



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA DE PETRÓLEO

CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO

**“PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS Y DE
INFRAESTRUCTURAS PARA LA POBLACIÓN DE
MONTEVERDE DESDE EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL
COMPLEJO DE GAS MONTEVERDE”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN PETRÓLEO

Presentado por:

Eliana Jacqueline Baque Domínguez

Juan Carlos Lema Cefla

Docente Tutor: Ing. Kervin Chunga, PhD.

La Libertad – Ecuador

2012 – 2013

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA DE PETRÓLEO

CARRERA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO

**“PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS Y DE
INFRAESTRUCTURAS PARA LA POBLACIÓN DE
MONTEVERDE DESDE EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL
COMPLEJO DE GAS MONTEVERDE”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN PETRÓLEO

Presentado por:

Eliana Jacqueline Baque Domínguez

Juan Carlos Lema Cefla

Docente Tutor: Ing. Kervin Chunga, PhD.

La Libertad – Ecuador

2012 – 2013

APROBACIÓN DEL DOCENTE-TUTOR

En mi calidad de Docente -Tutor del trabajo de investigación: “PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS Y DE INFRAESTRUCTURAS PARA LA POBLACIÓN DE MONTEVERDE DESDE EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL COMPLEJO DE GAS MONTEVERDE”, elaborado por los estudiantes Eliana Jacqueline Baque Domínguez y Juan Carlos Lema Cefla, egresados de la Carrera de Ingeniería en Petróleo, luego de haber cumplido con su respectiva orientación, estudio y revisión, me permito declarar su aprobación integral.

Ing. Kervin Chunga, PhD.

DOCENTE-TUTOR

DECLARACIÓN EXPRESA

En atención al art. 26 del Reglamento del Trabajo de Titulación y Graduación de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, UPSE, que puntualiza: "La titularidad de la propiedad intelectual del trabajo de graduación y titulación es del autor", nosotros, autores de la presente tesis, declaramos nuestra voluntad para que sea la UPSE, la institución que, promueva y/o ejecute proyectos fundamentados en contenidos científicos y técnicos, expuesto en estas páginas, idóneamente dirigidos por nuestro Docente - Tutor

Santa Elena, 8 de marzo del 2013

Eliana Jacqueline Baque Domínguez

C.I. 0923311385

Juan Carlos Lema Cefla

C.I. 0922699996

AGRADECIMIENTO Y DEDICATORIA

Consumo satisfacción, agradezco y dedico este Trabajo de Tesis:

A mis Padres, pues gracias a su comprensión y apoyo permanente pude lograr su desarrollo y finalizar la etapa universitaria para adentrarme a la vida profesional;

A mi familia, compañeros y amigos, quienes me brindaron su ayuda incondicionalmente;

A mi pequeño hijo porque creo que su futuro depende de mí presente; y,

A mi padre celestial por haberme dado la fuerza y la salud necesaria para poder seguir adelante y cristalizar uno de mis objetivos propuestos.

Eliana Jacqueline Baque Domínguez.

Santa Elena, 8 de marzo del 2013

AGRADECIMIENTO Y DEDICATORIA

Me faltaría espacio en esta carilla para agradecer a todas las personas que de una u otra manera me enseñaron a comprender y poner en práctica: tenacidad, perseverancia, paciencia, amor y sobre todo la experiencia, valores con los que me he conducido.

A mi familia, que soslayando sus propios problemas, me ofreció su apoyo incondicional, como gratitud le dedico mi trabajo.

A mis amigos del colegio y de la universidad, quienes además de su afecto me brindaron, muchos y buenos momentos, dentro y fuera de los establecimientos donde nos educamos; tanto así que, a pesar del tiempo transcurrido, aún vuelven aquellos gratos recuerdos a alimentar mi espíritu y alma.

A mis maestros, de quienes asimilé aquella esencia que posee cada uno; gracias a ellos me encuentro preparado y dispuesto, a ejercer mi vida profesional, pues tengo en mente sus vastos consejos, sus valiosas enseñanzas, memorias y experiencias de la vida, y del trabajo.

Juan Carlos Lema Cefla.

Santa Elena, 8 de marzo del 2013

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Ramón Muñoz Suarez
DECANO FACULTAD
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Ing. Alamir Álvarez Loor
DIRECTOR DE LA ESCUELA
INGENIERÍA EN PETRÓLEO

Ing. Kervin Chunga, PhD.

TUTOR

Ing. Freddy Huamán Marcillo

PROFESOR DE ÁREA

Ab. Milton Zambrano Coronado, Msc.

SECRETARIO GENERAL - PROCURADOR

RESUMEN

La distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en el Ecuador es dependiente del subsidio que otorga el Estado, con la ejecución del proyecto del CGM se disminuirá en cierto grado la aportación para el subsidio, puesto que, actualmente, se arrienda un sistema de almacenamiento costa fuera de Propano y Butano.

En realidad el CGM además de almacenar, envasará GLP de 15 Kg., específicamente para el uso doméstico y servirá de sitio de descarga y punto de partida del gasoducto Monteverde-Chorrillos, para su distribución y comercialización.

Lo expuesto anteriormente demanda el conocimiento necesario de los equipos que están inmersos en el proceso: recepción, descarga, bombeo, criogenia, almacenamiento y despacho de los componentes y del principal producto resultante como lo es el GLP, de igual manera enfrentar los problemas derivados del funcionamiento irregular en cualquiera de las fases del proceso de tratamiento de GLP.

Para el caso de eventos peligrosos en el CGM se justifica incluir en esta Tesis una sección dedicada a la Gestión de Riesgos en coordinación con la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos para complementar el Plan de Prevención direccionado a proteger a la población más cercana, en este caso, la Comuna de Monteverde.

PRESENTACIÓN

La idea de desarrollar este trabajo de investigación surge de la necesidad de implementar un Plan de Gestión de Riesgos dirigido a la infraestructura y características geológicas, tanto del Complejo de Gas Monteverde como del área poblada más cercana a éste. Los diversos elementos presentados (mapas, simulaciones y capturas de imágenes) han sido desarrollados bajo supervisión del CIGEO UPSE, por tanto, demuestran calidad y garantía de trabajo representativo para la carrera de Ingeniería en Petróleo.

El estudio realizado sobre la infraestructura del plan, posibles amenazas naturales e industriales, la realidad socio-económica-cultural de las poblaciones adyacentes, son fundamentales; además se menciona en breves rasgos la importancia del CGM, porque puede aplicarse para almacenar Gas Natural Licuado (GNL), luego de adaptarse una sección de endulzamiento, para aprovechar la proximidad al Campo Amistad; de esta manera, aprovechar al máximo el Complejo que luego de 26 años ve la luz a cargo de la Flota Petrolera Ecuatoriana (FLOPEC).

Los comentarios y conclusiones generados en el trabajo son consecuencia de la recolección, clasificación y análisis de valiosa información obtenida tanto en las instalaciones del complejo gasífero, como en el entorno ambiental y social que lo rodea.

INDICE GENERAL

	Página
Portada.....	I
Aprobación del Tutor.....	II
Declaración Expresa.....	III
Agradecimiento y dedicatoria - Eliana Baque	IV
Agradecimiento y dedicatoria - Juan Carlos Lema.....	V
Tribunal de Graduación.....	VI
Resumen.....	VII
Presentación.....	VIII
Índice General.....	IX
Abreviaturas.....	XIX
Índice de Tablas.....	XXIII
Índice de Figuras.....	XXV

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	OBJETIVOS	2

1.3	FASES DE INVESTIGACIÓN Y METODOLOGÍA	3
1.4	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	5

CAPITULO II

CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

2.1	DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL SITIO DE ESTUDIO- CGM	7
2.2	ACCESO VIAL	8
2.3	ACTIVIDADES DE LA POBLACIÓN	10
2.4	HIDROGRAFÍA	10
2.5	CLIMA Y VEGETACIÓN	13

CAPITULO III

GENERALIDADES DEL COMPLEJO DE GAS MONTEVERDE

3.1	PRODUCCION Y SUBSIDIO DE GLP EN ECUADOR	15
3.1.1	ANTECEDENTES DEL CGM.....	16
3.2	FASES DE CONSTRUCCION	18
3.3	MUELLE.....	18
3.4	ÁREA DE ESFERAS Y TANQUES CRIOGÉNICOS.....	19
3.5	LÍNEAS DE TRANSPORTE	20

3.6	ÁREAS DE CONTROL PRINCIPALES DEL COMPLEJO	21
3.6.1	ANCLAJE Y DESCARGA.....	21
3.6.2	BOMBEO	22
3.7	LÍNEAS DE DESCARGA	22
3.8	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO.....	23
3.9	SISTEMA CONTRA INCENDIOS	23
3.10	CORROSIÓN	24
3.10.1	CORROSIÓN GALVÁNICA.....	24
3.10.2	SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA POR CORRIENTE GALVÁNICA.....	25
3.10.3	SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA POR INYECCIÓN DE CORRIENTE.....	25
3.10.4	CORROSIÓN POR EL MEDIO AMBIENTE	26
3.10.5	PROTECCIÓN CON ANTICORROSIVOS	26
3.11	GENERALIDADES DEL GLP.....	27
3.11.1	CARACTERIZACIÓN DEL PROPANO Y BUTANO.....	28
3.11.2	PUNTO DE EBULLICIÓN.....	29
3.11.3	DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO.....	29
3.11.4	PODER CALORÍFICO O CALOR DE COMBUSTIÓN	29
3.11.5	INFLAMABILIDAD.....	29

3.11.6	CONSIDERACIONES DEL GLP.....	30
3.11.7	PORCENTAJES DE MEZCLA	31

CAPITULO IV

IDENTIFICACIÓN DE AMENZAS DE ORIGEN NATURAL PRÓXIMAS AL COMPLEJO DE GAS MONTEVERDE.

4.1	AMENAZAS GEOLÓGICAS DE ORIGEN SÍSMICO	32
4.1.1	SISMICIDAD HISTÓRICA E INSTRUMENTAL EN EL GOLFO DE GUAYAQUIL Y SANTA ELENA	34
4.1.2	ZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA EL GOLFO DE GUAYAQUIL	38
4.1.3	FALLAS GEOLÓGICAS ACTIVAS.....	43
4.2	AMENAZAS GEOLÓGICAS POR TSUNAMIS	46
4.2.1	RIESGO POR TSUNAMIS.....	46
4.2.2	REGISTRO DE TSUNAMIS QUE IMPACTARON EN EL ECUADOR	47
4.2.3	ANÁLISIS DE PELIGRO DE TSUNAMIS.....	49
4.2.4	ALTURA DE OLAS	50
4.2.5	MODELAMIENTO Y DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO DE UNA OLA.....	52
4.3	FENÓMENO HIDROMETEOROLÓGICO (INUNDACIÓN).	54

4.3.1	FENÓMENO DEL NIÑO.....	56
4.3.2	FENÓMENO DE LA NIÑA.....	57
4.3.3	REGISTRO DE INUNDACIONES EN EL ECUADOR.....	58

CAPITULO V

EVALUACIÓN DE RIESGOS DESDE LA PERSPECTIVA INDUSTRIAL Y SOCIAL

5.1	INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE RIESGOS	59
5.2	FACTORES DE RIESGO ASOCIADO	59
5.3	EVALUACIÓN DE RIESGOS TECNOLÓGICOS	61
5.4	RIESGOS INDUSTRIALES.....	63
5.5	ZONA DE RIESGO	64
5.6	VULNERABILIDAD	64
5.7	MITIGACIÓN.....	64
5.8	GESTIÓN DE RIESGO COMUNITARIO.....	65
5.8.1	OBJETIVO	65
5.8.2	ALCANCE	66
5.8.3	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	66
5.8.4	FICHAS TÉCNICAS.....	66
5.8.5	PLANO COMUNITARIO.....	70

5.8.6	PROCESAMIENTO DE DATOS	70
-------	------------------------------	----

CAPITULO VI

CÁLCULO DE ONDAS DE SOBREPRESIÓN POR EXPANSIÓN

6.1	BLEVE (BOILING LIQUID EXPANDING VAPOUR EXPLOSION)	71
6.2	CONDICIONES PARA LA EXISTENCIA DE BLEVE	72
6.2.1	SOBRECALENTAMIENTO Y DESPRESURIZACIÓN	72
6.2.2	TEMPERATURA Y LÍNEA LIMITE DE SOBRECALENTAMIENTO	73
6.2.3	RADIACIÓN TÉRMICA	76
6.2.4	DISTANCIA DE LA LLAMA AL OBJETIVO	77
6.2.5	TRANSMISIBILIDAD ATMOSFÉRICA	78
6.2.6	FACTOR DE VISTA	78
6.2.7	PODER EMISIVO	78
6.2.8	INTENSIDAD DE RADIACIÓN	79
6.2.9	SOBREPRESIÓN	79
6.2.10	ENERGÍA LIBERADA EN EL ESTALLIDO	82

