.

Coordinador de preparación para emergencias: Jefe de SSO

Alternos: Asistente de Calidad

Tareas

- Asesorar al Coordinador General de la Emergencia sobre la necesidad de convocar al Equipo de manejo de crisis y poner en vigencia el Plan de Crisis.
- En caso de no poder localizarlos se debe tomar la decisión de convocar al Equipo de manejo de crisis, si las condiciones así lo ameritan.
- Disponer que el personal de guardias se contacte con el resto de miembros del Equipo de manejo de crisis para notificarles que se reúnan en el Centro de Control de Emergencias en el Auditorio de Capacitaciones.
- Asesorar al Equipo de manejo de crisis en base al análisis del evento si se:
- Convoca a ambulancia.
- Solicita ayuda externa (Bomberos, Policía, etc.).
- En caso de accidentes relacionados con la Salud, Seguridad Industrial o al Ambiente, dar el soporte al Comando Operativo.
- Si se encuentra involucrada una empresa contratista, contactarse con los responsables para notificarles lo sucedido, conseguir información adicional, coordinar esfuerzos de respuesta y pedir apoyo técnico en caso de ser necesario.
- Llevar el registro cronológico y oficial de todos los eventos que suceden en el Centro de Crisis.

Coordinador de comunicaciones: Jefe de Sistemas.

Alternos: Jefe Comercio Exterior

Tareas

- Bajo las recomendaciones del Coordinador General de la Emergencia, o del Equipo de Manejo de Crisis, debe manejar las comunicaciones y contactos con organizaciones gubernamentales ecuatorianas.
- Indicar al Coordinador de Seguridad Física el personal autorizado para ingresar a los lugares que tienen accesos restringidos.
- Preparar el reporte inicial del accidente.

Coordinador del centro de víctimas: Mensajero 1

Alternativo: Mensajero 2

Tareas

- Recibir la llamada del Coordinador de Preparación para Emergencias, con la cual se le informará la necesidad de activar el Centro de Víctimas.
- Contactar con los Representantes Hospitalarios y mantenerlos alerta si se necesita ingresar heridos a un hospital.
- Coordinar la ambulancia aérea en caso de ser necesario.
- Informar a los empleados sobre la situación de emergencia una vez que el Equipo de manejo de crisis ha aprobado su divulgación y los mantiene informados periódicamente.
- Mientras la emergencia está todavía en progreso, si es posible informar sobre la situación inicial del lesionado a los familiares de los empleados involucrados en la emergencia.
- Reportar al Coordinador de Crisis o a su alternativo, sobre el estatus de los empleados afectados.
- Mantener listas actualizadas de los empleados y sus números telefónicos de contacto de emergencia, además de los seguros médicos de todos los empleados.
- Coordinar la notificación a los familiares, asegurarse que se los mantenga informados de los eventos y se les proporcione ayuda, según se requiera.
- Designar a un representante para que notifique en persona a los familiares de los afectados.

- Planificar las visitas necesarias por parte de la administración a los hospitales locales, familias, funerales, etc.
- Contactar con grupos de apoyo antes de cualquier emergencia para proporcionar consejería a los familiares, para que puedan manejar los problemas emocionales relacionados con un desastre.
- Comunicar al Coordinador de Crisis las acciones y preocupaciones significativas de los familiares de las víctimas.

Coordinador de seguridad física: Guardia de seguridad física

Alternativo: Asistente de seguridad física

Tareas

- Mantener la seguridad y controlar el acceso en el lugar de la emergencia, Centro de Control de Emergencias, Prensa, Centro de Víctimas y otros lugares requeridos. Solamente se permitirá el acceso al personal autorizado (las autorizaciones serán emitidas por el Coordinador de Comunicaciones).
- Informar a los miembros del Equipo de Manejo de Crisis sobre las acciones apropiadas que se tomarán para mantener la seguridad en eventos de crisis.
- Proporcionar recursos adicionales de seguridad, según sean necesarios.
- Contactar con las fuerzas del orden público para la seguridad de la planta industrial.
- Proporcionar acceso al sitio a los medios de comunicación y los escoltas hasta las instalaciones preestablecidas para ellos. Emitir credenciales temporales a los medios de comunicación.
- Nunca dejar solos a los representantes de los medios de comunicación.

Representantes hospitalarios-. Médico Ocupacional

Alternativo: Enfermero planta

Tareas

- Recibir las llamadas del Coordinador del Centro de Víctimas informando sobre la emergencia y de la necesidad de activar el Centro de Víctimas.
- Comunicarse con representantes de los contratistas para que puedan estar en contacto directo con los familiares de los contratistas afectados.
- Proporcionar al Coordinador del Centro de Víctimas, o a su alterno, información actualizada sobre los lesionados, o datos actualizados sobre cualquier lesionado y comunicar a sus familiares.
- Ayudar a coordinar las visitas necesarias de la administración a los hospitales locales, familias, funerales, etc.
- Ayudar a los familiares de las víctimas que se encuentran en el sitio.
- La información proporcionada por el Representante Hospitalario deberá estar limitada al estatus de las personas lesionadas, sin especulaciones sobre el accidente o incidente.
- Registrar las preocupaciones significativas de las víctimas o de los familiares y enviar al Coordinador del Centro de Víctimas o a su alterno, o al Coordinador de Crisis.

Personal de mantenimiento mecánico

Tareas

Cuando se activa el Plan de Manejo de Crisis, el personal de mantenimiento mecánico, será contactado y deberá reunirse en el Centro de Control de Emergencias, si el evento lo amerita.

6.12 Conformación de brigadas

Tabla # 60: Brigadas operativas

BRIGADA INCENDIOS	
LIDER BRIGADA: JEFE DE PRODUCCIÓN	
ZONA HUMEDA N°1	ZONA DE SECADO N°2
BI-A1 OPERADOR DE SIERRA CARNAZA	BI-B1 CLASIFICADOR DE HUESO

BI-A2 DIVIDIDOR		BI-B2 JEFE DE REJOS	
BI-A3 CLASIFICADOR MATERIAL HUMEDO		BI-B3 EMPACADOR	
BRIGADA DE COMUNICACIONES			
LIDER DE BRIGADA: JEFE DE RR. HH.			
BRIGADA PRIMEROS AUXILIOS LIDER BRIGADA: MEDICO			
BPA1	ENFERMERA		
BPA5	LAVADOR DE MARCOS		
BRIGADA EVACUACION LIDER BRIGADA: SUPERVISOR PRODUCCIÓN CAUCHO			
BRIGADA EVACUACION PLANTA			
AYUDANTES DE PRODUCCIÓN			
AUDITORIA INTERNA			
BRIGADA CORTE DE ENERGIA ELECTRICA			
TÉCNICO DE MANTENIMIENTO			
ENCARGADO DE CARPINTERÍA			

Fuente: Departamento SSO empresa Agrocueros S.A.

Tareas brigada contra incendios:

- Ejecutar las tareas y acciones programadas en los planes de respuesta a emergencias por incendios establecidos en los procedimientos.

Tareas brigada primeros auxilios:

- Efectuar el rescate y evacuación de personal lesionado expuesto a peligros inmediatos.

- Movilizar la ambulancia hasta el área de emergencia, si es necesario, para el transporte y atención de los heridos.
- Establecer un área para proporcionar descanso y primeros auxilios.
- Evaluar periódicamente el progreso de las actividades de control y reportar al Líder de Comando.
- El médico dispondrá la evacuación de lesionados.

6.13 Protocolo de intervención ante emergencia por incendio

Objetivo del protocolo de intervención

El Protocolo de Intervención ante emergencias por incendio está diseñado con el propósito de conocer la actuación ante un conato de incendio y las funciones asignadas en el plan de crisis durante las operaciones de la empresa Agrocueros S.A..

Consideraciones

Ocurrencia de incendio

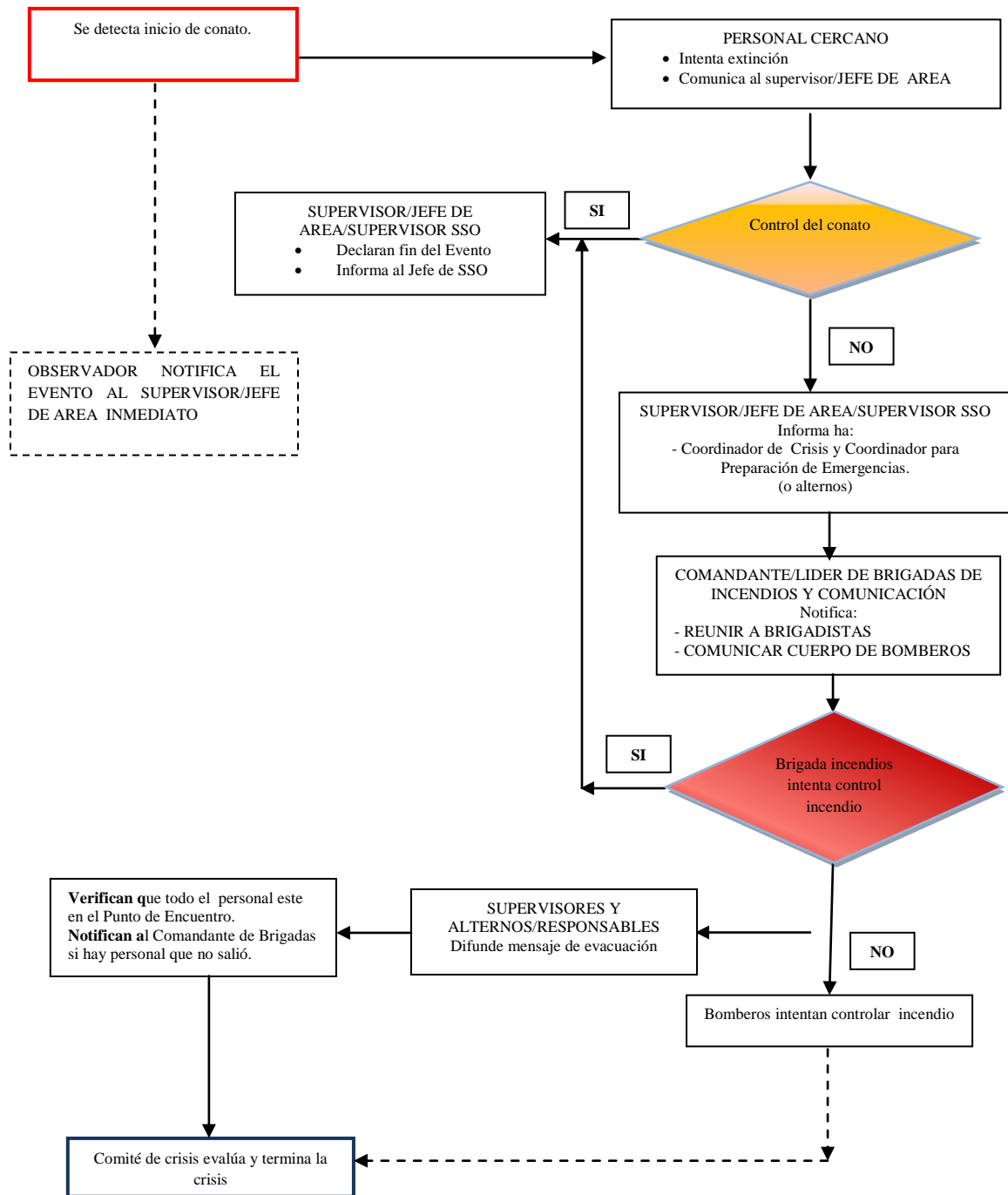
En el momento que una persona tenga constancia del flagelo (ya sea por medio de su detección o por comunicación del usuario de las instalaciones), deberá dar la voz de alarma, para que se inicie el plan de emergencia, se realice la primera valoración de la magnitud del evento y se cumplen las acciones inmediatas para controlar el mismo según se detalla el flujograma del gráfico # 41.