CAPITULO VII

ESTRATEGIA, PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE GEORIESGOS

7.1	PLANEAMIENTO TERRITORIAL PARA SECTOR INDUSTRIAL Y ASENTAMIENTOS RURALES PARA MONTEVERDE	83
7.2	EVALUACIÓN DE RIESGOS SÍSMICOS Y TSUNAMIGÉNICOS QUE AFECTARÍAN AL CGM	85
7.2.1	TECTÓNICA ACTIVA Y NIVELES DE SISMICIDAD	86
7.2.2	SIMULACIÓN NUMÉRICA DE PROPAGACIÓN DE ONDAS DE TSUNAMIS PARA EL CGM	86
7.3	EVALUACIÓN DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS "EL NIÑO"	90
7.4	EVALUACIÓN DE ONDAS DE EXPANSIÓN POR . RUPTURA DE ESFERAS DE ALMACENAMIENTO DE GLP	93
7.4.1	CÁLCULO DE ONDAS DE SOBREPRESIÓN ORIGINADAS POR BLEVE	93
7.4.2	MAPA DE RIESGO RESULTANTE	102
7.5	ESTRATEGIA DE PLANIFICACIÓN PARA LA COMUNIDAD DURANTE UN EVENTO DE ONDAS EXPANSIVAS DE GLP	103
7.5.1	RESULTADOS DE LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN COMUNIDAD DE MONTEVERDE	103

7.5.2	SÍNTESIS DEL CENSO REALIZADO EN LA COMUNIDAD DE MONTEVERDE	103
7.5.3	GRUPO HUMANO	104
7.5.4	NIVEL DE EDUCACIÓN	106
7.5.5	RIESGOS PERCEPTIBLES POR LA COMUNIDAD.....	107
7.5.6	INFRAESTRUCTURA REQUERIDA.....	107
7.5.7	RUTAS DE EVACUACIÓN Y ZONAS SEGURAS	108

CAPITULO VIII

8.1	CONCLUSIONES	109
8.2	RECOMENDACIONES	110
8.3	ACLARACIONES	111
	NOMENCLATURA	112
	ANEXOS	114
	FOTOS	115
	ANEXO F1.RECOLECCIÓN DE DATOS DE PROFUNDIDAD PARA DETERMINAR POSIBLES COTAS DE INUNDACIÓN.....	116
	ANEXO F2.AREA POBLADA DE JAMBELÍ, RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PARA DETERMINAR ZONAS DE INUNDACIÓN.....	116

ANEXO F3.DESNIVEL DE ELEVACIONES; DESDE LA POBLACIÓN DE MONTEVERDE SE APRECIA PARTE DE LOS TANQUES DE PROPANO VISTO DESDE LA POBLACION DE MONTEVERDE.....	117
ANEXO F4.DESPRENDIMIENTO DE LAS LUTITAS INTERCALADAS CON ARENISCAS.	117
ANEXO F5 ROCA EXPUESTA POR LA METEORIZACIÓN DEL SECTOR.....	118
ANEXO F6. VEGETACION QUE RODEA AL CGM.....	118
ANEXO F7. FIJADOR DE EMBARCACIONES.....	119
ANEXO F8. TESISTAS EN EL AREA DEL MUELLE.....	119
ANEXO F9.DETERMINACIÓN DEL BUZAMIENTO DE LA ROCA, 67° NE.....	120
ANEXO F10 DOCENTE TUTOR CON REPRESENTANTES DE LA COMUNA JAMBELÍ.....	120
MAPAS	121
ANEXO M1.MAPA DE SISMICIDAD HISTORICA DEL ECUADOR.....	122
ANEXO M2.MAPA CLIMATICO.....	123
ANEXO M3.MAPA DE RIESGO EN COLONCHE.....	124
ANEXO M4.MAPA DE SUELO Y PENDIENTES.....	125
ANEXO M5.DISTANCIA DE SUBDUCCIÓN.....	126

ANEXO M6.MAPA DE FORMACIONES EN LA PROVINCIA.....	127
TABLAS	128
ANEXO T1. PROPIEDADES FÍSICAS Y VELOCIDADES DE COMBUSTIÓN PARA INCENDIOS DE CHARCO SOBRE TIERRA.....	129
ANEXO T2.VALORES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA CRÍTICAS DE LOS HIDROCARBUROS.....	129
ANEXO T3.CATÁLOGO DE SISMOS EN EL ECUADOR (SUDAMERICA).....	130
ANEXO T4.CATÁLOGO DE SUDAMERICA A 100 KM A LA REDONDA DESDE EL PUNTO DE ESTUDIO A PARTIR DE UNA MAGNITUD ≥ 3	133
BIBLIOGRAFÍA	135

ABREVIATURAS

API	American Petroleum Institute
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (Explosión de vapores que se expanden al hervir el líquido)
CEC	Código Ecuatoriano de la Construcción
CERECIS	Centro Regional de Sismología para América del Sur
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
C.I.B.V.	Centro Integral del Buen Vivir
CIGEO	Centro de Investigación de Geociencias
C.N.H.	Creciendo con Nuestros Hijos
COE	Comité de operaciones emergentes
EP PETROECUADOR	Empresa Pública Petróleo del Ecuador
EPN	Escuela Politécnica Nacional
ENOS	"El Niño" Oscilación del Sur
FLOPEC	Flota Petrolera Ecuatoriana
GPS	Posicionamiento Satelital Global
IAEA	Agencia Internacional de Energía Atómica
INEC	Instituto nacional de estadísticas y censo

INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
INPECA	Industria Pesquera Compañía Anónima
MFGC	Millones de pies cúbicos de gas
MIDUVI	Ministerio de urbanización y vivienda
Me	Intensidad Macrosísmica
Ms	Magnitud superficial
Mt	Magnitud total
Mw	Magnitud del momento
N	Norte
NE	Noreste
NEIC	National Earthquake Information Center
NW	Noroeste
PEMEX	Petróleos de México
TM	Toneladas métricas
UPSE	Universidad Estatal Península de Santa Elena
USGS	United States Geological Service
UVCE	Unconfined Vapour Cloud Explosion (Explosión de Vapores No Confinados)
WAPMEER	Agencia Mundial de Monitoreo Planetario y Reducción de Riesgos Sísmicos

DEM	Digital Elevation Model
GIS	Sistema de Información Geográfica
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS	Sistema Geodésico Mundial
Me	metros, Este
Mn	metros, Norte
GLP	Gas Licuado de Petróleo
TML	Límite de Humedad Transportable
S.I.S.	Sistema Integrado de Seguridad
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
PQS	Polvo Químico Seco
GNL	Gas Natural Licuado
mbar	milibar
SDM	Sistema Mayor Dextral
RENSIG	Red Nacional de Sismología del Geofísico
H	Distancia focal del sismo
PGA	Peak Ground Acceleration
NEC-11	Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011

IAEA

Agencia Internacional de Energía Atómica

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Descripción de las cuencas con sus respectivas áreas cercanas al sitio de estudio.....	12
Tabla 2: Características de buques accesibles de acuerdo al diseño del muelle	19
Tabla 3: Tipos de aislantes más comunes para evitar la corrosión de facilidades.	27
Tabla 4: Los 10 primeros alcanos de la cadena lineal	28
Tabla 5: Porcentajes de mezclas de GLP comerciales, en este caso en el Complejo de Gas Monteverde es mayoritaria la proporción Propano con respecto al Butano.....	31
Tabla 6: Registro sísmico en Golfo de Guayaquil y parte de la región costera	35
Tabla 7: Registro sísmico en Monteverde (Magnitud > 6)	37
Tabla 8: Descripción de fallas ubicadas a 100 Km a la redonda del área de estudio	45
Tabla 9: Características de los diferentes eventos generadores de tsunamis en el Ecuador.....	48
Tabla 10: Clasificación de tsunamis según altura de ola y daños	49
Tabla 11: Factores de riesgo asociado, aplicado a la Comunidad y el Complejo Monteverde.....	60

Tabla 12: Expresiones de constantes expuestas por los investigadores para cálculo de BLEVE, fuente: Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales.	76
Tabla 13: Daños producidos por la onda de sobrepresión, fuente: Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales.	82
Tabla 14: Correlación de sismos por magnitudes vs años ocurridos en el área de estudio.....	86
Tabla 15: Precipitaciones en la Península de Santa Elena...	90
Tabla 16: Resultados de cálculo de sobrepresión por BLEVE a d = 175 metros	96
Tabla 17: Resultados de cálculo de sobrepresión por BLEVE a d = 350 metros	97
Tabla 18: Resultados de cálculo de sobrepresión por BLEVE a d = 750 metros	98
Tabla 19: Resultados de cálculo de sobrepresión por BLEVE a d = 1.000 metros	99
Tabla 20: Resultados de cálculo de sobrepresión por BLEVE a d = 1.500 metros	100
Tabla 21: Resultados de cálculo de sobrepresión por BLEVE a d = 2.500 metros	101
Tabla 22: Datos generales del Censo	104

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura1: Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	7
Figura 2: Vista externa Complejo de Gas Monteverde.....	8
Figura 3: Área costera - Ruta del Sol y Spondylus.....	9
Figura 4: Mapa de cuencas hidrográficas, Santa Elena- Ecuador.	13
Figura 5: Vía de gasoducto por zonas pobladas de Guayaquil.....	16
Figura 6: Tanques de almacenamiento criogénico	20
Figura 7: Guía de seguridad	21
Figura 8: Pilotes secundarios.....	21
Figura 9: Base en construcción.....	21
Figura 10 Diversos tipos de bombas para gas licuado.....	22
Figura 11. Durmientes para líneas de control (Eléctricos)	22
Figura 12: Esferas de almacenamiento de GLP que contendrán líquido presurizado	23
Figura 13: Tanques de almacenamiento criogénico de propano y butano.....	23
Figura 14: Distribución espacial de sismos históricos e instrumentales para Provincia de Santa Elena y Golfo de Guayaquil ...	33
Figura 15: Terremotos históricos con magnitudes ≥ 6 . El área de estudio para éste análisis tiene 100 Km de radio.....	38

Figura 16: Mapa de peligro sísmico PGA del Ecuador.	40
Figura 17: Mapa de intensidad sísmica en Santa Elena	42
Figura 18: Perfiles de sismos hipocentrales a lo largo del margen activo del Ecuador tomando en cuenta la zona de estudio	43
Figura 19: Mapa de fallas en Santa Elena	44
Figura 20: Levantamiento de fondo marino, etapa inicial de formación de un tsunami	49
Figura 21: Comportamiento de la ola con un declive bajo	51
Figura 22: Comportamiento de la ola con un declive abrupto	51
Figura 23: Programa WinITDB/WLD	52
Figura 24: Área de subducción	53
Figura 25: Modelamiento de tsunami en las costas del Océano Pacífico hasta la zona de estudio	54
Figura 26: Variación de temperatura del mar frente a las costas de Sudamérica, “Niña” a la izquierda y “Niño” a la derecha.	55
Figura 27: Variación de temperatura del mar (color rojo) indicando el desarrollo del “Niño”	56
Figura 28: Entrante de agua desde el mar hacia las piscinas de Ecuasal	57
Figura 29: Ficha técnica lado frontal. Fuente: Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos.	67

Figura 30: Ficha técnica lado anverso. Fuente: Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos.....	68
Figura 31: Cuadros de procesamiento de datos en Excel.....	69
Figura 32: Curva de saturación para el Butano y condiciones límites para existencia de BLEVE	74
Figura 33: Cuadro para obtener el pico de sobrepresión usando d_n .	81
Figura 34: Mapa de la Comunidad cercana y CGM.....	84
Figura 35: Mapa de placas tectónicas con relación al Complejo Monteverde y Comunidad.....	85
Figura 36: Ondas de desplazamiento continuo.....	87
Figura 37: Modelamiento de tsunamis en zona sismogénica	88
Figuras 38 y 39: Tsunami	89
Figura 40: Llegada de tsunamis a las costas de la península de Santa Elena	90
Figura 41: Precipitaciones sobre la península de Santa Elena.....	91
Figura 42: Mapa de isoyetas de la Península de Santa Elena.....	91
Figura 43: Mapa de riesgo por inundación en Monteverde.....	92
Figura 44: Mapa de riesgos de acuerdo a cálculo de la sobrepresión por BLEVE en tanques y esferas de propano	102
Figura 45: Cuadro demostrativo de resultados de población.....	104
Figura 46 C.I.B.V. Monteverde.....	105

Figura 47: C.N.H. Monteverde	105
Figura 48: Escolaridad de la Población (Rango 5– 65 años).	106
Figura 49: Percepción del riesgo por los habitantes	107

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

La obra, Complejo de Almacenamiento de Gas Monteverde, (CGM), es la más importante infraestructura en desarrollo en la península de Santa Elena. Es obvio que ello conlleva al desarrollo industrial y al impulso económico nacional y, de manera especial, de las comunidades del área de influencia que involucra los sectores densamente poblados: Monteverde al norte a una distancia de 1.5 Km. y, San Pablo al suroeste a 8 Km. de distancia. (Ver figura 1)

Geomorfológicamente, las planicies y terrazas aluviales dominan en este entorno costero contrastando con suaves y modelados relieves de colinas que no sobrepasan los 40 m.s.n.m. (metros sobre nivel de mar). (Ver anexo M4). El CGM está asentado sobre la terraza aluvial con altitud de 8 m.s.n.m. a una distancia horizontal de 470 m. con referencia a la línea de costa.

Antecedentes de sismicidad histórica y fenómenos hidrometeorológicos como los de “El Niño” han afectado la franja costera entre San Pablo y Monteverde. La presente tesis comprende dos fases de investigación:

[1] La primera, analizará las estructuras geológicas sismogénicas capaces de generar sismos o terremotos con magnitudes ≥ 6 , siempre asociada a esfuerzos de compresión de la zona de subducción donde convergen la placa oceánica de Nazca contra el segmento continental conformado por el Bloque Norandino y la placa Sudamericana. Las máximas alturas de inundación por eventos “El Niño” (1982 y 1997) son también analizados en este estudio.