Al producirse y verificar un conato de incendio se procederá a dar la alarma interna (Código Rojo NIVEL I).

Al recibir la comunicación de la existencia de un incendio la Brigada de corte de energía, se desplazará al punto indicado. Un miembro de la brigada será el encargado de cortar el suministro eléctrico apagando los breakers generales o departamentales según plan de crisis.

Junto con la activación de la alarma interna (Código Rojo) y se determina como NIVEL II, cuando el personal de la empresa no puede controlar el flajelo, se procede a la activación del plan de crisis. En el gráfico # 41 se indica el flujograma del procedimiento de respuesta ante incendios.

Grafico # 41: Flujoograma de respuesta ante incendios



Elaborado por: El Investigador

El conato de incendio debe ser atacado con la máxima rapidez y decisión utilizando los extintores existentes dentro de la empresa, para lo cual cada sección debe tener conformadas las brigadas según consta en el plan de crisis.

La actuación y responsabilidades de las brigadas responden al plan de CRISIS y estarán conformadas con empleados del área correspondiente.

En caso de no ser posible controlar el siniestro, todo el personal que presta ayuda en el control del incendio debe dirigirse a la zona de seguridad (Punto de encuentro).

La brigada de incendios en ningún momento debe realizar acciones que puedan poner en peligro su integridad física.

Si la ropa de alguna persona afectada por el fuego empieza a quemarse, debe tirarse al suelo y rodar hasta que el fuego se haya apagado, si corre, el fuego quema más rápido.

Tomar en cuenta la magnitud del siniestro, se debe revisar la temperatura de las puertas al tacto, ya que es una forma de protección individual y colectiva.

Se recomienda no abrir más puertas y ventanas que las necesarias para evitar un avivamiento del fuego por la entrada de aire (zona de administración, edificio entrada).

Los empleados al recibir la orden de evacuación deberán:

- Desconectar los aparatos y maquinaria eléctrica a su cargo (PC, Radios, Fax).
- Si se encuentra con algún visitante, lo debe orientar, o acompañar por los pasillos de flujo general de evacuación.
- Evacuar el lugar con rapidez, pero SIN CORRER, ni atropellar a otras personas, de acuerdo con las instrucciones recibidas de los responsables de Emergencia.
- En caso de la existencia de humo, que pudiese dificultar la respiración y visión, se recomienda seguir avanzando GATEANDO.
- NO RETROCEDA, ni porte objetos voluminosos.
- No intente intervenir en situaciones de extremo riesgo, si no es imprescindible, puede entorpecer la acción de equipos o cuerpos de socorro e incluso salir seriamente lastimado, por una acción temeraria.
- Una vez en el exterior, dirigirse al punto de encuentro (Zona de Seguridad Asignado), acercarse al verificador, e informar de su presencia y estado.

Chequeo Externo

Una vez que los empleados evacuan el establecimiento, a la zona de Seguridad establecida por el plan, estos deberán ser contabilizados, para verificar si están TODOS a salvo.

Una vez realizado el primer conteo, se debe informar rápidamente al Jefe de Seguridad, sobre la situación del área, empleados ausentes, de otra área, etc. Una vez consignados los datos estos serán claves para informar a bomberos y realizar operativos de búsqueda y rescate.

El Jefe de emergencia determina la situación en base a las informaciones y evaluaciones de los equipos de apoyo para autorizar el reingreso a la planta.

Después del incendio

- Evaluar nuevamente el plan y reformularlo en caso de ser necesario.
- La brigada de incendios deberá cerciorarse que se haya sofocado todo tipo de llamas asegurándose que no existan focos de reinicio de llamas o fuego.
- Transportar a la persona afectada al centro médico más cercano.
- Acordonar o restringir el acceso de personas no autorizadas al establecimiento.
- Realizar los trabajos de remoción o retiro de escombros y limpieza.
- Localizar a las empresas autorizadas, contratadas por el administrador del establecimiento para la disposición final de escombros en el caso de que se hubiesen generado.
- Evaluar los daños ocasionados al entorno, vecindad y medio ambiente así como las pérdidas sufridas a nivel humano e infraestructura de la empresa y externas.
- Elaborar un informe preliminar del incendio y remitirlo al Cuerpo de Bomberos, dentro de las 24 horas de producido el flagelo de acuerdo a los procedimientos y a los formatos establecidos.
- Una vez superada la emergencia verificar que los equipos estén en el lugar señalado, verificar su funcionamiento y cambiar o mejorar el sistema de ser necesario.

6.14 Protocolo de evacuación

Introducción

Este protocolo de evacuación define la manera de abandonar las instalaciones ante una crisis causada por: incendio, explosión, erupción volcánica, desarrollado para las operaciones de la empresa Agrocueros S.A. Forma parte de la respuesta ante emergencias y las responsabilidades del plan de emergencia.

Objetivo del protocolo de evacuación

El Protocolo de evacuación ante emergencias ocasionadas por una crisis, está diseñado con el objeto de conocer la actuación ante la declaratoria de evacuación, rutas de escape y el cumplimiento de las funciones asignadas en el plan de crisis durante las operaciones de la empresa Agrocueros S.A.

Este Protocolo de EVACUACIÓN ante emergencias debe ser revisado y actualizado cuando lo requieran los cambios organizacionales, de producción, o instalación de equipos relacionados con la alarma y comunicaciones bajo la responsabilidad del Jefe del departamento de Seguridad y Salud Ocupacional.

Condiciones para evacuar

Deben considerar:

- Personal encargado para realizar la evacuación de trabajadores.
- Definir salidas de emergencia.
- Ubicar el punto de encuentro.
- Definir rutas libres de tráfico y de fácil desplazamiento peatonal.

Criterios para evacuar

Evacuación Total

Accidente que supongan víctimas, daños materiales graves o alteraciones serias del medio ambiente en zonas extensas en el exterior e interior de la empresa.

Evacuación Parcial

Accidente que suponga víctimas y daños materiales en la empresa. Las repercusiones al exterior se limitan a daños leves o a efectos negativos en el medio ambiente en zonas limitadas.

Evacuación Insito

Cuando exista un accidente que suponga daños materiales sólo en el interior de la empresa y que no exista deterioros en el exterior de la organización.

6.15 Vías de evacuación y salidas de emergencia

Tabla # 61: Características de las vías de evacuación

RUTAS	CARACTERÍSTICAS	UBICACIÓN
Ruta I	<p><i>Salida de Emergencia</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Las salidas son propias de cada sección y están rotuladas según la norma NFPA 250.• Las rutas se definen como los pasos en planta y consta en el plano de las rutas de evacuación por nivel. VER PLANO DE RUTAS DE EVACUACIÓN.• Las rutas se definieron según el estudio de sección y la norma NFPA 101.	Nivel I-II-III

Elaborado por: El investigador

6.16 Procedimientos para la evacuación

Ante una emergencia que implique evacuación, las rutas están especificadas en los planos de rutas de evacuación de las tres plantas (anexos 10, 11 y 12) y se deben seguir los pasos que se detallan a continuación:

Ruta evacuación I (Nivel I-II-III)

Una vez detectado el peligro y si no es controlable el fuego o la crisis se procederá a realizar lo siguiente:

- Desconectar los aparatos y maquinaria eléctrica a su cargo (PC, Radios, Fax).
- Si se encuentra con algún visitante, lo debe orientar, o acompañar por los pasillos de Flujo general de evacuación. Los pacientes o personas lesionadas tendrán prioridad.
- Evacuar el lugar con rapidez, pero SIN CORRER, ni atropellar a otras personas, de acuerdo con las instrucciones recibidas de los responsables de Emergencia.
- En caso de la existencia de humo por incendio, que pudiese dificultar la respiración y visión, se recomienda seguir avanzando gateando.
- NO RETROCEDA JAMAS, ni porte objetos voluminosos,
- No intente intervenir en situaciones de extremo riesgo, sino es imprescindible, puede entorpecer la acción de equipos o cuerpos de socorro e incluso salir seriamente lastimado, por una acción temeraria.
- Una vez en el exterior, dirigirse al punto de encuentro (Zona de Seguridad Asignado), acercarse al Verificador, e informar de su presencia y estado,
- Si detecta peligro en zonas marcadas como seguras bordee y diríjase a un sitio seguro.

Instrucciones para la evacuación

- En donde se encuentre siga la ruta marcada con las señales de evacuación,
- Siga las instrucciones del personal encargado de evacuación,
- Una vez en el exterior, dirigirse al punto de encuentro (Zona de Seguridad Asignado), acercarse al verificador, e informar de su presencia y estado.
- Espere instrucciones de su líder.

6.17 Metodología

El método de gestión para ejecutar esta propuesta y la metodología de la empresa Agrocueros S.A. se basa esencialmente en las buenas prácticas de manufactura (BPM) y

en lo que a seguridad y salud ocupacional se refiere, fundamentan su desempeño en el mejoramiento continuo utilizando para el efecto -entre otras- la norma de la Occupational Health and Safety Assessment Series: OHSAS 18001:2007, que pertenece a la serie de Evaluación de Seguridad y Salud Ocupacional al igual que el documento adicional.

La metodología que se utiliza en el sistema de seguridad y salud laboral en la empresa Agrocueros S. A. es como se detalla continuación:

1. Manual de sistema de seguridad y salud ocupacional.
2. Formatos elaborados para:
 - Control de documentos y registros
 - Auditorías internas
 - Control de no conformidades
 - Acciones correctivas y preventivas
3. Registros para:
 - Acciones según el sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional
 - Acciones capacitación del personal responsable de la operación del GLP
 - Matriz de cumplimiento de requisitos legales
 - Identificación y evaluación de peligros y definición de controles
 - Identificación y estadísticas de accidentes.

6.18 Plan de capacitación

6.18.1 Objetivo del plan de capacitación

Preparar a todo el personal que trabaja en la empresa impartiendo los conocimientos, desarrollo de técnicas de prevención y se mejore su capacidad de reacción, para que se anule el riesgo o se mitiguen los efectos y las consecuencias de un accidente mayor.

6.18.2 Alcance

Al considerarse una empresa de alto riesgo, todo el personal que labora en Agrocueros S. A. tiene la obligación de recibir la formación y capacitación de todo lo que involucra el manejo del Gas Licuado de Petróleo.

6.18.3 Responsabilidades

Del Gerente

Coordinar los recursos necesarios para una capacitación continua

Del responsable de seguridad

Coordinar todos los eventos de capacitación, instructores, temas y contenidos en función de los riesgos evaluados.

De los trabajadores

Asistir a las capacitaciones programadas por la empresa de acuerdo al cronograma establecido por el responsable, registrar su asistencia y aprobar las evaluaciones.

6.19 Procedimiento general de capacitación

La Secretaría de talento humano debe proporcionar la lista de los trabajadores que asistirán a la capacitación dando prioridad a las secciones de almacenamiento de GLP, suministro y quemadores.

Para la validación de la capacitación se solicita en la propuesta y debe constar de: actividades formativas, competencias a desarrollar, duración, contenido, medios formativos y evaluación.

Los asistentes deben recibir la capacitación necesaria y luego del evento se deben evaluar al instructor con la ficha que facilite el Responsable de Seguridad. Se debe evaluar la capacitación por la demostración de los conocimientos adquiridos en función de las actividades asociadas al proceso y el mejoramiento en los indicadores de gestión

para lograr los objetivos, según el formato de Evaluación de Percepción y Calidad de Capacitación

6.20 Inducciones

Es política de la empresa dar inducciones como parte del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud del Trabajo orientado a los trabajadores recién contratados y principalmente a quienes laboran en las áreas críticas. Contemplan los siguientes aspectos: Área productiva, factores de riesgos propios de la empresa e inherentes a su puesto, medidas preventivas, manejo de detectores de GLP. Se hace especial énfasis al momento de las descargas de GLP de la misma manera cuando se implementen nuevos equipos.

6.21 Contenido

El contenido del Programa de Capacitación está determinado por la evaluación de riesgos y a sugerencias del Comité de Seguridad y Salud de la Empresa y es el siguiente:

CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN

N°	Tema	Horas	Fecha
1	Accidente mayor, incendio, explosión	2	Febrero 2015
2	Características del Gas Licuado de Petróleo (GLP)	2	Febrero 2015
3	Consecuencias en el cuerpo humano del GLP	2	Febrero 2015
4	Explicación de energía, sobrepresión e impulso	6	Febrero - Marzo 2015
5	Fuga del GLP, acciones	2	Marzo 2015
6	Zonas de intervención y de alerta (comunidad)	2	Marzo 2015
7	Comunicación formal e informal	2	Marzo 2015
8	Organización y exigencias del trabajo	2	Abril 2015

Elaborado por: El investigador

6.22 Anexos del programa de capacitación

6.22.1 Formato para Evaluación de Percepción y Calidad de la Capacitación

Nombre del Evento:	
Fecha:	Hora:
Estimados colaboradores como parte de las acciones de mejoramiento de la calidad de las capacitaciones y en el afán de lograr mejoras en su trabajo y en la empresa, se le agradece llenar el siguiente cuestionario	
Evalúe de 1 a 5 así: (1) Malo; (2) Regular; (3) Aceptable; (4) Bueno; (5) Excelente.	
DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
1. LOGÍSTICA	
El local utilizado fue adecuado para el desarrollo del evento	
Las ayudas audiovisuales fueron correctamente utilizadas	
2. ORGANIZACIÓN	
La intensidad horaria fue suficiente para el desarrollo del curso	
Los días y la hora del evento fueron adecuados	
El contenido del evento cubrió sus expectativas	
La realización del evento fue oportuno para el desarrollo de sus actividades	
3. DESARROLLO DEL CURSO	
Al inicio del evento se dio a conocer los objetivos del mismo	
El programa desarrollado se ajustó al establecido al inicio	
Los conocimientos adquiridos en este evento tienen aplicabilidad en su actividad laboral	
4. EL FACILITADOR	
Estuvo puntual a la capacitación	
Sus explicaciones fueron claras y comprensivas	
Satisfizo las inquietudes planteadas	
5. AUTOEVALUACIÓN COMO ESTUDIANTE	
Puntualidad	
Asistencia	
Participación	
Aprovechamiento del curso	

6.23 Costos estimados de la propuesta

Costos directos

Elemento	Cantidad	Valor unitario en USD	Valor total en USD
Sensores acústicos y luminosos con electroválvula	9	320	2880
Sensores acústicos y luminosos	5	110	550
Cables, materiales y accesorios			360
Instalación sensores con electroválvula	7	65	455
Instalación sensores acústicos y luminosos	5	30	150
Proyecto y diseño de pared anti explosión	1	1300	1300
Construcción de pared antiexplosión	36 metros	185	6660
Materiales y accesorios adicionales		400	400
Implementación plan de emergencia, difusión	1	240	240
Señalética adicional	20	18	360
Organización de brigadas e información	1	120	120
Información y organización del plan de capacitación	1	200	200
Adecuación sala de capacitación	1	220	220
Costos instructor (grupos de 30 personas)	120 horas	20	2400
Equipos y materiales		1600	1600
Imprevistos		300	300
		TOTAL	18195

Elaborado por: El investigador

6.24 Administración

La presente propuesta se somete a consideración del Directorio de la empresa Agrocueros S. A. y del Gerente, su aplicación se enmarca en lo que establecen las ordenanzas del Ilustre Municipio del cantón Ambato, la Empresa Municipal Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Ambato y a la normativa local vigente, y su ejecución a la metodología PHVA que establecen las Normas OHSAS 18001:2007 y la guía OHSAS 18002:2008.

6.25 Conclusiones de la propuesta

La implementación de esta propuesta es responsabilidad de la empresa y de las entidades de control y se puede establecer las siguientes conclusiones:

- El plan de control en la fuente, en el medio y en el trabajador detecta anomalías en el almacenamiento y sistemas de distribución del GLP utilizando sensores y construyendo los muros antiexplosión propuestos.
- El plan de emergencia es un documento que da las directrices de la forma que el personal de la empresa debe actuar ante una situación desfavorable, estructurando las brigadas y sus responsables, asignando los respectivos roles.
- Finalmente se propone el plan de capacitación porque la mejor seguridad es el conocimiento tanto para el personal de la empresa como para los residentes cercanos según las zonas de intervención y de alerta determinadas en este trabajo.

Según el informe del simulacro se tiene las siguientes acotaciones:

- Se realizó un día sábado por lo tanto la circulación de los vehículos de emergencia no tienen mayores inconvenientes, se sugiere hacer el simulacro un día laborable.
- La colaboración de todos quienes participaron en el evento fue importante para el éxito de esta simulación.

- Algunas personas que ya conocían que es simulacro no asistieron, falta compromiso de algunos empleados administrativos.
- La última persona en llegar al punto de encuentro luego de dar el aviso de emergencia tardo siete minutos.
- La coordinación de las brigadas fue eficiente, principalmente las brigadas de comunicación y de evacuación.
- Hay que destacar la actuación muy comprometida del Cuerpo de Bomberos y de la Policía Nacional al tomar con toda la seriedad que el caso requería.

6.26 Recomendaciones de la propuesta

- Para todas las empresas ubicadas en este sector existe un tiempo establecido (año 2016) por el Ilustre Municipio de Ambato para que sean reubicadas en el Parque Industrial o en zonas de menor afectación tanto para las personas como para el ambiente, se recomienda que la propuesta, sea analizada y estudiada para su aplicación en futuras instalaciones.
- Incluir en la planificación anual de la empresa los programas de capacitación, haciendo énfasis en las personas que están involucradas en el manejo del GLP.
- Destinar los recursos necesarios para implementar sistemas de detección de gas en los sectores determinados como críticos: sistemas de abastecimiento, almacenamiento, vaporizador, distribución y quemadores.
- Cumplir debidamente el sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional, y ejecutar el plan de emergencia.
- Realizar al menos una vez al año un simulacro de evacuación con la participación de todos los empleados de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- A., S. D. (1995). *Química Analítica*. México: Mc. Graw Hill.
- Abreu, Jean Batista; Godoy, Luis;. (2001). El Accidente de Buncefield 1. *Investigación de Causas de Explosión en Plantas Petrolíferas*.
- Abreu, Jean Batista; Godoy, Luis A. (15 de Julio de 2011). Investigación de Causas de Explosiones en una Planta de Almacenamiento de Combustible en Puerto Rico. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 11(2), 109-110.
- Abreu, Jean Batista; Godoy, Luis A;. (16 de AGOSTO de 2009). Investigación de Causas de Explosiones en Plantas Petrolíferas: Buncefield. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 9(1), 188.
- ASME Sección IX. (30 de Marzo de 2013). *Traducción de Código de Calderas y Recipientes a Presión* . New York, New York, EE. UU.
- Beer, F; Johnston, E R;. (2007). *Mecánica Vectorial para Ingenieros*. México D.F.: McGraw-Hill INTERAMERICANA .
- Bomberos. (20 de 01 de 2011). *Protección contra fuego*. Recuperado el 20 de 03 de 2012, de www.bomberos-seguridad.com.
- Bomberos. (20 de 01 de 2011). *Protección contra fuego*. Recuperado el 11 de 03 de 2012, de [usuarios.lycos.es: http://usuarios.lycos.es/galapagar/extinción.html](http://usuarios.lycos.es/galapagar/extinción.html)
- Botta, N. A. (2011). *Dinámica de las Explosiones Industriales*. La Plata-Argentina: RED PROTEGER.
- Bueche, F; Hecht, E;. (2001). *Física General*. México: Mc Graw-Hill.
- Castro Delgado, R; Arcos Gonzáles, P.;; (Diciembre de 1998). Artículo relacionados con accidentes mayores. *Revista Española de Salud Pública*, 72(6), 4.
- Cengel, Y. A; Boles, M. A. (2011). *Termodinámica Séptima Edición*. México: Mc Graw Hill.
- Clima Block. (2010). *Clima Block*. Zaragoza, España.
- Código ASME. (01 de Julio de 2010). New York, Estados Unidos de América.