[2] La segunda, sobre el cálculo de Ondas de Expansión Violenta de Líquido Gasificado Hirviendo (siglas en inglés, *BLEVE*) y Expansión Violenta de Líquido Gasificado (siglas en inglés, *UVCE*). Casos de estudios similares por ruptura en los tanques de almacenamientos de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en México y Guayaquil han sido utilizados para comprender las máximas expansiones y dimensiones de daño por cantidad volumétrica de almacenamiento.

En la segunda fase de investigación, recreamos los escenarios a partir de datos topográficos, geológicos, sismológicos y su proyección espacial hacia la infraestructura del CGM.

Estos datos son simulados mediante técnicas de comparación estática y carecen de vínculos y desarrollos dinámicos que corresponden a herramientas más sofisticadas y especialmente diseñadas para este tipo de investigaciones. Sin embargo, ayudan al propósito de proyectar escenarios en donde ocurren movimientos telúricos devastadores en la tierra y tsunamis en el mar (tómese el caso si ocurriese un sismo en el mar, el sismo sería el primer escenario de destrucción y el tsunami generaría la máxima inundación que alcanza en el continente); además, un adecuado plan de evacuación e identificación de rutas de escape y zonas seguras favorecerán para minimizar el grado de afectación mortal a los habitantes dentro y fuera del sector de estudio.

1.2. OBJETIVOS

Los objetivos fundamentales se han dividido en: objetivo general y específico, que a continuación se detallan:

OBJETIVO GENERAL

- Identificar las fuentes sismogénicas o estructuras geológicas sísmicas y no sísmicas que pueden afectar las infraestructuras del CGM, al igual que su máxima onda de expansión en superficie por ruptura en una de las esferas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las principales amenazas de origen natural que pueden afectar las instalaciones del Complejo de Almacenamiento de Gas Monteverde, Provincia de Santa Elena.
- Delinear zonas de inundación por altas tasas de precipitaciones considerando el fenómeno de "El Niño" de 1982–1983 y, por máxima inundación por tsunamis.
- Determinar las principales estructuras sismogénicas capaces de generar terremotos cercanos al componente de estudio Monteverde; esta información proporcionara datos importantes para futuros diseños de estructuras de resistencia sísmica.
- Modelar digitalmente la onda de desplazamiento de tsunamis desde la fuente sísmica hasta el área de estudio.
- Determinar las ondas de BLEVE, modelando su trayectoria espacial a través del relieve continental y delineando áreas críticas.

1.3. FASES DE INVESTIGACIÓN Y METODOLOGÍA

El presente programa de investigación propuesto es organizado en dos principales fases:

[a] En la primera fase (geología de campo) se individualizarán aquellas estructuras sismogénicas (fallas geológicas) que afecten local y

regionalmente al área en estudio desde diferentes escalas 1:500000, 1:50000, 1:5000 y 1:500 (estas últimas dos escalas comprenden análisis en detalle en un área de 5 Km. de radio); un análisis previo incluye la revisión de Modelos de Elevación Digital del Terreno (MDT) desde datos batimétricos,

[b] Rasgos morfológicos en el terreno caracterizará y determinará las zonas críticas con evidencia de fenómenos geológicos activos o potencialmente activos, tales como: fallamiento superficial, deslizamientos de masas de tierras, subsidencia del terreno, altos batimétricos, entre otros fenómenos por identificar, por supuesto, dependiendo de las condiciones geológicas presentes.

En la segunda fase (modelación sísmica y DEM) vendrán efectuados una serie de análisis cualitativos y cuantitativos que comprende el procesamiento de los datos obtenidos en la primera fase. Aquí se implementará varios modelos de elevación digital del terreno aplicado a las estructuras morfotectónicas críticas observadas en el fondo marino durante la fase [a], y se delimitará en GIS las áreas críticas individualizando los también fenómenos geológicos extremos, de riesgo sísmico y geológico.

Para el estudio de riesgo sísmico, una base de datos GIS de sismicidad instrumental, dentro de las latitudes y longitudes locales y regionales, será elaborada con datos obtenidos de los catálogos del National Earthquake Information Center (NEIC) y del Instituto Geofísico-Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN, ver en bibliografía ReNaSis). Datos de magnitud Ms también serán obtenidos del sitio web de CERECIS (www.ceresis.org).

Para el estudio de riesgo geológico son considerados todos los rasgos estructurales y estratigráficos que indiquen discontinuidades laterales; la morfología del fondo marino desde análisis batimétricos permitirá establecer la pendiente en el terreno con gradiente variable, así como delimitar sectores

de hondonadas y altos batimétricos; estos últimos son considerados en el análisis de riesgo aplicado al delinear posibles trayectos de infraestructuras petrolíferas o gasíferas; además, trayectos o rutas de navegación.

1.4. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Desde el punto de vista regional con 100 Km de radio incluido un escenario geodinámico general que caracterice los rasgos geológicos influyentes en el peligro sísmico del CGM, tenemos los más importantes como las estructuras que demuestren potenciales deformaciones o desplazamientos en la superficie del terreno; estas son las fallas “capaces” (figura 19), evidenciadas en superficie o delineadas en el subsuelo, desde el análisis de secciones sísmicas de reflexión. En esta etapa los mapas son presentados a una escala 1:500.000 con sus respectivas secciones geológicas estructurales.

Desde el punto de vista cercano-regional que comprenda los 50 km. de radio e incluya las características, sismotectónica y morfológica, definidas en el escenario geodinámico, la determinación de desplazamiento de fallas capaces, tasa de actividad y evidencia de segmentación deben ser complementadas con la estratigrafía, geología estructural y tectónica histórica. La tectónica histórica, debe ser bien definida con el dominio tectónico actual desde el Pleistoceno al Holoceno. La obtención de datos del terreno comprende el estudio de formaciones geológicas Cuaternarias y del paisaje (ver anexo M6), tales como el análisis de terrazas marinas bien marcadas en episodios de variaciones de niveles del mar. Rasgos de lineamientos morfo-estructurales son encontrados en Modelos Digital del Terreno GIS (MDT) y desde modelos batimétricos aplicando el software Surfer 10, que nos permite reconstruir un modelo de la evolución geológica reciente del área de estudio. En esta etapa los mapas son presentados a una escala 1:50.000.

Desde el punto de vista local, el estudio debe cubrir geográficamente un área de 5 km de radio para cada uno de los dos componentes de estudio, en necesidad a definir con más detalle la historia neotectónica de las fallas y pliegues cuaternarios, especialmente, determinar la potencialidad de estructuras geológicas activas, e identificar condiciones de posibles inestabilidades geológicas. Recordemos que el área de estudio no tiene registro de mapas geomorfológicos y estructurales en detalle, la cartografía de fallas activas y capaces es escasa y con poca información de cinemática de estructuras sismogénicas. La investigación para esta área debe incluir: mapeo geológico geomorfológico, prospecciones geofísicas (de existir) y de estratigrafía acústica y perforaciones geotécnicas. Estas investigaciones deben proporcionarnos como resultado:

(a) Edad, tipo y distancia de desplazamiento de cada una de las fallas identificadas en el área local;

(b) Identificación y caracterización de posibles riesgos potenciales inducidos por fenómenos naturales, como colapsos de cavidades, subsidencia, deslizamientos de masas de tierra, terrazas marinas. En esta etapa los mapas son presentados a una escala 1:5000 con sus respectivas secciones estructurales.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL SITIO DE ESTUDIO CGM

El sitio de estudio CGM se encuentra ubicado en la franja costera noroeste de la provincia de Santa Elena; sus límites son: al Norte, el río Javita y las cercanas poblaciones de Monteverde, Jambelí y Palmar; al Sur, el estero Pungay de Ecuasal y la urbanización “Costa Sol”, hacia el Este, las elevaciones de los cerros Pungay y Lora; y, al Oeste, el Océano Pacífico. Ver figura 1.



Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio (Elaborado por Jc Lema & E. Baque 2012). Fuente: Cartografía del Ecuador-Shapefile, INEC.

A su vez, al sitio, CGM (figura 2) le corresponde las siguientes coordenadas UTM, datum WGS 1984, 17 Sur: 9772,554 mE, 529496 mN. Las bases de las infraestructuras de las esferas (almacenamiento de gas) inician desde 8 m.s.n.m., a una distancia de 470 metros de la línea de costa.



Figura 2: Vista externa Complejo de Gas Monteverde (Jc Lema & E. Baque 2012). Fuente: Visita de campo.

2.2 ACCESO VIAL

El acceso al sitio de estudio CGM es directamente posible a través de la carretera de primer orden de cuatro carriles, conocida como “*Ruta del Spondylus*” (esta ruta inicia en el sector de Chuyupe de la provincia, en Santa Elena, hasta Manta en la provincia de Manabí). Otros ingresos son caminos de segundo y tercer orden que permiten acceder a la parte posterior del complejo, en épocas de verano. (Ver figura 3).

En el poblado las calles son lastradas y algunas cuentan con recubrimiento de asfalto, pero predomina calles cubiertas de arena y piedra chispa.

La comunidad de Monteverde pertenece a un conjunto de estaciones turísticas por su amplia franja costera de playa arenosa; cuenta con

restaurantes y edificaciones, en particular la Iglesia de Monserrate; carece de un Cuerpo de Bomberos local, por lo que, en este aspecto, depende de ambulancias y unidades contraincendios que provienen desde Santa Elena y Manglaralto.

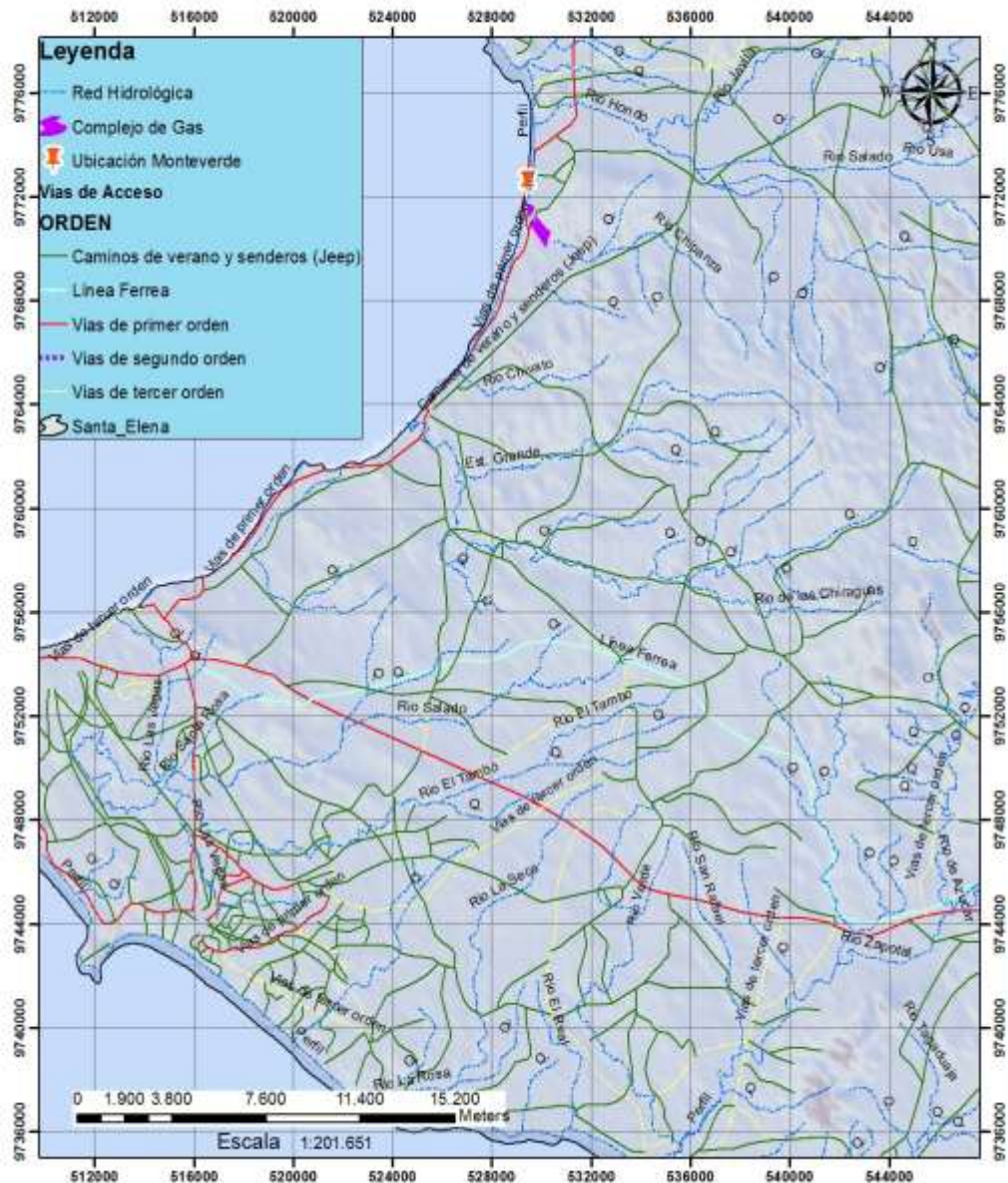


Figura 3: Área costera - Ruta del Sol y Spondylus. (Jc Lema & E. Baque 2012).
Fuente: Cartografía del Ecuador-Shapefile.