- Contini, S; Francocci, G.F.;. (1993). *Rassegna di modelli per la valutazione degli effetti delle esplosioni negli impianti industriali*. Ispra Italia: Centro Comune di Ricerca.
- Cuerpo de Bomberos Puente Alto. (12 de Septiembre de 2010). *www.bomberospuentealto.cl*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2013, de *www.bomberospuentealto.cl*.
- Diario La Gran Época. (30 de Septiembre de 2013). Harthausen, Alemania, evacuados después de la explosión de gas. *Diario Epoch Times*, pág. 24.
- Diaz, A. (2006). *Análisis de Consecuencias y Zonas de Planificación*. Murcia, España.
- Directiva 82/501/CEE. (24 de Noviembre de 1988). *Riesgos de accidentes graves en determinadas actividades industriales*. Luxemburgo, Luxemburgo.
- Directiva Seveso de la UE. (21 de Diciembre de 2010). *Síntesis de la legislación de la Unión Europea*. Recuperado el 18 de Junio de 2013, de http://europa.eu/legislation_summaries/environment/civil_protection/121215_es.htm
- El Telégrafo. (07 de Enero de 2014). *Falla humana en el sistema de mantenimiento*.
- García, S. d. (2008). *Manual de Seguridad en Plantas Químicas y Petroleras*. España: Mc Graw-Hill.
- Harthausen, Alemania, evacuados después de la explosión de gas. (28 de Septiembre de 2013). *Epoch Times*, pág. 30.
- Herrera Collantes, P. A. (29 de 01 de 2013). Identificación de riesgo de incendio y explosión en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador: UCE.
- Herrera E, Luis; Medina F, Arnaldo; Naranjo L, Galo;. (2010). *Tutoría de la Investigación Científica*. Ambato Ecuador: Maxtudio.
- INDURA, G. (31 de 12 de 2013). *Manual de Gases Indura*. Lima, Perú.
- Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. (07 de Mayo de 2004). *Decisión 584*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Javier, G. (20 de Abril de 2010). *Un nuevo método para la evaluación de riesgos de explosión*. Recuperado el 6 de noviembre de Noviembre de 2012, de *www.lom.upm.es*
- López Sopena, J. E. (2001). *Sistemas de unidades. Conceptos básicos. Manual de instalaciones de GLP*, 100.
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Guía de Respuesta en Caso de Emergencia*. Quito.

- Normalización, I. E. (23 de 03 de 2000). *Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos*. Recuperado el 04 de Noviembre de 2013, de www.inen.gov.ec
- NTE INEN 2 260. (23 de Julio de 2008). Quito, Pichincha, Ecuador.
- NTP 921 Turmo Sierra, E. (1991). *NTP: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit*. Madrid España: INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo.
- OIT. (1990). *Control de Riesgos de Accidentes Mayores*. Ginebra, Suiza.
- Pulido Montoya, J. L. (2005). *Prevención y control de incendios y explosiones en la producción y almacenamiento de gas licuado de petróleo - GLP*. Lima, Perú.
- Repsol. (2009). *Ficha Técnica*. Madrid.
- Revete, F; Argenis, A;. (2011). *Diagnóstico de seguridad en plantas de llenado de cilindros de gas licuado de petróleo (GLP)*. Caracas-Venezuela.
- RICHARD, C. (1997). *Guía Completa de las Normas ISO 1400*. Barcelona: Gestión 2000.
- Rodríguez, X. (2007). *Prevención y protección de explosiones de polvo en instalaciones industriales*. Cataluña-España: DIScript Preimpresión, S.L.
- Rolle, K. C. (2006). *Termodinámica*. México: Pearson Education.
- SESO-SART-IESS. (1986). *Manual Técnico*. Quito: IGM.
- Sociedad Ecuatoriana de Seguridad, Salud Ocupacional y Gestión Ambiental . (2012). Seguridad Industrial. *Revista Prevención de Riegos Laborales*, 10.
- Sociedad Española para el estudio de la Ansiedad y el Estrés. (2001). *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- UNE 60250. (04 de Junio de 2008). *Instalaciones de almacenamiento de gases licuados del petróleo*. Madrid, España.
- UPC, E. (Ed.). (Septiembre de 1999). *Análisis de riesgo en instalaciones industriales. Análisis de riesgo en instalaciones industriales, I(1)*, 15.
- Véliz Toledo, A. B. (2010). <http://es.scribd.com/doc/128269174/METODOLOGIA-PROBIT>. Recuperado el 10 de Diciembre de 2013, de <http://es.scribd.com/doc/128269174/METODOLOGIA-PROBIT>
- Wikipedia. (15 de enero de 2001). *Wikipedia la enciclopedia libre*. Recuperado el 12 de julio de 2014, de <http://es.wikipedia.org/wiki/URL>

- *Winipedia Enciclopedia Libre*. (11 de Diciembre de 2013). Recuperado el 27 de Diciembre de 2013, de Extintores: <http://es.wikipedia.org/wiki/Extintor>
- Younglove, B. A.; Ely, J. F. (1986). Thermophysical Properties of Fluids. II. *Journal of Physical and Chemical*.

DOCUMENTOS

- Decreto 2393. 1986: ***Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.*** Registro Oficial 249.
- Norma INEN 715. 1987: ***Prevención de Incendios. Requisitos básicos para prevención de sistemática de explosiones.*** Registro Oficial No. 725 de 1987-07-09.
- Norma INEN 743 1987: ***Prevención de Incendios. Clasificación de materiales explosivos explosiones.*** Registro Oficial No. 754 de 1987-08-21.
- Norma NFPA 101: ***Código de Seguridad Humana.*** Aprobada como Norma Nacional Estadounidense (ANSI) el 11 de febrero 2000.
- Norma NFPA 220: ***Standard on Types of Building Construction.*** 1999 Edición. Aprobada como Norma Nacional Estadounidense (ANSI) el 13 de agosto 1999.
- NORMA NFPA 921. 2001: ***Guía para la Investigación de Incendios y Explosiones.*** Edición 2001. Consejo de Normas el 13 de enero 2001.
- NORMA NTP 293. 1991: ***Explosiones BLEVE(I): evaluación de la radiación térmica.*** Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.

ANEXOS

Anexo # 1: Propiedades del propano

 Origins in 1898	Thermodynamic Properties of Saturated Propane	Placed: 03/21/2008
	DRAWINGS ARE 'TYPICAL ONLY' AND NOT INTENDED FOR ENGINEERING PURPOSES	Replaces: 8/10/04

Enthalpies and Entropies are referred to saturated liquid at -200°F, where the values are zero. Refer to Fig. 1 for Enthalpies and Entropies of super heated propane vapor.

Temp. Deg. F. t	Pressure Lb. Per Sq. In.		Specific Volume Cu. Ft. per Lb.		Density Lb. Per Cu. Ft.		Enthalpy** Btu per Lb.		Latent** Heat Btu per Lb. L	Entropy** Btu per Lb. Deg. F.		Temp. Deg. F. t
	Absolute P	Gauge y.p.	Liquid v	Vapor V	Liquid l/v	Vapor l/V	Liquid hf	Vapor hv		Liquid sf	Vapor sv	
-75	6.37	*17.0	0.02660	14.5	37.59	0.0690	65.5	255.5	190.0	0.142	0.625	-75
-70	7.37	*14.9	0.02674	12.9	37.40	0.0775	68.0	257.0	189.0	0.148	0.623	-70
-65	8.48	*12.7	0.02688	11.3	37.20	0.0885	71.5	258.0	186.5	0.154	0.621	-65
-60	9.72	*10.1	0.02703	9.93	37.00	0.111	74.0	259.5	185.5	0.160	0.620	-60
-55	11.1	*7.3	0.02717	8.70	36.80	0.115	77.0	261.0	184.0	0.167	0.618	-55
-50	12.6	*4.3	0.02732	7.74	36.60	0.129	79.5	262.7	183.2	0.173	0.617	-50
-45	14.4	*0.6	0.02748	6.89	36.39	0.145	82.3	2644	181.9	0.179	0.615	-45
-40	16.2	1.5	0.02763	3.13	36.19	0.163	85.0	265.8	180.8	0.185	0.614	-40
-35	18.1	3.4	0.02779	5.51	35.99	0.181	87.5	264.2	179.7	0.190	0.613	-35
-30	20.3	5.6	0.02795	4.93	35.78	0.203	90.2	268.9	178.7	0.196	0.612	-30
-25	22.7	8.0	0.02811	4.48	35.58	0.224	92.8	270.3	177.5	0.202	0.610	-25
-20	25.4	10.7	0.02827	4.00	35.37	0.250	95.6	271.8	176.2	0.208	0.608	-20
-15	28.3	13.6	0.02844	3.60	35.16	0.278	98.3	273.2	174.9	0.214	0.607	-15
-10	31.4	16.7	0.02860	3.26	34.96	0.307	101.0	274.9	173.9	0.220	0.607	-10
-5	34.7	20.0	0.02878	2.97	34.75	0.337	103.8	276.2	172.4	0.226	0.606	-5
0	38.2	23.5	0.02895	2.71	34.54	0.369	106.2	277.7	171.5	0.231	0.605	0
+5	41.9	27.2	0.02913	2.48	34.33	0.403	108.8	279.0	170.2	0.236	0.604	+5
10	46.0	31.3	0.02931	2.27	34.12	0.441	111.3	280.5	167.2	0.246	0.603	10
15	50.6	35.9	0.02950	2.07	33.90	0.483	114.0	281.8	167.8	0.248	0.602	15
20	55.5	40.8	0.02970	1.90	33.67	0.526	116.8	283.1	166.3	0.254	0.601	20
25	60.9	46.2	0.02991	1.74	33.43	0.575	119.7	284.4	164.7	0.260	0.600	25
30	66.3	51.6	0.03012	1.60	33.20	0.625	122.3	285.7	163.4	0.266	0.599	30
35	72.0	57.3	0.03033	1.48	32.94	0.676	125.0	287.0	162.0	0.272	0.598	35
40	78.0	63.3	0.03055	1.37	32.73	0.730	128.0	288.3	160.3	0.278	0.597	40
45	84.6	69.9	0.03078	1.27	32.49	0.787	131.1	289.5	158.4	0.285	0.596	45
50	91.8	77.1	0.03102	1.18	32.24	0.847	134.2	290.7	156.5	0.292	0.596	50
55	99.3	84.6	0.03125	1.10	32.00	0.909	137.2	292.0	154.8	0.298	0.596	55
60	107.1	92.4	0.03150	1.01	31.75	0.990	140.6	293.2	152.6	0.306	0.595	60
65	115.4	100.7	0.03174	0.945	31.50	1.06	143.8	294.5	150.7	0.313	0.594	65
70	124.0	109.3	0.03201	0.883	31.24	1.13	147.5	295.8	148.3	0.321	0.594	70
75	133.2	118.5	0.03229	0.825	30.97	1.21	150.3	296.9	146.6	0.327	0.594	75
80	142.8	128.1	0.03257	0.770	30.70	1.30	154.0	299.1	145.1	0.335	0.593	80
85	153.1	138.4	0.03284	0.722	30.42	1.39	157.0	299.2	142.2	0.342	0.593	85
90	164.0	189.0	0.03317	0.673	30.15	1.49	160.3	300.3	140.0	0.349	0.593	90
95	175.0	160.0	0.03348	0.632	29.84	1.58	163.4	301.3	137.9	0.356	0.592	95
100	187.0	172.0	0.03381	0.591	29.58	1.69	166.8	302.4	135.6	0.363	0.592	100
105	200.0	185.0	0.03416	0.553	29.27	1.81	169.8	303.2	133.4	0.370	0.592	105
110	212.0	197.0	0.03453	0.520	28.96	1.92	172.8	304.0	131.2	0.376	0.591	110
115	228.0	211.0	0.03493	0.488	28.63	2.05	176.2	304.7	128.5	0.383	0.590	115
120	240.0	225.0	0.03534	0.459	28.30	2.18	179.2	305.2	125.4	0.391	0.589	120
125	254.0	239.0	0.03575	0.432	27.97	2.31	183.5	305.8	122.3	0.399	0.588	125
130	272.0	257.3	0.03618	0.404	27.64	2.48	183.8	306.1	119.3	0.406	0.587	130
135	288.0	273.3	0.03662	0.382	27.32	2.62	190.0	306.3	116.3	0.413	0.583	135
140	305.0	290.3	0.03707	0.360	27.00	2.78	194.0	306.5	112.5	0.422	0.505	140

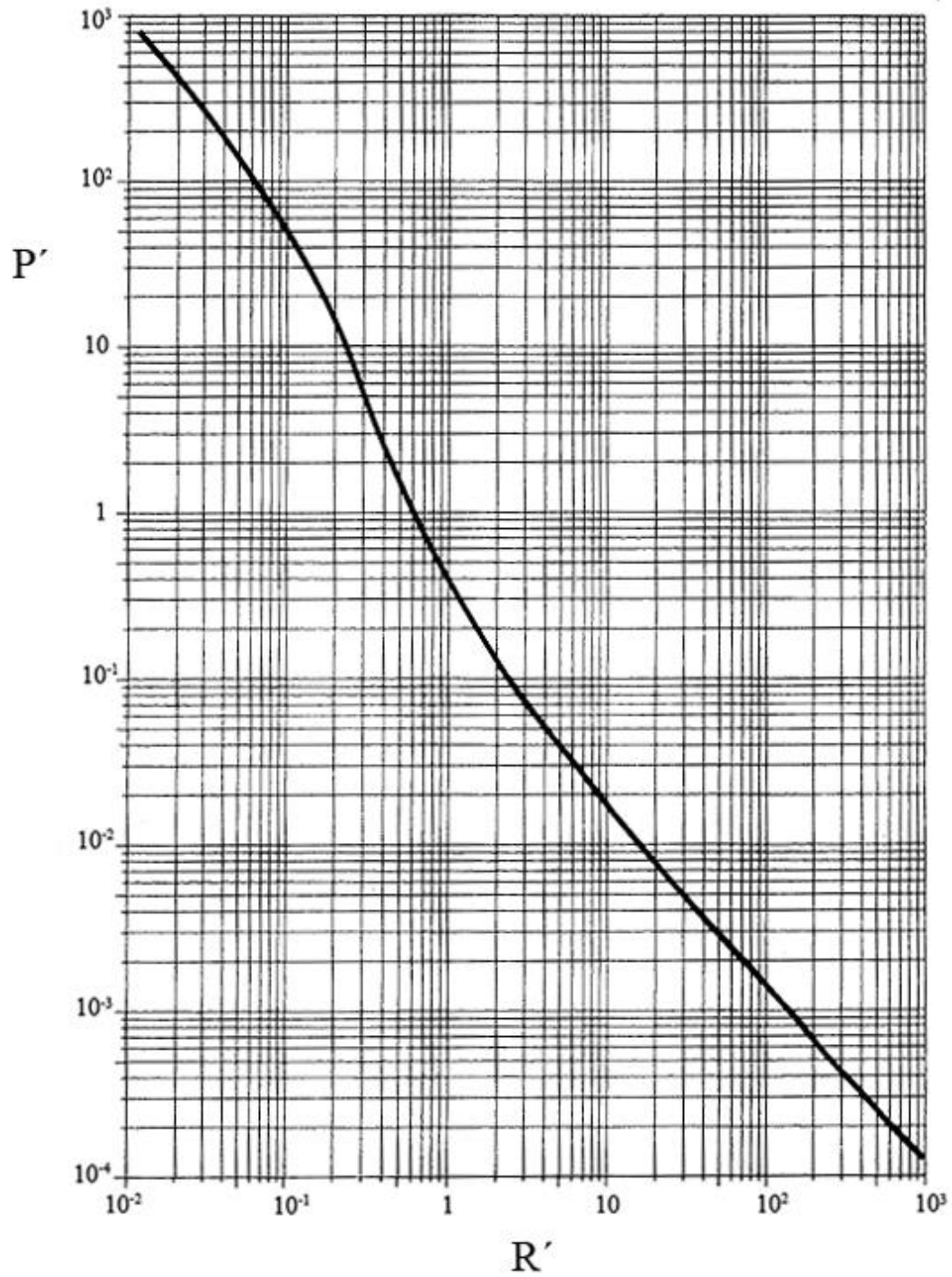
† Based on material from Dana, Jenkins, Burdick and Timm, published originally in REFRIGERATING ENGINEERING, June, 1926, Vol. 12, No. 12, Page 403.
 * inches of mercury, twice one standard atmosphere (29.92 in.).
 -- From Mollier Diagrams for Propane, W.C. Edmister, Standard Oil Co. (Indiana).

Provided by: Ely Energy Inc-USA Publication: C037 Published in: America	Proprietary Data of Ely Energy Inc. Not to be reproduced without permission Ely Energy Inc-2004	A Global Leader in LPG Energy Systems Fax: ++1.918.254.5412 Visit us: www.elyenergy.com
---	---	---

Fuente: (Younglove, B. A.; Ely, J. F., 1986)

Anexo # 2: Sobrepresión vs distancia

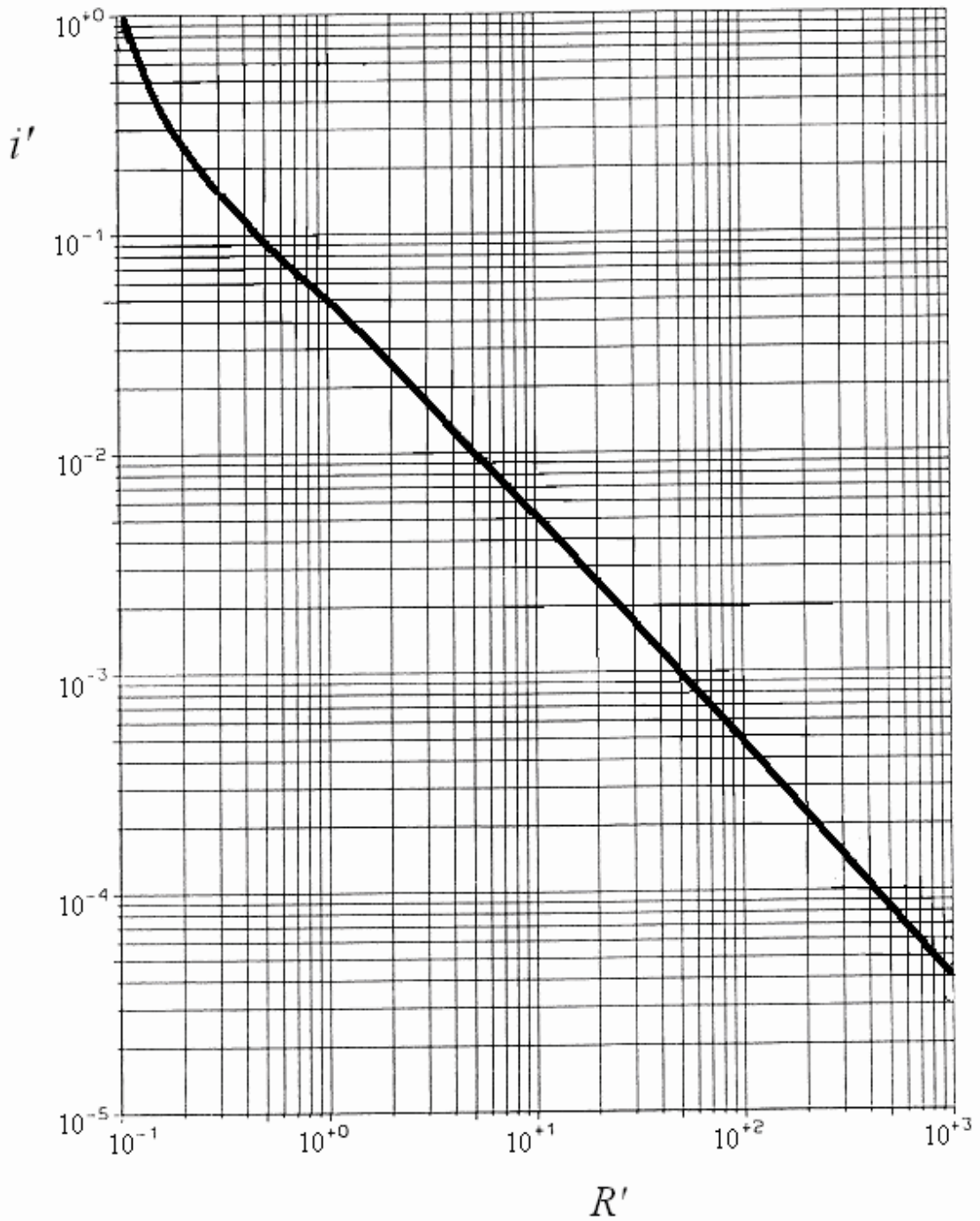
*Sobrepresión escalada (P') frente a distancia escalada (R')
para el estallido de recipientes (Baker et al. 1977).*



Fuente: (Diaz, 2006)

Anexo # 3: Impulso vs distancia

Impulso escalado (i') frente a la distancia escalada (R') para el estallido de recipientes (Baker et al. 1977).