2.3 ACTIVIDAD DE LA POBLACIÓN

El desarrollo socio-económico de la población de Monteverde se debe, principalmente, a la pesca artesanal, agricultura, artesanías y explotación minera local, en este aspecto se considera como recurso minero a la arena de la localidad, usada en el sector de la construcción.

En lo referente a la pesca artesanal, sobresalen las capturas de los siguientes peces: botellita, roncador, merluza, carita, gallinazo y sardina. En el sector comunal existe una fábrica procesadora de sardinas, INPECA para comercialización local e internacional; esta empresa posee un muelle propio de hormigón para descarga de productos y materia prima.

La explotación minera local es la extracción de arena fluvial para el sector de la construcción; el material pétreo también es usado para relleno de base de viviendas. Muchos de los sitios de explotación minera no están regulados por el Ministerio del ramo; tampoco la explotación se realiza bajo normas medioambientales que permitan un desarrollo sustentable del suelo.

La agricultura local principal es el cultivo de: sandía, ciruelas, maracuyá, maní en mayores proporciones; también existen la siembra de plátano, banano, hierva luisa, yuca y sábila en menores cantidades para consumo local. Las cosechas de los productos están regidas por las lluvias estacionales para optar por un mejor desarrollo de la planta y mejor cosecha.

2.4 HIDROGRAFÍA

En la península de Santa Elena desembocan las aguas de 12 cuencas hidrográficas que mantienen un caudal mínimo en estación seca (ver figura 4), pero cuando se avecina la estación lluviosa (diciembre a abril) los cauces de los ríos se incrementan de tal manera que algunos tienden a desbordarse provocando contratiempos a los habitantes de los poblados asentados en sus riveras. (Ver tabla 1)

Las cuencas hidrográficas son:

- [a] cuenca hidrográfica del río Ayampe (límite con la provincia de Manabí),
- [b] cuenca hidrográfica del río Valdivia,
- [c] cuenca hidrográfica del río Manglaralto,
- [d] cuenca hidrográfica del río Viejo,
- [e] cuenca hidrográfica del río Javita,
- [f] cuenca hidrográfica del río Grande,
- [g] cuenca hidrográfica del río Salado,
- [h] cuenca hidrográfica del río La seca,
- [i] cuenca hidrográfica del río Zapotal,
- [j] cuenca hidrográfica del río Daular,
- [k] cuenca hidrográfica del río Chongón y
- [l] el estero del Morro. (Ver figura 4).

Santa Elena cuenta con más de 200 ríos tomando en cuenta las quebradas y esteros de los cuales entre los principales tenemos: Río San José, Olón, Culebra, Cadeate, Caridad, Simón Bolívar, La Ponga, California, Hernán Sánchez, Zapote, Viejo, Hondo, Tugaduaaja, Engunga. Todos los ríos son de agua dulce, con la presencia de camarón en época de caudal alto, lo cual posibilita la pesca de estos crustáceos, comúnmente, en época de lluvias.

El sitio específico de estudio cuenta con 3 cuencas que son: Cuenca hidrográfica del río Viejo, del río Javita y del río Grande

Cuenca	Área Km ²
[a] 40 Río Ayampe	307,00
[b] 42 Río Valdivia	165,00
[c] 41 Río Manglaralto	132,00
[d] 43 Río Viejo	141,00
[e] 44 Río Javita	813,00
[f] 45 Río Grande	260,00
[g] 46 Río Salado	341,00
[h] 47 Río La Seca	94,00
[i] 48 Río Zapotal	1.010,00
[j] 50 Río Daular	243,00
[k] 51 Río Chongón	56,00
[l] 49 Estero del Morro	221,00

Tabla 1: Descripción de las cuencas con sus respectivas áreas cercanas al sitio de estudio. (Jc Lema & E. Baque 2012) Fuente: Cartografía del Ecuador -Shapefile, INEC.

La cuenca del río Javita tiene un área de 800 Km², y sus vertientes principales nacen en la cordillera de Chongón-Colonche, aproximadamente a 46 Km. al oeste de Guayaquil. Después de 94 Km. de recorrido el río lleva sus aguas al Pacífico; antes recibe las aguas del Salado; llega al mar entre las poblaciones del Palmar y Monteverde. La cuenca del río Viejo cuenta con un área de 140 kilómetros cuadrados y el río Grande con un área de 260 Km².

Los principales ríos cercanos al área de estudio son por lo general de bajo caudal pero se incrementan abruptamente en especial si se presenta el fenómeno climático de "El Niño"; los cauces aludidos, pertenecen a los ríos: Río Viejo, Hondo, Salado, Chipanza, Javita y Estero Grande.

Toda la vertiente es de agua dulce, agua que es utilizada por los habitantes de los poblados aledaños para la agricultura y ganadería; en menor

proporción se la recoge para el consumo humano, aunque, en ciertos lugares, se la extrae de pozos subterráneos.



Figura 4: Mapa de cuencas hidrográficas, Santa Elena Ecuador (Jc Lema & E. Baque 2012). Fuente: Cartografía del Ecuador-Shapefile.

2.5 CLIMA Y VEGETACIÓN

Según la clasificación climática de Köppen, en la provincia de Santa Elena se consideran 3 zonas climáticas: clima tropical húmedo (Af), en la Cordillera Chongón Colonche, clima tropical seco (B) localizado en la franja costera, y, Clima Tropical Sabana (Aw), que cubre la mayor parte de la provincia en la parte baja y valles de la provincia. (Ver Anexo M2)

En toda la provincia de Santa Elena, desde mayo a noviembre, sopla el viento frío proveniente de las zonas de alta presión del Pacífico suroriental. La nubosidad es fuerte; durante el amanecer y el atardecer, la niebla cubre la superficie costera; aunque la masa de aire es estable, ocurren lloviznas.

Monteverde está localizado en una región de clima tropical megatérmico semi-árido. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 24 °C, puesto que, la mínima absoluta es de 16°C y la máxima rara vez supera los 32°C. Las precipitaciones anuales son inferiores a 500 mm (ver figura 44) y están concentradas en una sola estación lluviosa (Pourot 1995), de enero a abril, dado que la masa de agua cálida de la corriente de El Niño, frente a la costa, calienta la masa de aire cercana a la superficie y eleva su humedad absoluta. La columna de aire se vuelve inestable, caliente por debajo. Cuando la columna de aire alcanza el continente y se incrementa la turbulencia por el efecto orográfico, por ser más denso cae y el aire ligero y húmedo, se eleva más rápido de lo que ocurriría por el simple efecto orográfico. El resultado es una lluvia intensa y de corta duración que en algunas ocasiones causa efectos desastrosos.

Entre julio y octubre, el tiempo se caracteriza por un cielo nuboso con neblinas y garúas sin impacto notable en la vegetación. El ecosistema tiende a matorrales en un ambiente desértico tropical; posee, además elevaciones hasta planicies extensas, rodeadas de playas bañadas por las aguas del Océano Pacífico.

CAPITULO III

GENERALIDADES DEL CGM

3.1 PRODUCCION Y SUBSIDIO DEL GLP EN ECUADOR

El Estado ecuatoriano mantiene un subsidio destinado al consumo del Gas Licuado de Petróleo (GLP) doméstico de 15 kg, por ser un combustible que se encuentra por debajo del 800% de su precio real. El subsidio de GLP no está focalizado hacia los sectores más vulnerables de la sociedad puesto que sectores como el agroindustrial o comercial (piladoras, tinturadoras de jeans, talleres improvisados de oxicorte, comercios de comidas e incluso un pequeño grupo del sector automotriz) se aprovechan del precio subsidiado para realizar sus quehaceres diarios, generando una enorme pérdida para el Estado y fomentando el desabastecimiento local; a esto, se suma el contrabando por las fronteras del sur y del norte. (En realidad existe un alto nivel de contrabando pues resulta más económico para los consumidores de Colombia y Perú el cilindro de 15 kg ecuatoriano; esta irregularidad genera la escasez del producto en las zonas fronterizas tanto norte como sur, provincias del Carchi y El Oro).

Se utiliza preferentemente para consumo masivo residencial. La producción de GLP en el Ecuador es insuficiente para cubrir la demanda; alrededor de un 70% se la cubre con importaciones. Es importante señalar que la producción de GLP en las refinerías de nuestro país abastece; apenas, el 18% de la demanda nacional del consumo masivo; realidad que obliga a que el 82% restante, se cubra mediante importaciones.

3.1.1 ANTECEDENTES DEL CGM

El proyecto CGM tiene como objetivo principal eliminar los altos costos de almacenamiento flotante y la operación de alijar, mediante un sistema de abastecimiento en tierra que garantice un stock de seguridad de 30 días de GLP hasta el año 2030. La distribución está sectorizada para Guayaquil, en donde un gasoducto atraviesa zonas pobladas de la ciudad hasta llegar a Pascuales para su envasado y distribución.

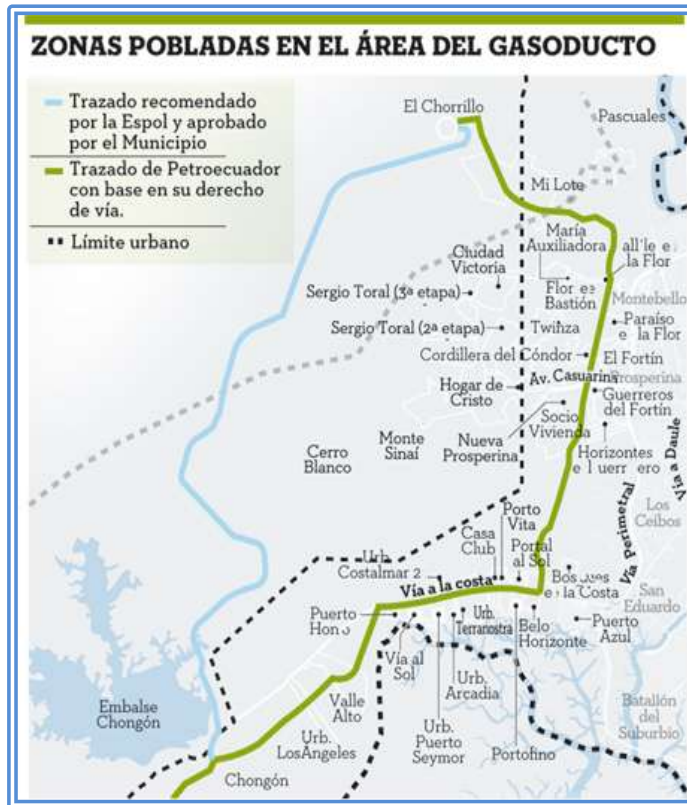


Figura 5: Vía de gasoducto por zonas pobladas de Guayaquil. Fuente: El Universo, Municipio de Guayaquil.

Este proyecto cubrirá el déficit de almacenamiento de GLP; reemplazará al sistema actual de almacenamiento en el que se arrienda un buque de 45 mil toneladas métricas y que se encuentra anclado al sur de la isla Puna. De

esta manera se prevé eliminar gastos extras por arrendamiento de los buques metaneros costa fuera. El proyecto de GLP comprende la construcción de un terminal marítimo, un terminal de almacenamiento, un sistema de despacho a granel en Monteverde, un gasoducto desde Monteverde hasta el sector El Chorrillo, parroquia Pascuales, kilómetro 21, vía a Daule, provincia del Guayas. El gasoducto independiente de diez pulgadas poseerá una extensión de 127 kilómetros que cubrirá la distancia entre Monteverde y Pascuales. (Ver figura 5). En Pascuales se construirá un terminal de almacenamiento y distribución de GLP, planta envasadora de cilindros con una capacidad de 18 toneladas métricas por hora, que significa un envasado equivalente a 1.200 cilindros de 15 kilos y funcionarán islas de carga para despacho a granel a las diferentes comercializadoras.

El costo estimado de este proyecto es de 233 millones de dólares; los estudios de ingeniería del proyecto están a cargo de Petrocomercial; los realizó la empresa Caminosca (Caminos y Canales); siendo esta una empresa consultora de ingeniería en Ecuador y ha colaborado en los procesos de estudio, diseño y fiscalización de los más importantes proyectos de infraestructura que se han desarrollado en el país. Fue fundada en el año 1976, cuando Alberto, Carlos Diego y Eduardo Jácome unieron sus capacidades para apoyar al proyecto de explotación hidrocarburíferas en Ecuador. El contrato para los trabajos de ingeniería en el CGM fue suscrito en abril de 2.008. Posteriormente se contratará a la empresa que ejecute este proyecto la cual tendría un plazo aproximado de 24 meses, a partir de la suscripción del mismo. El ahorro para el Estado Ecuatoriano será de unos US\$ 650 millones por los próximos 30 años.

3.2 FASES DE CONSTRUCCIÓN

La construcción se realiza por etapas. En la primera se edifica un terminal marítimo con un muelle para el atraque de buques de alto calado. Esta fase contempla el levantamiento del complejo que será utilizado para almacenamiento de GLP, con una capacidad de 60000 toneladas métricas.

La segunda fase consiste en ampliar el terminal para acoplar 10000 toneladas métricas. La entrega estaba prevista para este año (2012), pero está pospuesta para el siguiente año (2013).

La tercera fase consiste en construir líneas de abastecimiento hasta la provincia del Guayas, en Chorrillo para su envasado y distribución. El proyecto tiene un avance del 62,7%. Al momento se ha realizado el montaje de 3 esferas, 2 tanques para almacenamiento de butano, 2 de propano, 2 para GLP, la planta y el muelle.