Fuente: (Diaz, 2006)

Anexo # 4: Valores Probit

Correspondencia entre valores Probit y porcentaje de población afectada

Probit (Y)	%	Probit (Y)	%	Probit (Y)	%	Probit (Y)	%	Probit (Y)	%
0	0	4,23	22	4,85	44	5,41	66	6,18	88
2,67	1	4,26	23	4,87	45	5,44	67	6,23	89
2,95	2	4,29	24	4,90	46	5,47	68	6,28	90
3,12	3	4,33	25	4,92	47	5,50	69	6,34	91
3,25	4	4,36	26	4,95	48	5,52	70	6,41	92
3,36	5	4,39	27	4,97	49	5,55	71	6,48	93
3,45	6	4,42	28	5,00	50	5,58	72	6,55	94
3,52	7	4,45	29	5,03	51	5,61	73	6,64	95
3,59	8	4,48	30	5,03	52	5,64	74	6,75	96
3,66	9	4,50	31	5,08	53	5,67	75	6,88	97
3,72	10	4,53	32	5,10	54	5,71	76	7,05	98
3,77	11	4,56	33	5,13	55	5,74	77	7,33	99,0
3,82	12	4,59	34	5,15	56	5,77	78	7,37	99,1
3,87	13	4,61	35	5,18	57	5,81	79	7,41	99,2
3,92	14	4,64	36	5,20	58	5,84	80	7,46	99,3
3,96	15	4,67	37	5,23	59	5,88	81	7,51	99,4
4,01	16	4,69	38	5,25	60	5,92	82	7,58	99,5
4,05	17	4,72	39	5,28	61	5,95	83	7,65	99,6
4,08	18	4,75	40	5,31	62	5,99	84	7,75	99,7
4,12	19	4,77	41	5,33	63	6,04	85	7,88	99,8
4,16	20	4,80	42	5,36	64	6,08	86	8,09	99,9
4,19	21	4,82	43	5,39	65	6,13	87	≥ 8,10	100

Fuente: (NTP 921 Turmo Sierra, 1991)

Anexo # 5: Valores de sobrepresión e impulso, para uno, dos, tres recipientes y vehículo cisterna.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESIÓN UN RECIPIENTE <i>Ps (Pa)</i>	SOBREPRESIÓN DOS RECIPIENTE <i>Ps (Pa)</i>	SOBREPRESIÓN TRES RECIPIENTE <i>Ps (Pa)</i>	SOBREPRESIÓN CISTERNA <i>Ps (Pa)</i>
8,0	233.200	466.400	699.600	No aplica
10,0	163.240	326.480	489.720	349.800
12,5	116.600	233.200	349.800	No aplica
15,0	51.304	102.608	153.912	No aplica
20,0	32.065	64.130	96.195	81.620
25,0	17.956	35.913	53.869	No aplica
30,0	12.826	25.652	38.478	32.065
40,0	8.978	17.956	26.935	No aplica
50,0	5.611	11.223	16.834	12.826
60,0	4.489	8.978	13.467	No aplica
75,0	3.928	7.856	11.784	6.173
100,0	2.806	5.611	8.417	4.489
135,0	1.796	3.591	5.387	No aplica
150,0	897,8	1.796	2.693	2.806

Elaborado por: El investigador

Anexo # 6: Delimitación zonas de influencia

Zona de intervención: Radio de 65 metros del sitio de estallido ■

Zona de alerta: Radio de 135 metros del sitio de estallido ■



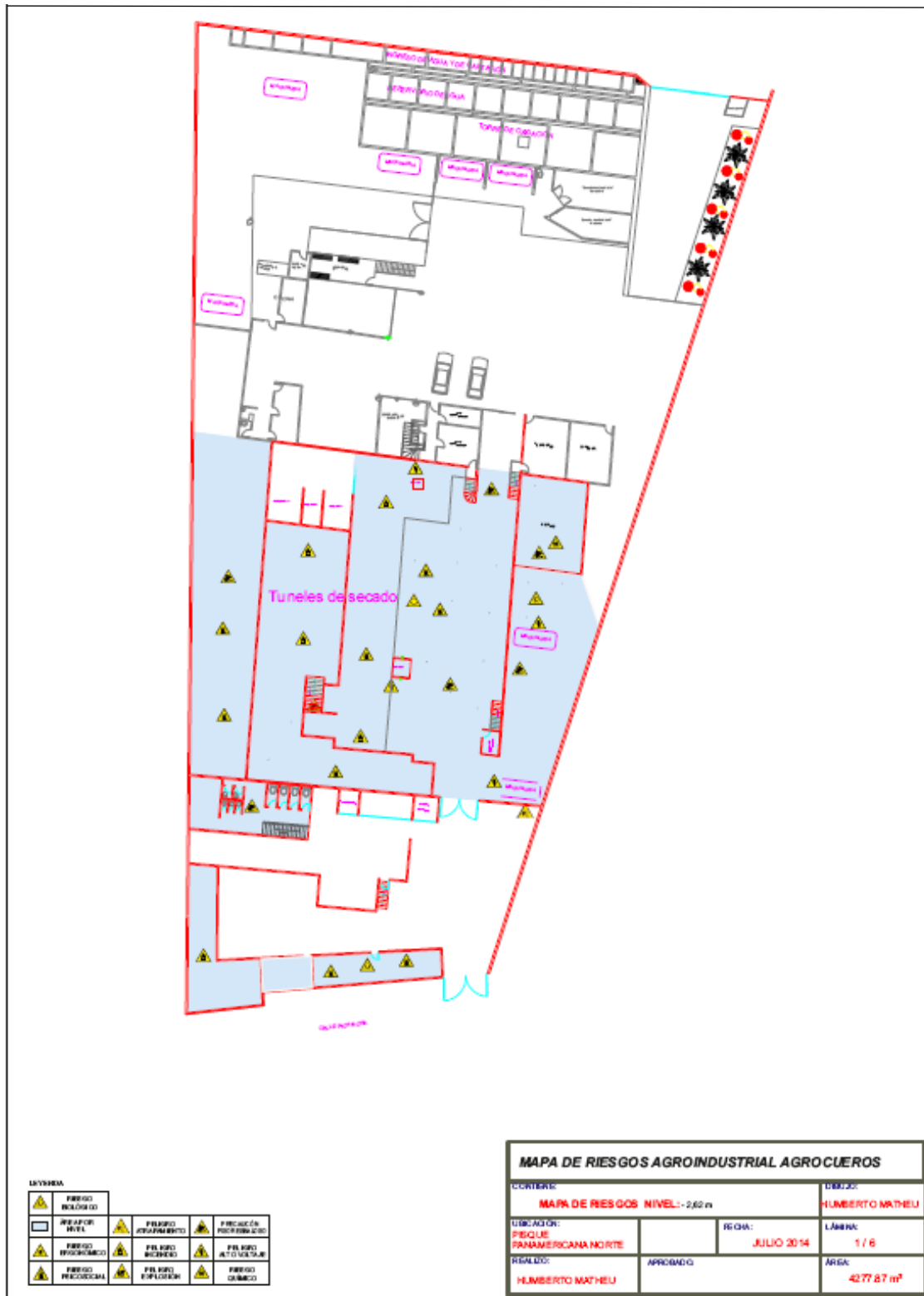
Elaborado por: Investigador

Fuente: Google Earth

Anexo # 7: Mapa de Riesgos

Nivel – 2,62 metros (subsuelo)

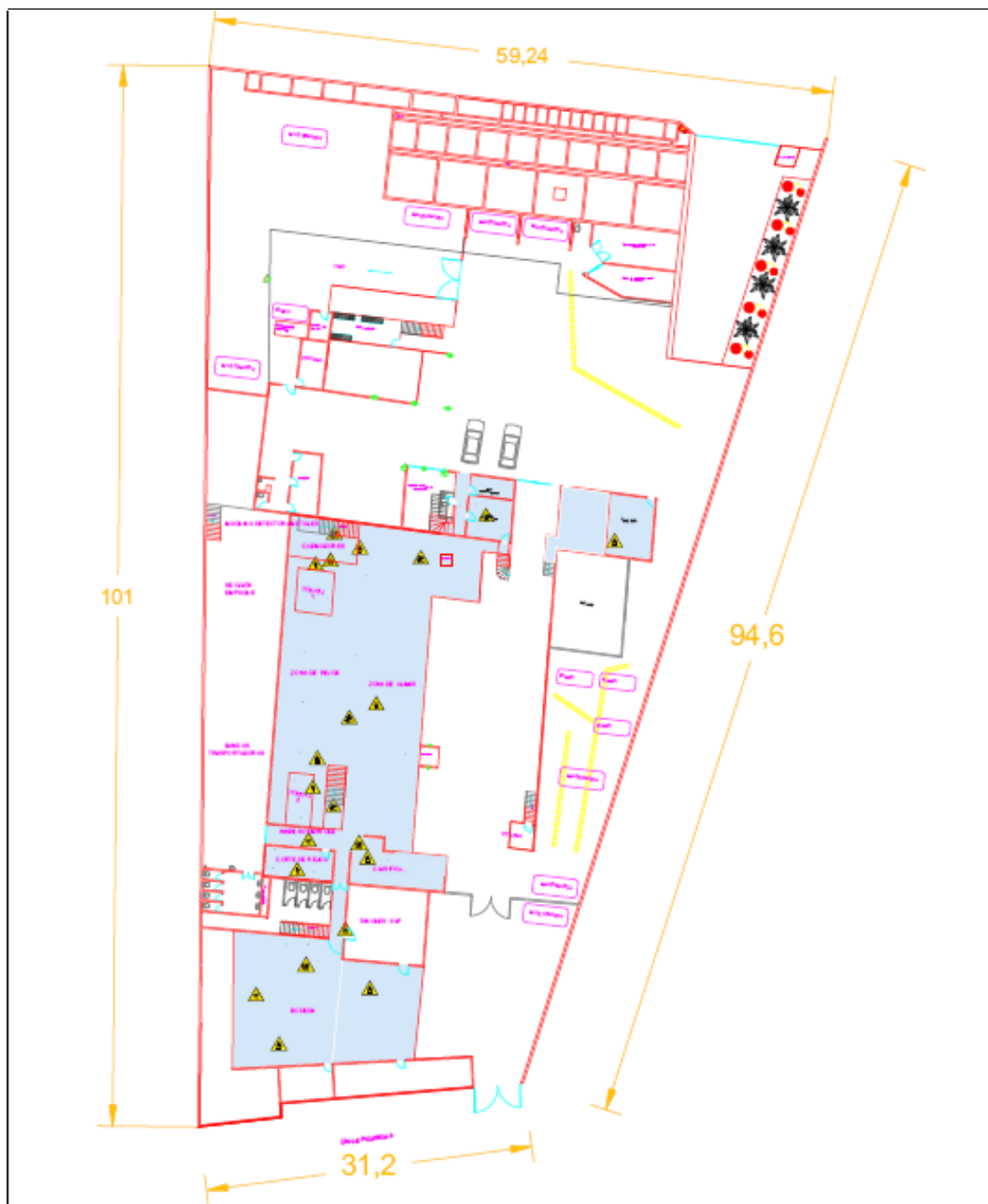
Lámina 1/6: Empresa Agrocueros



Anexo # 8: Mapa de Riesgos

Nivel 0,00 metros (planta baja)