3.3 MUELLE

Los datos proporcionados por FLOPEC, permiten evidenciar o estimar una capacidad para atracar buques de 40000 TML (ver tabla 2). La infraestructura del terminal marítimo está compuesta por varias edificaciones que aseguran la calidad del servicio a ofrecer, razón por la cual, cuenta con: iluminación, señalización náutica para guiar la navegación. El muelle brindará a los buques el poder eléctrico de tierra con lámparas de 440 V, 220 V y 110 V.

Las protecciones eléctricas se ubicarán en una plataforma que estará en el veril de los 10 metros y servicios portuarios: agua, energía eléctrica, teléfono, servicios informáticos y sistema de protección contra incendios y edificios administrativos, bodegas, guardianía, cerca de seguridad; además está

diseñado para recibir buques de las características que se señalan en la siguiente tabla:

CAPACIDAD (DWT)	ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO (m)
75.000	280.5	47	14.4
50.000	248	38	12.9
30.000	226	32.4	11.2
15.000	183.5	23.95	9.95
5.000	134	16	8.1
3.000	116	13.3	7.0

Tabla 2: Características de buques accesibles de acuerdo al diseño del muelle (Jc Lema & E. Baque 2012). Fuente: Flota Petrolera Ecuatoriana.

3.4 ÁREA DE ESFERAS Y TANQUES CRIOGÉNICOS

Almacenamiento criogénico refrigerado con una capacidad de 55.000 TM y un almacenamiento presurizado de 6.000 TM, el terreno se encuentra a 8 m.s.n.m. y además cuenta con una base diseñada en hormigón armado para prevenir hundimientos o desniveles del suelo en donde se asientan, tenemos también:

- Tanques para almacenamiento a presión y tanques de alivio;
- Sistemas de refrigeración, calentamiento, medición, bombeo y obras mecánicas.
- Sistema de drenaje y agua potable; además, sistema contra incendios.

Los tanques y esferas de almacenamiento serán ubicados estratégicamente en el terreno a fin de que los cerros que lo rodean sirvan como barreras de protección a la población de Monteverde en caso de emergencia. (Ver figura 12).

Existen 2 tanques destinados para almacenamiento criogénico de propano con capacidad de 33.130 m³ y 2 tanques de butano con capacidad de 14.800 m³ y 3 esferas con capacidad de 500 m³ de almacenamiento. (Ver figura 6).



Figura 6: Tanques de almacenamiento criogénico. (Jc Lema & E. Baque D. 2012). Fuente: Visita al campo.

3.5 LÍNEAS DE TRANSPORTE

Como líneas de transporte se conocen a las tuberías destinadas al transporte de gas comúnmente conocidos como "gasoductos"; la aleación de estas tuberías es de acero al carbono para evitar la corrosión y brindarle mayor seguridad y resistencia ante impacto o desniveles bruscos por movimientos telúricos o golpes precipitados sobre la tubería. El diámetro de las líneas de transporte varía dependiendo del área donde funcionen, en la actualidad se continúan con los trabajos de construcción de la línea de 10" de diámetro.

El GLP será transportado mediante un gasoducto que recorrerá aproximadamente 127 kilómetros desde Monteverde hasta la localidad de El Chorrillo, en la provincia del Guayas, en donde Petrocomercial comercializará el producto en una planta con capacidad para envasar 18 toneladas métricas por hora.

3.6 ÁREAS DE CONTROL PRINCIPALES DEL COMPLEJO

3.6.1 ANCLAJE Y DESCARGA.-

De acuerdo al diseño de FLOPEC, el muelle tendrá capacidad de descargar y cargar por líneas distintas, de acuerdo a la necesidad de los buques. También, se están instalando sistemas especiales de control de cierre para evitar escapes indeseados o prevenir incendios durante el traspaso del producto. (Ver figura 7).



Figura 7: Guía de seguridad



Figura 8: Pilotes secundarios



Figura 9: Imagen inferior, base en construcción.

El muelle está dotado de líneas eléctricas, sistemas contra incendio, sistemas de transporte por gasoducto, durmientes, conductores de cables y además casetas de control y supervisión por operadores, ver figura 8 y 9. El sistema de control utilizado para el cierre automático de las válvulas se

mantiene bajo control de S.I.S. (Sistema Integrado de Seguridad), encargado del control automatizado de todo el Complejo.

3.6.2 BOMBEO

El sistema de bombeo está siempre regido por el caudal y el volumen de bombeo. En el CGM no se han definido las características de los sistemas de bombeos definitivos, pero se presentan bombas de desplazamiento positivo y compresores de gas, equipos especialmente para gases licuados. (Catálogo Blackmer, ver figura 10)



Figura 10: Diversos tipos de bombas para gas licuado. Fuente: Catálogo Blackmer.

3.7 LÍNEAS DE DESCARGA

Las fases de gasoductos y líneas no están en posición en el muelle, aunque ya están en construcción los durmientes en tierra, ver figura 11.



Figura 11. Durmientes para líneas de control (Eléctricos), Fuente: FLOPEC.

3.8 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTOS

Los sistemas de almacenamiento utilizados en el CGM son las esferas y los tanques criogénicos, además de las "salchichas" que sirven para la regasificación del producto, ver figuras 12 y 13.



Figura 12: Esferas de almacenamiento de GLP que contendrán líquido presurizado, Fuente: FLOPEC.



Figura 13: Tanques de almacenamiento criogénico de propano y butano. Fuente: FLOPEC.

3.9 SISTEMAS CONTRA INCENDIOS

El sistema contra incendios es, básicamente, la toma anticipada de medidas adecuadas de reducir y en su caso anular el riesgo de que se produzca un incendio o explosión. Consiste en dotar al centro de almacenamiento de los medios y sistemas que eviten una situación de emergencia. Si esta se produjera, deberá disponer de medios para combatirla eficazmente. La materia extintora es el Polvo Químico Seco (PQS) y cuenta también con líneas dispersoras de agua hacia los tanques.

3.10 CORROSIÓN

El acero es un metal que está expuesto a dos tipos básicos de corrosión:

- ✓ La ocasionada por los agentes atmosféricos, principalmente aparece por presencia del oxígeno del aire y en combinación con humedad.
- ✓ La ocasionada por agentes iónicos, se presenta al formarse pares galvánicas cuando las líneas están bajo tierra.

La protección consiste en identificar qué tipo de corrosión es la que afecta al metal; de esta manera, se puede realizar una determinada protección: pasiva o activa.

3.10.1 CORROSIÓN GALVÁNICA

Para este tipo de corrosión se aplica la protección activa que consiste en la conexión del metal a proteger con otro metal auxiliar originando una corriente en sentido contrario a la que se originaría de forma natural, que ocasiona la corrosión del metal auxiliar instalado (a modo de sacrificio). A este método se la conoce como la comúnmente protección catódica.

Al enterrar un cuerpo de acero (para depósito o línea de transporte) sin ningún tipo de protección, se verá afectado por la variación de las condiciones del terreno o del metal produciéndose una diferencia de potencial entre dos puntos que engendrará una corriente eléctrica continua a través del terreno, y esta corroerá el metal. Esto ocurre cuando existen las circunstancias favorables como humedad, agresividad del terreno.

La zona por donde sale la corriente se llama anódica (polo positivo); y, aquella por la que entra es la catódica (polo negativo). El origen de esta corriente es de muy diversa procedencia, pueden ser: corrientes estáticas, por agresividad del terreno o bien cuando se ponen en contacto dos metales diferentes.

La protección catódica se consigue de dos formas diferentes:

- Conectando el metal a otro más electronegativo (ánodo) que es el agente de sacrificio; por ejemplo, magnesio que se genera una corriente galvánica de protección.
- Inyectando corriente continua externa, conectando el polo negativo (-) a la conducción a proteger y el positivo (+) a tierra a través del electrodo auxiliar.

3.10.2 SISTEMAS DE PROTECCIÓN ACTIVA POR CORRIENTE GALVÁNICA

El potencial de inmunidad puede lograrse mediante el uso de electrodos galvánicos, que están elaborados a base de zinc, magnesio y aluminio. Estos electrodos se entierran alrededor del acero a proteger, conectados entre sí mediante cables conductores enfundados, con la finalidad de que aquellos hagan la función de ánodos y sean los que se disuelvan, quedando de este modo protegido.

3.10.3 SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA POR INYECCIÓN DE CORRIENTE

Se utiliza cuando la intensidad producida por el sistema galvánico resulta insuficiente o el electrolito (terreno) es de alta resistividad. Por lo general sucede cuando se trata de proteger redes de distribución construidas de acero con longitudes superiores a 3 Km, en este caso se incluye protección a los depósitos.

Este procedimiento consiste en poner en contacto eléctrico a la estructura a proteger con la borna negativa de una fuente exterior de corriente continua (rectificador) y los ánodos auxiliares con la borna positiva. Se entierran en el

terreno en que se encuentra la estructura metálica, en un sitio húmedo para que la resistencia sea menor.

Los ánodos auxiliares (los electrodos dispersores de corriente) más comúnmente usados son: la chatarra de hierro, el ferrosilicato o el grafito.

3.10.4 CORROSIÓN POR EL MEDIO AMBIENTE

Cuando los tanques de almacenamiento o líneas de transporte de acero se encuentran enterrados o semienterrados deben protegerse contra la corrosión mediante un revestimiento a base de brea de hulla, betún de petróleo, recubrimiento plástico (epoxi) u otros materiales (metalizados), de forma que la resistencia eléctrica, adherencia al metal, impermeabilidad al aire y agua, plasticidad y resistencia mecánica sean las adecuadas. Las tuberías aéreas se recubrirán con pintura antioxidante, bituminosa o con cinta aislante auto adherente, etc.

Cuando los depósitos o conducciones de acero se encuentran enterrados, la protección pasiva, aunque se mantenga correctamente aplicada, consigue únicamente retardar los procesos de corrosión; por ello, se recomienda complementarlos con un sistema de protección activa, salvo el caso muestre que la agresividad del terreno demuestre lo contrario. La protección activa se consigue aplicando ánodos de sacrificio o corriente continua.

3.10.5 PROTECCIÓN CON ANTICORROSIVOS

Los anticorrosivos por lo general sirven para proteger una superficie de un proceso de degradación llamado corrosión que es un proceso electroquímico complejo y difícil de controlar; también ocurre por el paso del tiempo, ya que, inevitablemente, se degradan las moléculas de protección superficiales, ya sea por acción de agentes externos o por simple presencia de oxidación del metal en el medio ambiente, ver tabla 3. Los agentes que permiten recubrir y

proteger los metales de la corrosión pueden variar desde pinturas anticorrosivas hasta sistemas de protección por inyección de corriente hacia el metal a proteger.

Protección contra la corrosión			
Tipo de Sistema		Pasiva	Activa
Depósitos	Aéreo	Pintura	No necesaria
	Enterrado	Revestimiento continuo. Comprobar antes de enterrar	Protección catódica
Canalización	Aérea	Pintura, metalizado, etc.	No necesaria
	Enterrada	Revestimiento continuo (solape del 50%), comprobar antes de enterrar.	Protección catódica

Tabla 3: Tipos de aislantes más comunes para evitar la corrosión de facilidades.
Fuente: Libro de facilidades CEPISA.

3.11 GENERALIDADES DEL GLP

El gas licuado de petróleo (GLP) es un combustible libre de impurezas, que se manipula y almacena como líquido, pero es empleado en su forma gaseosa porque ofrece grandes ventajas frente al carbón y el fuel oil. Estas características le otorgan un lugar preferente en la demanda de la industria que requiere combustibles limpios; por ejemplo: en el sector residencial para cocina y calefacción; y, en el sector de transporte como combustible automotor. La composición del GLP es una mezcla en proporciones establecidas para su comercialización entre Propano y Butano, además es imprescindible conocer sus 3 características principales: volatilidad, punto de ebullición y densidad. Además, para detectar fugas o escapes desde instalaciones se le agregan odorizantes a base de mercaptanos.

Hidrocarburo	Fórmula molecular	Numero de átomos de carbono	Punto de fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)
Metano	CH ₄	1	-182.5	-161.6
Etano	CH ₃ -CH ₃	2	-183.3	-88.6
Propano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	3	-189.7	-42.1
Butano	CH ₃ -(CH ₂) ₂ -CH ₃	4	-138.3	-0.5
Pentano	CH ₃ -(CH ₂) ₃ -CH ₃	5	-129.8	36.1
Hexano	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH ₃	6	-95.3	68.7
Heptano	CH ₃ -(CH ₂) ₅ -CH ₃	7	-90.6	98.4
Octano	CH ₃ -(CH ₂) ₆ -CH ₃	8	-56.8	125.7
Nonano	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH ₃	9	-53.5	150.8
Decano	CH ₃ -(CH ₂) ₈ -CH ₃	10	-29.7	174.0

Tabla 4: Los 10 primeros alcanos de la cadena lineal (Jc Lema & E. Baque D. 2012)
Fuente: Meyer and Perry's Handbook.

El GLP puede variar la composición de las mezclas entre propano y butano logrando alcanzar un rendimiento parecido a las gasolinas livianas y si se modifican sus condiciones de presión y temperatura se comportan en forma parecida al gas natural, ver tabla 4.

3.11.1 CARACTERIZACIÓN DEL PROPANO Y BUTANO

El GLP se produce a partir de la destilación fraccionada del crudo (petróleo), comúnmente está contenida en la fracción que sale por la columna, o se extrae como parte de los condensados que se separan del gas natural durante el proceso de "endulzamiento" desde que es extraído del pozo.

En este análisis solo consideraremos que el GLP está conformado por propano, isobutano y butano (el isobutano tiene las mismas características del butano).

3.11.2 PUNTO DE EBULLICIÓN

Esta es una característica que determina la temperatura a la cual el propano y butano pasan de líquido a vapor. Mientras que el propano se condensa a - 43 °C y permanece en estado líquido, el butano lo hace a solo 0 °C, esta característica es esencial en climas fríos ya que será necesario que haya una proporción mayor de propano que butano para facilitar su gasificación.

3.11.3 DENSIDAD O PESO ESPECIFICO

La densidad de una sustancia es la masa de dicha sustancia contenida en una unidad de volumen. La densidad del propano líquido a 60 °F es 0,508 gr/cm³ o su equivalente 31.7 lb/ft³, mientras que la del butano es 0,585 gr/cm³.

3.11.4 PODER CALORÍFICO O CALOR DE COMBUSTIÓN

El poder calórico o calor de combustión de un combustible es la cantidad de calor que es capaz de rendir al quemar una unidad de masa (1 kg). Los valores para el propano y butano están regidos según la relación C/H, el valor de este parámetro es de 4,5 para el propano y 4,8 para el butano, a mayor presencia de butano en la mezcla de GLP mayor poder calorífico con respecto a una mezcla mayoritaria por propano. También es predominante la relación carbono/hidrógeno en la combustión del GLP, ya que variará la cantidad de oxígeno para su combustión adecuada y por ende la presencia de los gases de combustión.

3.11.5 INFLAMABILIDAD

Los rangos de inflamabilidad representan el margen de concentración de los hidrocarburos más el aire para formar mezclas inflamables. Ambos gases son inflamables en proporción adecuada con el aire, la proporción necesaria oscila entre:

- a) Propano: entre 2,2 de aire y el 9,5 de C₃
- b) Butano: entre el 1,9 de aire y el 8,5 de C₄

Las presiones de uso más comunes de los GLP:

- a) Propano comercial 37-50 mbar
- b) Butano comercial 28 mbar

3.11.6 CONSIDERACIONES DEL GLP

- ✓ **Corrosión:** Los compuestos de GLP no corroen al acero, cobre o sus aleaciones y no disuelven los cauchos sintéticos por lo que estos materiales pueden ser utilizados para construir sus instalaciones. Por el contrario disuelven las grasas y al caucho natural.
- ✓ **Toxicidad:** Los compuestos de GLP no son tóxicos. Pueden acarrear trastornos fisiológicos cuando la concentración de los gases es elevada con respecto al aire, debido al desplazamiento del oxígeno.
- ✓ **Olor:** Los compuestos de GLP carecen de olor y color natural, por lo que para detectarlos por medio del olfato se les añade un odorizante a base de mercaptanos.
- ✓ **Contaminación:** La energía de los GLP desarrollada es más respetuosa con el medio ambiente en comparación con otros derivados del petróleo, los gases combustibles resultantes del GLP tienen poca presencia de CO y CO₂ así como el H₂O. Los GLP no se disuelven en el agua ni la contaminan por lo que pueden ser transportados en buques y gasoductos bajo el mar. A diferencia del metano presente en el GNL (gas natural licuado) que es altamente contaminante puesto que 1 parte de metano equivale a 30 partes de CO₂ en la atmósfera genera una alta contaminación ambiental y acelera el proceso de calentamiento global porque este tipo de gases atrapa el calor procedente de la tierra hacia el exterior del planeta, se transforma en un gas de efecto invernadero,

provoca alteraciones en el clima del planeta y altera la temperatura del mismo.

3.11.7 PORCENTAJES DE MEZCLAS

Los GLP se componen de propano (C₃) y butano (C₄) comercializados cumpliendo normas específicas (en este caso la Norma INEN). La mezcla de estos componentes puede variar de acuerdo al uso que se le dé:

Hidrocarburo	C ₃ comercial	C ₄ comercial
Propano (C ₃)	Mínimo 80 %	Máximo 20 %
Butano (C ₄)	Máximo 20 %	Mínimo 80 %

Tabla 5: Porcentajes de mezclas de GLP comerciales, en el Complejo de Gas Monteverde es mayoritaria la proporción de Propano con respecto al Butano, fuente: Libro de CEPESA

CAPITULO IV

IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL PRÓXIMAS AL COMPLEJO DE GAS MONTEVERDE

4.1. AMENAZAS GEOLÓGICAS DE ORIGEN SÍSMICO

La actividad sísmica del Ecuador está relacionada con su contexto geodinámico en el que interactúan tres placas tectónicas: La placa oceánica de Nazca, la placa continental Sudamericana y el Bloque Norandino. (Ver figura 38). En este ambiente, y debido a la colisión y subducción de la placa oceánica bajo las dos placas continentales, se identifican varias fuentes sísmicas: la primera relacionada con el fenómeno de subducción propiamente dicho; la segunda relacionada con la deformación y movimiento relativo de las dos placas continentales debido al choque con la placa oceánica, ambas de carácter superficial; y, la tercera, asociada a una deformación cortical en el prisma de acreción.

El Complejo de Gas Monteverde y toda la provincia de Santa Elena (ver figura 17) se encuentra en una zona de alto nivel de sismicidad, debido a la convergencia de la placa oceánica de Nazca que colisiona y subduce contra el segmento continental de la placa Sudamericana. Este desplazamiento de la placa de Nazca es de 6 a 8 cm por año con dirección N 80 °E (Baldock 1983, Barazangi & Isacks 1976, Benítez 1995, Bourdon & Eissen et al. 2003, Gustcher et al., 1999, White et al., 2003), el ángulo de subducción a través del plano de Benioff varía entre los 4° y 5° de inclinación por debajo de la provincia de Santa Elena.

Al interior del Golfo de Guayaquil, el segmento continental conformado por la placa Sudamericana y el Bloque continental Norandino son delimitados por

una zona de deformación cortical conocida como Sistema Mayor Dextral (SDM), ver figura 14.

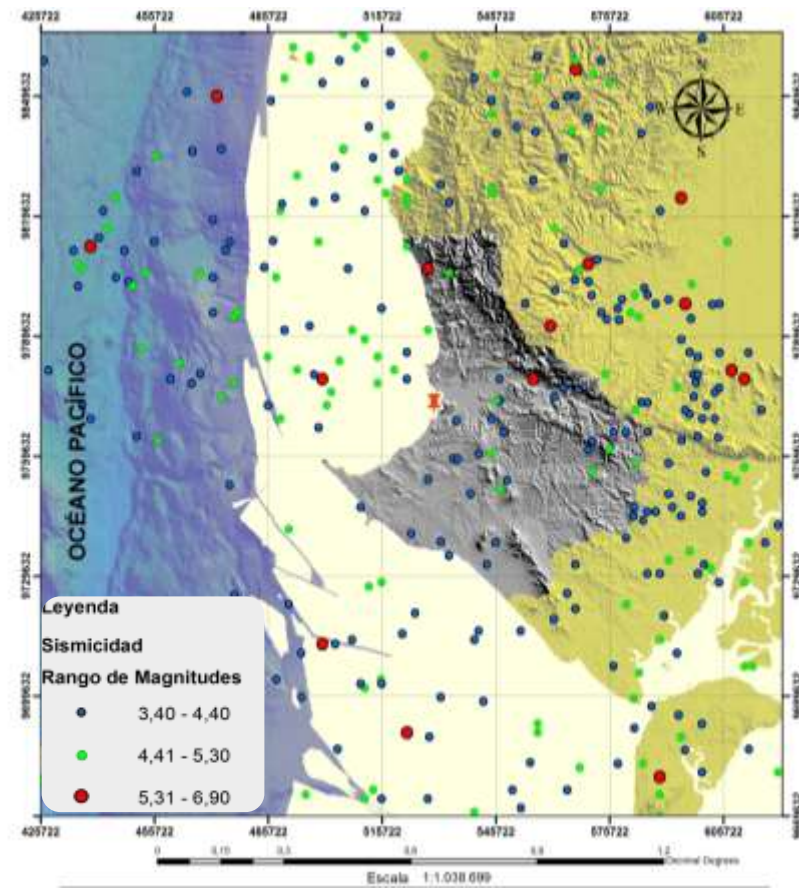


Figura 14: Distribución espacial de sismos históricos e instrumentales para Provincia de Santa Elena y Golfo de Guayaquil. Los datos de sismos han sido obtenidos desde los catálogos NEIC, CERECIS. (Jc Lema & E. Baque 2012).

Este empuje tectónico ha dado origen a diferentes niveles de deformación en la corteza continental y la consecuente formación de diversos sistemas de fallas activas como las evidenciadas en el piso marino del Golfo de Guayaquil y en la plataforma continental de las provincias de Santa Elena y Guayas. (Ver Anexo M1)

4.1.1. SISMICIDAD HISTÓRICA E INSTRUMENTAL EN EL GOLFO DE GUAYAQUIL Y SANTA ELENA

Las informaciones con relación a terremotos históricos están disponibles en los catálogos del RENSIG (Red Nacional de Sismología del Instituto Geofísico de Quito), CERESIS (en escala de Intensidad Macrosísmica de Mercalli, MM), y en las crónicas de Teodoro Wolf (1872). Para estos eventos de época pre-instrumentales, en el sitio oficial de CERESIS están también disponibles datos de magnitudes estimadas a partir de la intensidad macrosísmica (Me). El catálogo NEIC registra terremotos instrumentales que han afectado a Ecuador desde 1973 (disponible en escala de Magnitud momento, Mw). A nivel local, la red sísmica del RENSIG inicia a recopilar información sismológica con resolución más precisa desde 1988. En este periodo solamente un terremoto cortical destructivo ha sido registrado, el evento del 04.08.1998 (M 7,1) con epicentro en Bahía de Caráquez (Manabí). La información sismológica disponible de la RENSIG comprende actualmente sismos con $M_s \geq 4$ (RENSIG). La conversión de escalas mb, Ms a Mw ha sido aplicado desde las formulas propuestas por Caguari (2008).

Para el Golfo de Guayaquil y parte de la región costera de la Península de Santa Elena que involucra el Complejo de Gas Monteverde, el catálogo "National Earthquake Information Center" (NEIC, <http://earthquake.usgs.gov/regional/neic/>) junto al Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS, <http://www.ceresis.org/portal/index.php>) registran y documentan desde 1653 hasta el 2005, 26 sismos tanto instrumentales como históricos (Ver tabla 6), estos últimos han sido calculados desde grados de intensidad macrosísmica y estimados a valores de magnitudes del orden de 5,7 y 7,8 (con profundidades comprendidas entre $10 \leq H \leq 40$ Km; H representa la distancia focal del sismo). A nivel local, la red sísmica del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (EPN,

<http://www.igepn.edu.ec/>) ha registrado desde su funcionamiento en 1988, 26 sismos con magnitudes inferiores comprendidas entre los 5 y 5,6. (Ver referencia Bibliográfica, RENSIG). Magnitudes menores a 5 no han sido consideradas en este estudio debido a su poca probabilidad de causar efectos sísmicos en el terreno.

Fecha	Lat.	Long.	Mg	Prof.	Catálogo
09.07.1653	-2.19	-79.89	5.7	ND	CERESIS
11.06.1787	-2.38	-80.11	6.5	20	CERECIS
07.01.1901	-2.00	-82.00	7.8	25	CERESIS
22.07.1924	-2.00	-80.00	6.5	ND	CERESIS
02.10.1933	-2.00	-81.00	6.9	15	CERESIS
03.10.1933	-1.75	-80.75	6.3	ND	CERESIS
30.01.1943	-2.00	-80.50	6.2	100	CERESIS
12.12.1953	-3.40	-80.60	7.8	30	CERESIS
12.03.1957	-1.59	-80.15	6.2	60	CERESIS
26.08.1957	-2.00	-81.00	6	ND	CERESIS
07.02.1959	-3.70	-81.71	7.4	33	CERESIS
12.08.1959	-3.00	-80.50	5.7	33	CERESIS
21.06.1960	-2.00	-80.50	6.1	ND	CERESIS
10.09.1960	-2.50	-82.00	5.7	33	CERESIS
08.04.1961	-2.60	-81.00	6.2	25	CERESIS
22.04.1961	-2.80	-80.80	5.8	30	CERESIS
21.05.1961	-3.10	-80.90	6	27	CERESIS
02.06.1961	-3.00	-80.40	6.2	37	CERESIS
10.12.1970	-3.97	-80.66	7.1	15	CERESIS
12.03.1962	-2.90	-80.20	6.2	25	CERESIS
18.08.1980	-1.98	-80.03	5.5	74	CERESIS
06.05.1981	-1.96	-80.99	5.8	36	CERESIS

Tabla 6: Registro sísmico en Golfo de Guayaquil y parte de la región costera Fuente: Catálogos NEIC, CERECIS, Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional.

Esta información sismológica disponible indica que el Golfo de Guayaquil tiene un corto registro de sismos. En el siglo XX, frente a la Bahía de Santa Elena aconteció el 07-01-1901 un terremoto de Magnitud 7,8 (Fuente: CERESIS; figura 15), sin embargo no se encontró una evaluación regional de

los grados de intensidades macrosísmicas de aquella época, que nos permita corroborar la localización del epicentro y por ende caracterizar la estructura sismogénica desde su cinemática y dimensión estructural.