Lámina 2/6: Empresa Agrocueros



LEYENDA

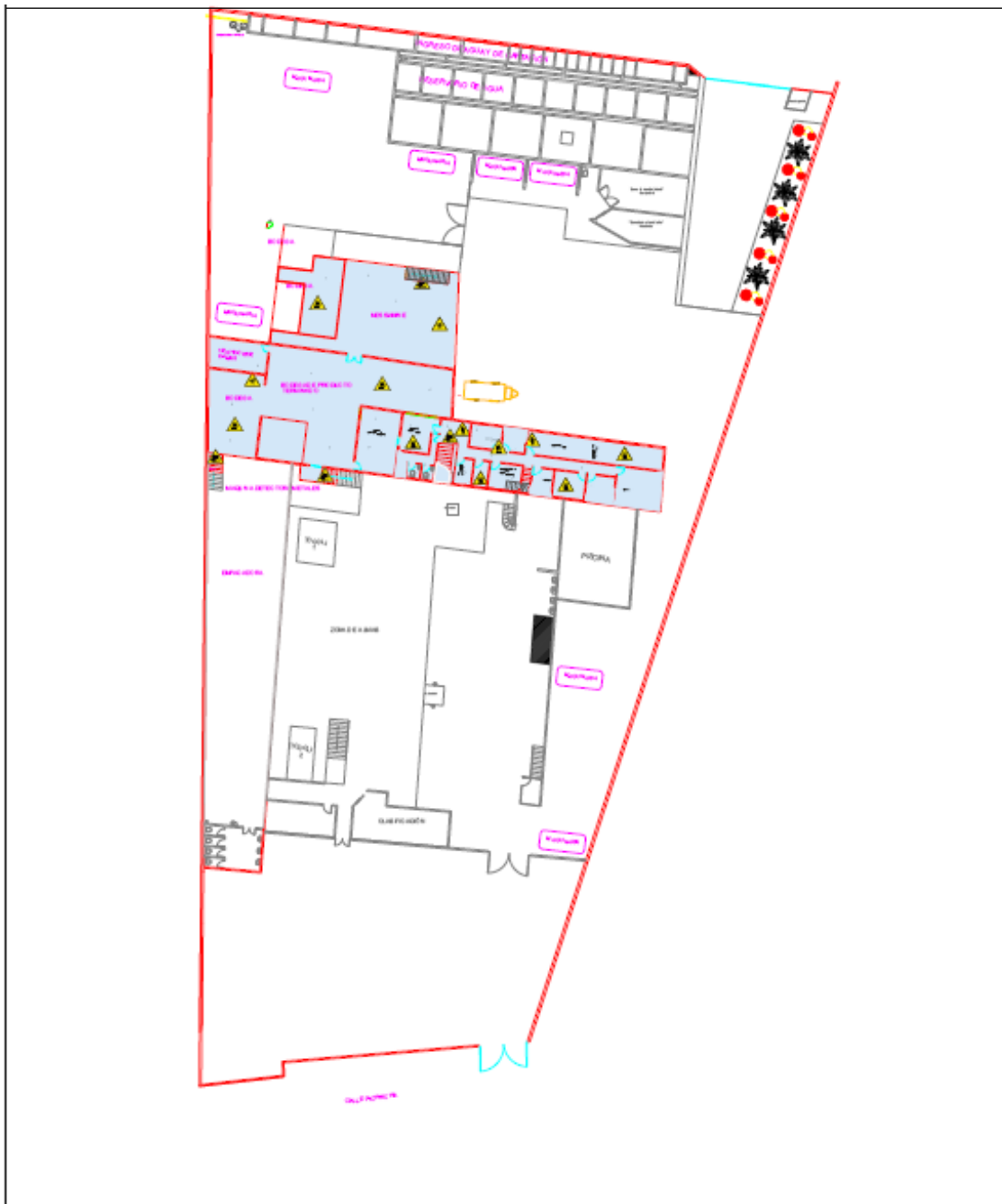
	RIESGO BIOLÓGICO		RIESGO QUÍMICO		RIESGO FÍSICO
	ZONA DE RIESGO		RIESGO MECÁNICO		RIESGO ELÉCTRICO
	RIESGO ECONÓMICO		RIESGO ACÚSTICO		RIESGO JALTO CALOR
	RIESGO PSICOLÓGICO		RIESGO DE TRÁFICO		RIESGO QUÍMICO

MAPA DE RIESGOS AGROINDUSTRIAL AGROCUEROS			
AUTOR:		DISEÑO:	
MAPA DE RIESGOS NIVEL: 0,0 m		HUMBERTO MATHIU	
UBICACIÓN:	FECHA:	LÁMINA:	
PISCUE PANAMERICANA NORTE	JULIO 2014	2 / 6	
PROYECTO:	APROBADO:	ÁREA:	
HUMBERTO MATHIU		4277,87 m ²	

Anexo # 9: Mapa de Riesgos

Nivel +2,53 metros (primer piso)

Lámina 3/6: Empresa Agrocueros



LEYENDA

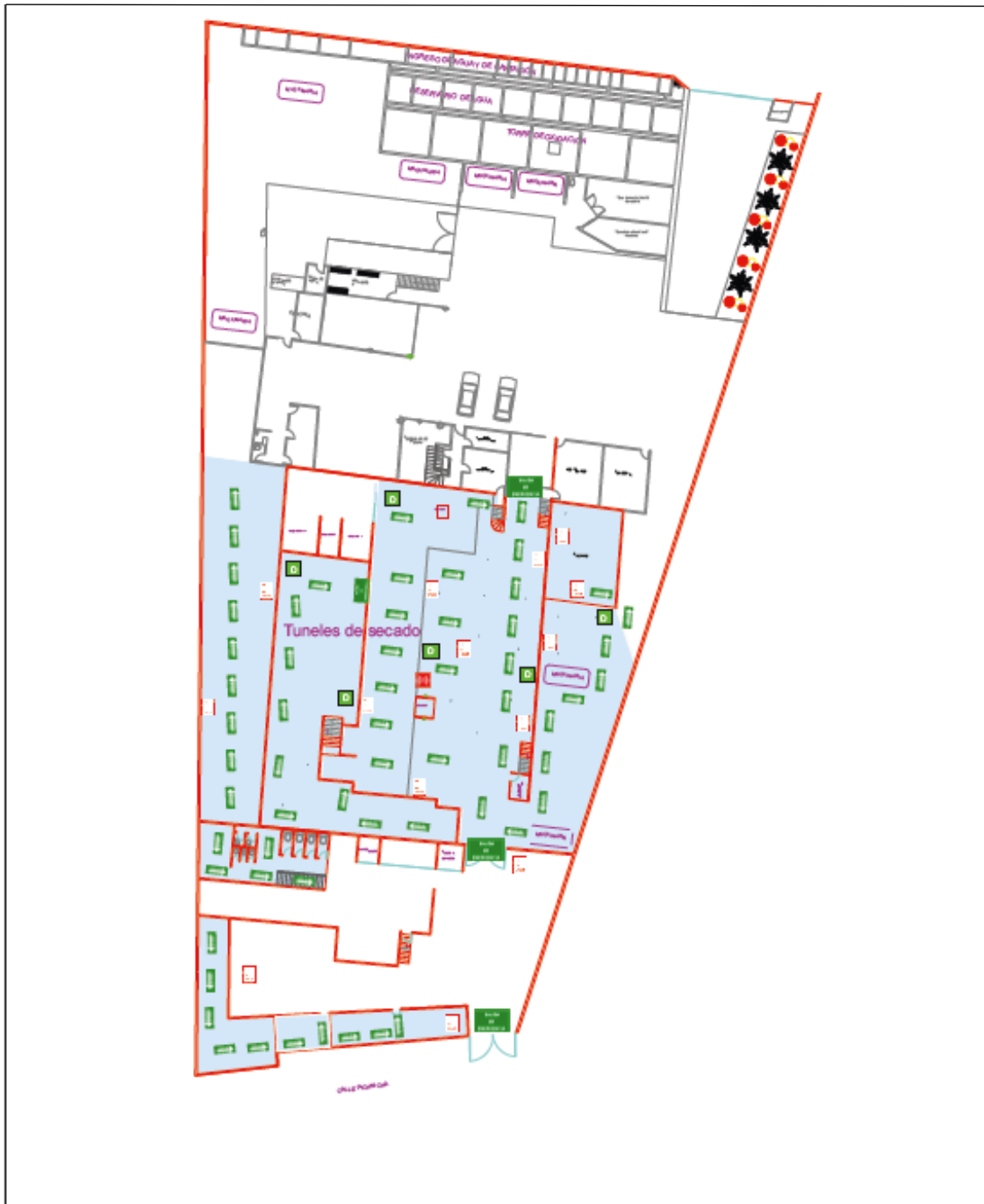
	RIESGO BIOLÓGICO		RIESGO QUÍMICO		RIESGO FÍSICO
	RIESGO INCENDIO		RIESGO ELÉCTRICO		RIESGO CAÍDA
	RIESGO TÓXICO		RIESGO CORROSIVO		RIESGO EXPLOSIÓN
	RIESGO INFECCIOSO		RIESGO RADIACIÓN		RIESGO ALTA VOLTAJE