Frente al sitio de estudio Monteverde-Santa Elena a 66 km de distancia a las 15:29:21 del 2 de octubre de 1933, un evento telúrico de magnitud Mw 6,9 (Fuente: CERECIS) ha sido considerado el más próximo a nuestra área de estudio causando un evento propenso a tsunami con una altura de ola no mayor de 2,5 m (Espinoza, 1992).

Además, desde el catálogo del NEIC, se obtuvo importante información sismológica e instrumental, que indican una alta recurrencia sísmica entre abril 1961 a marzo 1962, donde se reportaron al interior del Golfo de Guayaquil, cuatro [4] terremotos de considerables magnitudes en el orden de los 6 y 6,2 (Ver, Tabla 6).

La red sismológica local del EPN, desde su funcionamiento en 1.988, ha registrado sismos con magnitudes menores a 5,6, estos datos permiten indicar que la recurrencia de terremotos con magnitudes mayores a 6 corresponde a intervalos de recurrencias más largos siendo el último documentado el 12-03-1962. Esta información podría permitir subestimaciones en los niveles de sismicidad ya que por la falta de suficientes cantidades de sismos instrumentales podrían considerar al Golfo de Guayaquil y sus segmentos corticales como una zona de niveles de sismicidad moderada a baja, aquí la importancia y recomendación de caracterizar las fallas activas que permitirían obtener valiosa información sobre el potencial sísmico de cada estructura sismogénica, es decir estimar las máximas magnitudes y las máximas aceleraciones en rocas que podrían generar en un determinado sitio de interés. La información sismológica disponible de la RENSIG (llamado así también por la EPN del Instituto

Geofísico del Ecuador) comprende actualmente sismos con $M_s \geq 4$. La conversión de escalas mb, M_s a M_w ha sido aplicado desde las formulas propuestas por Caguari (2.006) para características tectónicas del Perú similar a las del Golfo de Guayaquil. (Observe la tabla 7).

Año	Mes	Día	Latitud	Longitud	Magnitud	Distancia epicentro CGM (Km)
1901	1	7	-2	-82,00	7,8	25
1924	7	22	-2	-80,00	6,5	81
1933	10	2	-2	-81,00	6,9	15
1933	10	3	-1,75	-80,75	6,3	33
1943	1	30	-2	-80,50	6,9	100
1957	8	26	-2	-81,00	6,0	0
1957	3	12	-1,59	-80,15	6,2	82
1959	2	16	-1,36	-81,25	6,0	0
1961	4	8	-2,6	-81,00	6,2	66
1962	10	11	-1,3	-80,40	6,2	91
1980	8	18	-1,95	-80,02	6,1	80
1981	5	6	-1,89	-80,89	6,4	25
1996	8	5	-2	-81,00	6,3	30
2005	1	24	-1,36	-80,79	6,3	76

Tabla 7: Registro sísmico en Monteverde (Magnitud ≥ 6). Fuente: Catálogos NEIC, CERECIS, Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional

El último sismo considerable fue registrado el **21-05-2005 con M_w 6,3 y H de 39 Km** (Fuente: NEIC). Muchos de estos sismos hipocentrales son producto de la dinámica entre choques y posterior subducción a través del plano de Benioff de la placa oceánica de Nazca contra el segmento continental conformado por el bloque norandino en el norte y la placa Sudamericana al sur

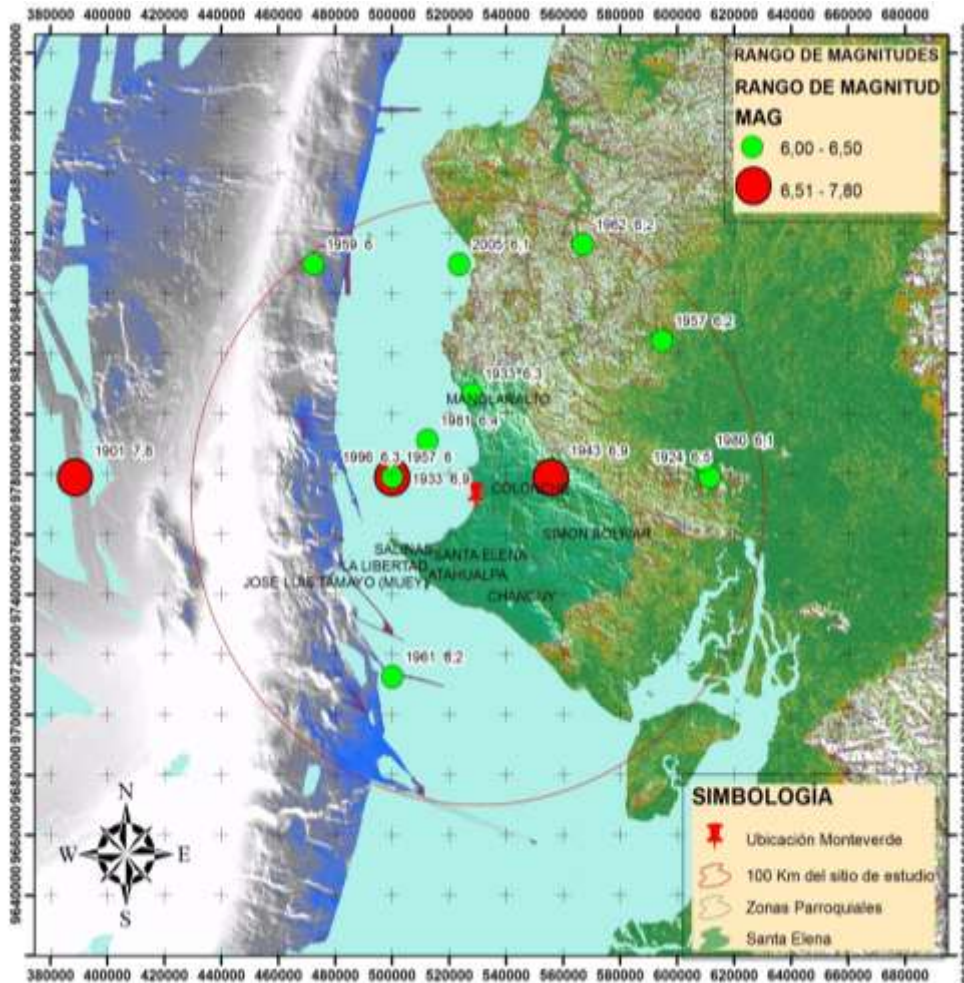


Figura 15: Terremotos históricos con magnitudes ≥ 6 . El área de estudio para éste análisis tiene 100 Km de radio (Jc Lema, E. Baque 2012). Fuente: Catálogo NEIC, CERECIS.

Para la provincia de Santa Elena haciendo una revisión de los catálogos antes mencionados podemos constatar que desde 1901 hasta la actualidad han ocurrido 208 eventos telúricos con magnitudes de 3,5 hasta 6,9 y en la red sísmica de la EPN se documentaron 158 sismos de intensidades que van de 4 hasta 5 entre los años de 1946 y 2011 .Ver figura 15.

4.1.2. ZONACIÓN SÍSMICA PARA EL GOLFO DE GUAYAQUIL

El análisis de peligro sísmico se basa en tres consideraciones:

1^{era}, construcción de un modelo sismotectónico a partir de datos geológicos y sismológicos,
2^{da}, caracterización de las fuentes sísmicas a través de la geometría de la estructura sismogénicas y la magnitud máxima asociada, y,
3^{era}, caracterización de los efectos inducidos por la propagación de las ondas sísmicas.

La amenaza sísmica de un componente se expresa tradicionalmente en términos de probabilidad de exceso de ciertos niveles de movimiento del suelo durante un período específico de tiempo.

El parámetro más utilizado para caracterizar el análisis de ingeniería sísmica del peligro es el PGA (“Peak Ground Acceleration”, máxima aceleración en la roca). El valor de cada zona representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. (Ver, figura 16).

En el Ecuador, se ha establecido la nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11), información es disponible en el link (www.normaconstruccion.ec). El NEC-11 divide el territorio de Ecuador en seis zonas sísmicas:

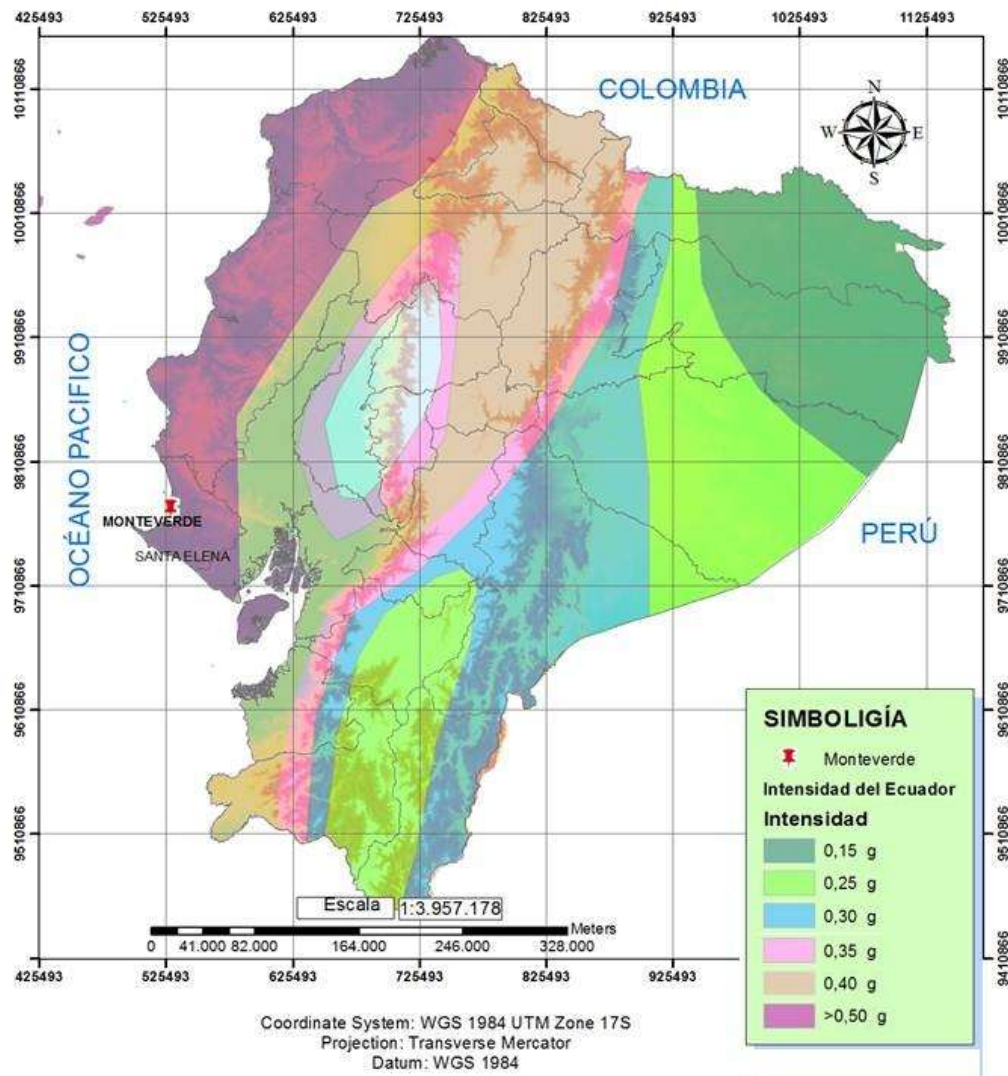


Figura 16: Mapa de peligro sísmico PGA del Ecuador. (Elaborado por Jc Lema, E. Baque 2012) Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011.

- Zona 6: $0,40 \text{ g} < \text{PGA} \leq 0,50 \text{ g}$ (muy alta sismicidad)
- Zona 5: $0,35 \text{ g} < \text{PGA} \leq 0,40 \text{ g}$ (alta sismicidad)
- Zona 4: $0,30 \text{ g} < \text{PGA} \leq 0,35 \text{ g}$ (moderada a alta sismicidad)
- Zona 3: $0,25 \text{ g} < \text{PGA} \leq 0,30 \text{ g}$ (moderada sismicidad)
- Zona 2, $0,15 \text{ g} < \text{PGA} \leq 0,25 \text{ g}$ (baja sismicidad)

- Zona 1: $PGA \leq 0,15$ g (muy baja sismicidad)

Los estudios presentados por (Chunga 2010) establece valores de 0,45 g. hasta 0,68 g. para la zona de subducción o trinchera Ecuador, donde sismos mayores de 7,7 pueden ocurrir.

El NEC-11 establece para la franja costera de la península de Santa Elena, valores de PGA mayores a 0,5 g., zona de muy alta sismicidad. (Ver, figura 16).

El área de asentamiento del Complejo de Gas Monteverde, está situada en un área de liberación de energía continua y con presencia de un patrón de sismos fuertes en periodos de tiempo específicos. (Ver anexo M3).