MAPA DE RIESGOS AGROINDUSTRIAL AGROCUEROS			
AUTOR:		DISEÑO:	
MAPA DE RIESGOS NIVEL: 2,53 m		HILBERTO MATHEU	
UBICACIÓN:	FECHA:	LÁMINA:	
RISQUE PANAMERICANA NORTE	JULIO 2014	3 / 6	
REALIZO:	APROBADO:	ÁREA:	
HILBERTO MATHEU		4277.87 m ²	

Anexo # 10: Rutas de Evacuación

Nivel -2,62 metros (subsuelo)

Lámina 4/6: Empresa Agrocueros



LEYENDA

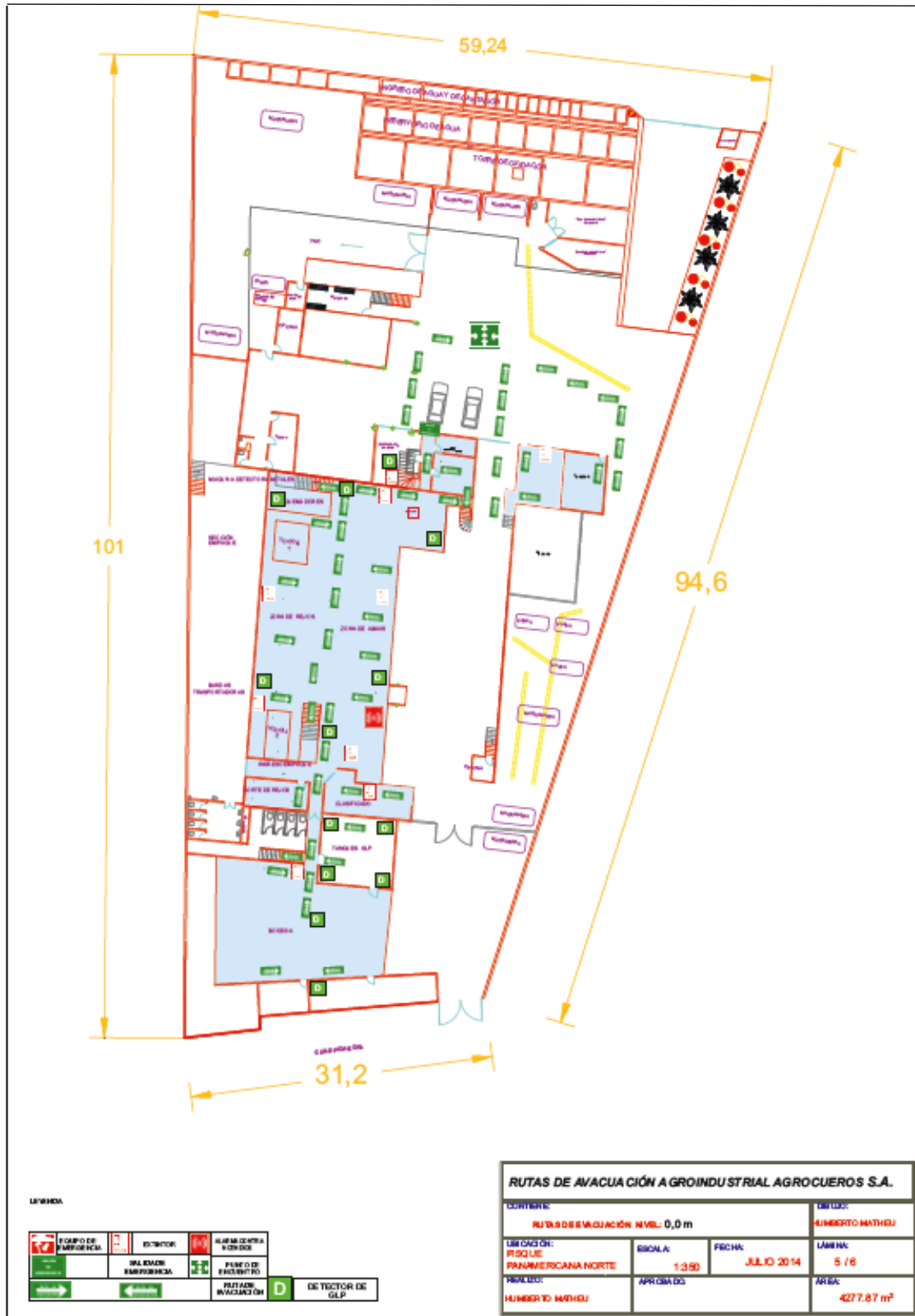
	SEÑAL DE EMERGENCIA		ALTO PASO		ALBERCA CONTRA INCENDIOS
	SALIDA DE EMERGENCIA		PUNTO DE ENCUENTRO		PASEO DE MANEJO
					SEÑAL DE D.P.

RUTAS DE EVACUACION A GROINDUSTRIAL AGROCUEROS S.A.			
CONTENIDO: RUTAS DE EVACUACION NIVEL: - 2,62 m		DISEÑO: HUMBERTO MATHIU	
UBICACION: RISQUE PANAMERICANA NORTE	ESCALA: 1:350	FECHA: JULIO 2014	LÁMINA: 4 / 6
REALIZADO: HUMBERTO MATHIU	APROBADO		AREA: 4277,87 m ²

Anexo # 11: Rutas de Evacuación

Nivel 0,00 metros (planta baja)

Lámina 5/6: Empresa Agrocueros



LEYENDA

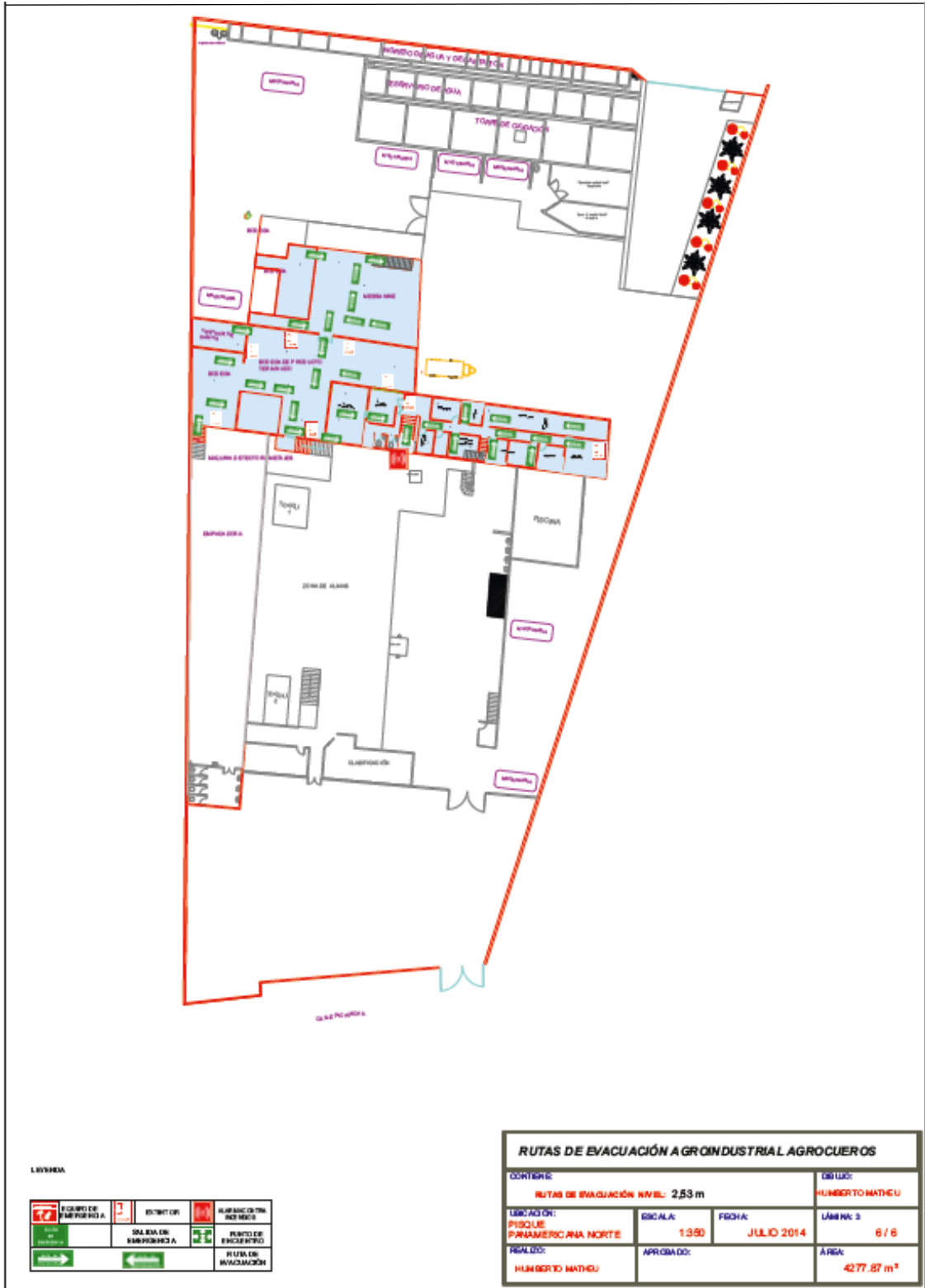
	EQUIPO DE EMERGENCIA		EXTINTOR		ALARMAS CONTRA INCENDIO
	SALIDA DE EMERGENCIA		PUNTO DE ENCUENTRO		DE TECTOR DE GLP

RUTAS DE EVACUACIÓN A GROINDUSTRIAL AGROCUEROS S.A.			
CONTIENE:		DISEÑÓ:	
RUTAS DE EVACUACIÓN NIVEL: 0,0 m			
AUTOR:		NÚMERO: MATHJH	
UBICACIÓN:	ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
PROYECTO:	1:300	JULIO 2014	5 / 6
PROYECTO:	APROBADO	ÁREA:	
NÚMERO: MATHJH			4277,87 m ²

Anexo # 12: Rutas de Evacuación

Nivel +2,53 metros (primer piso)

Lámina 6/6: Empresa Agrocueros



LEYENDA

	PERIMETRO DE EMERGENCIA		ESTRUCTURA		ALMACÉN DE MATERIALES
	SEÑALES DE EMERGENCIA		PUNTO DE ENCUENTRO		RUTA DE EVACUACIÓN

RUTAS DE EVACUACIÓN A GROINDUSTRIAL AGROCUEROS			
CONTENIDO:		DISEÑO:	
RUTAS DE EVACUACIÓN NIVEL: 2.53 m		HUMBERTO MATHIU	
UBICACIÓN:	ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
PISCUE PARAMERCIANA NORTE	1:350	JULIO 2014	6 / 6
REALIZÓ:	APROBÓ:	ÁREA:	
HUMBERTO MATHIU		4277.87 m ²	