El área más común a sentir la intensidad sísmica está situada frente a las costas de la península de Santa Elena y Manabí; es decir que están ubicadas en la mayor zona de actividad sísmica en el país, según lo indica el mapa de zonificación sísmica del Código Ecuatoriano de la Construcción 2011, zona VI. Lo cual establece estudios previos a la construcción de facilidades industriales o consideradas riesgosas en torno a eventos naturales (en este caso sísmicos). (Ver, figura 17)

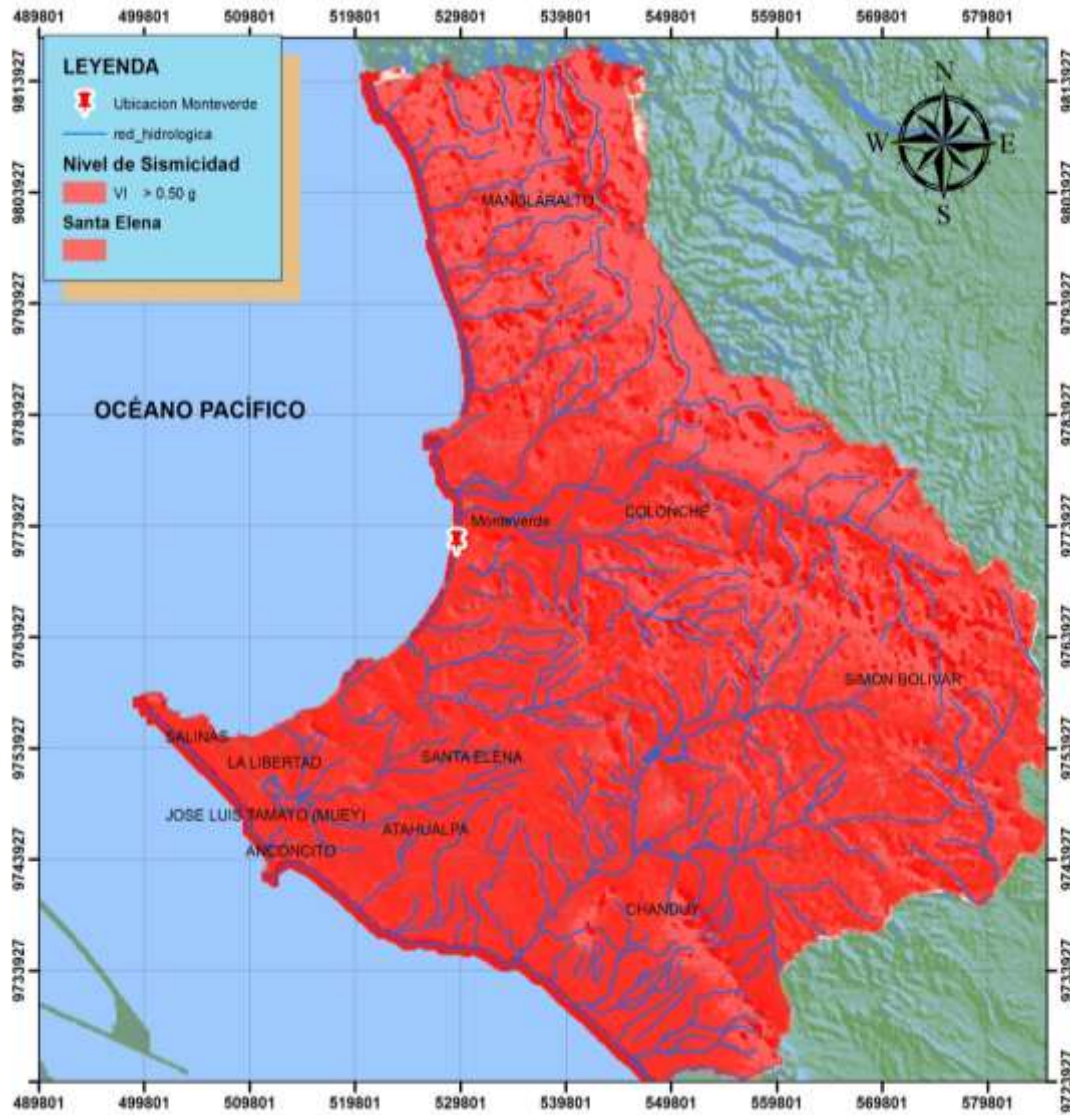


Figura 17: Mapa de intensidad sísmica en Santa Elena. (Elaborado por Jc Lema, E. Baque. 2.012). Fuente: Catálogo NEIC, CERECIS, Shapefiles.

Tomando en cuenta el margen activo del Ecuador, empezando desde el área de estudio hasta el oriente Ecuatoriano, se puede determinar que en la mayor parte de la costa los sismos que se producen son a una profundidad menor que 50 Km². (Ver, figura 18)

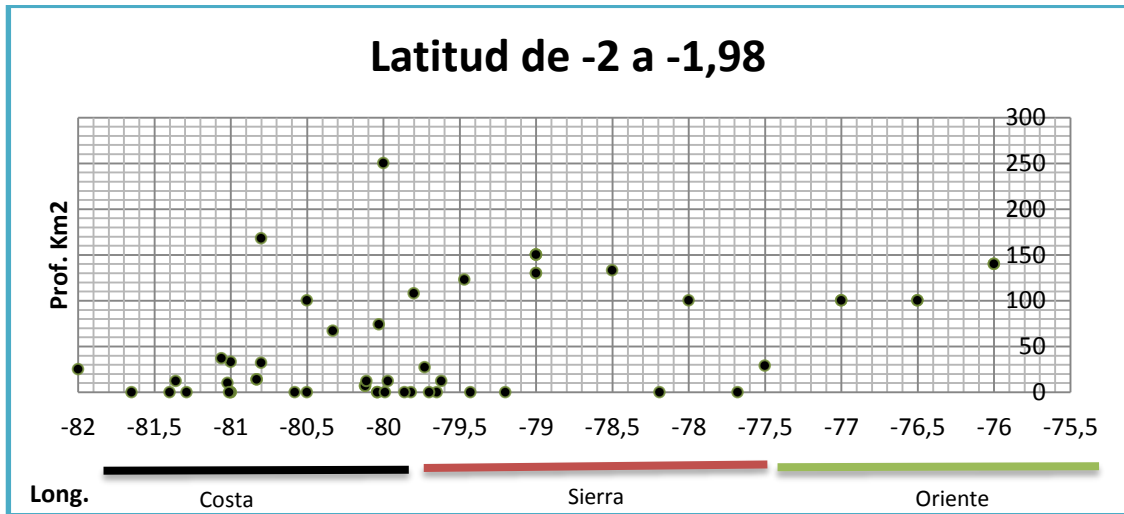


Figura 18: Perfiles de sismos hipocentrales a lo largo del margen activo del Ecuador tomando en cuenta la zona de estudio. (Elaborado por Jc Lema, E. Baque 2012). Fuente: Catálogo NEIC, CERECIS.

4.1.3. FALLAS GEOLÓGICAS ACTIVAS

El sitio de Monteverde se encuentra en la provincia geológica conocida como Levantamiento de Santa Elena de la Costa Ecuatoriana, en donde afloran rocas de edad Paleógeno (Paleoceno-Eoceno-Oligoceno) y Cretácico, que se formaron por la consolidación de depósitos sedimentarios de aguas profundas batiales o abisales. Dicho levantamiento se debe a que a lo largo de ese tiempo se encuentra en proceso de subducción la cordillera submarina de Carnegie desarrollada sobre la placa marina de Nazca durante los períodos Plio-Mioceno.

Realizando un estudio detallado de las fallas activas podemos seleccionar los escenarios de sismos, fallas conocidas, también, como estructuras sismogénicas, ver figura 19. Para una mejor comprensión de la terminología geológica estructural, se define falla “capaz” y fuente potencial de futuros terremotos, aquella que evidencian dislocaciones superficiales durante los últimos 30000 años (Agencia Internacional de Energía Atómica, siglas en

Inglés IAEA, 2002), y/o si la sismicidad histórica o instrumental está asociada a una falla determinada (Chunga 2010). Por otra parte, una falla se considera “potencialmente activa” y se considera una fuente potencial de futuros terremotos si se evidencian dislocaciones superficiales por lo menos una vez en los últimos 50000 años (IAEA, 2002; Robert & Michetti, 2004; Michetti et al., 2007).

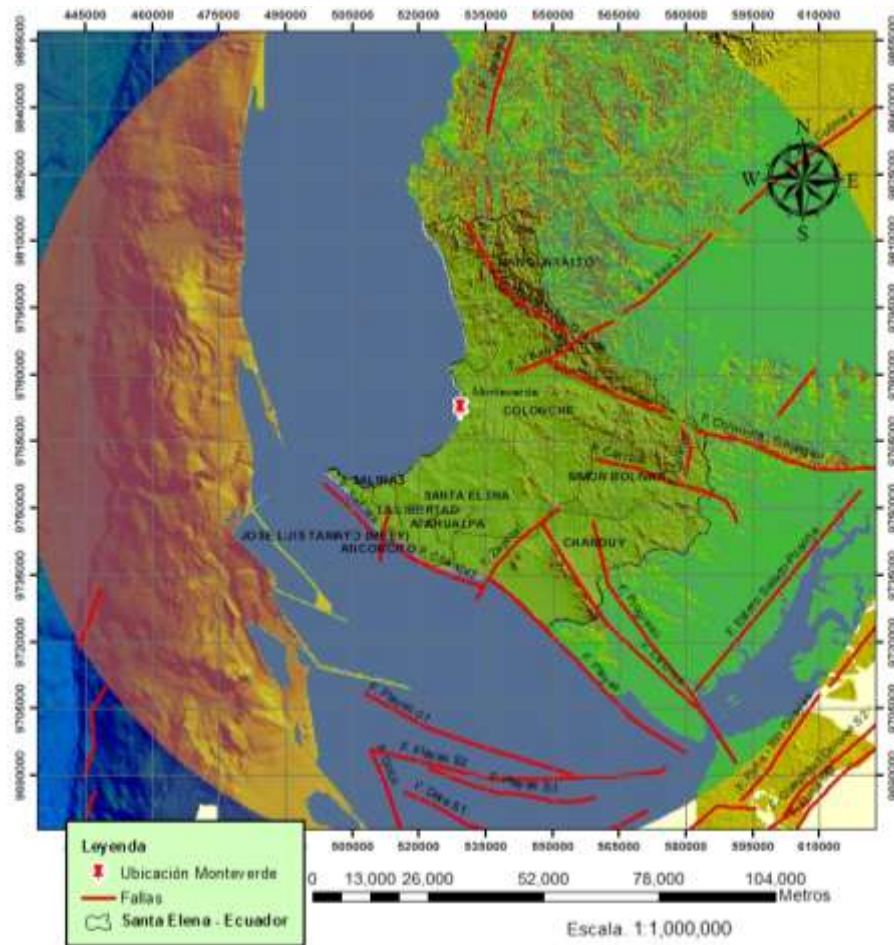


Figura 19: Mapa de fallas en Santa Elena. (Elaborado por Jc Lema, E. Baque 2012). Fuente: Cartografía del Ecuador, Shapefiles.

En esta zona se encuentra sistemas de fallas de corrimiento (inversa de bajo ángulo) que dominan la tectónica estructural del Prisma de Acreción. Ver tabla 8.

N°	Segm.	Nombre	Long. (m)	Prof. (m)	Azim. (°)	Inc. (°)
1	-90	Falla La Cruz	70.13	16	320	45
2	-90	Falla Posorja	78.59	25	75	45
3	-90	Falla Domito S2	11.18	16	10	90
4	-85	Falla Estero Salado-Posorja	57.76	33	40	45
5	170	Falla Guayaquil – Babahoyo	60.68	23	40	85
6	85	Falla Guayaquil Duran	29.61	33	275	45
7	160	Falla Villao S1	27.42	12	45	85
8	ND	Falla El Achote – Petrillo	12.51	10	290	45
9	85	Falla Colonche – Chongón	27.48	15	285	45
10	2	Falla Carrizal	36.28	12	105	45
11	85	Falla Colonche – Bachiller	29.37	18	295	90
12	-90	Falla Progreso	50.12	18	330	90
13	ND	Falla Jipijapa	69.12	25	100	45
14	ND	Falla Colonche - Rio Grande	36.32	25	60	45
15	180	Falla Rio Colimes	46.84	12	50	85
16	-90	Falla Playas	58.92	20	130	45
17	-10	Falla Zapotal	28.03	20	45	85
18	-90	Falla Chanduy	23.00	20	105	45
19	0	Falla Anconcito	11.08	20	15	85
20	0	Falla Salinas	16.17	20	300	85
21	90	Falla Colinas	12.28	20	5	45
22	-90	Falla Playas S1	53.09	15	105	45
23	-90	Falla Playas S2	66.79	15	90	45
24	-90	Falla Playas S3	38.68	15	95	45
25	-90	Falla Data S2	30.00	15	70	45
26	-90	Falla Data S1	28.31	15	110	45
27	-90	Falla Golfo	30.35	15	345	45
28	160	Falla Villao S2	25.03	0	60	85

Tabla 8: Descripción de fallas ubicadas a 100 Km a la redonda del área de estudio. (Elaborado por Jc Lema, E. Baque 2012). Fuente: Cartografía del Ecuador, Shapefiles.

Un análisis geológico nos permite identificar la zona de interés para este estudio la misma que es la zona de subducción ubicada a 100 Km de Monteverde.

4.2 AMENAZAS GEOLÓGICAS POR TSUNAMIS

4.2.1 RIESGO POR TSUNAMIS

Cuando los terremotos se generan en el mar, frente a las costas, y son de ciertas características, pueden producir movimientos súbitos de la corteza submarina que generan ondas de energía, las cuales pueden viajar hasta miles de kilómetros por el mar a velocidades de hasta 800 km/h y, al llegar a las costas, pueden convertirse en olas gigantes, de varios metros de altura, que pueden arrasar con las zonas costeras, incluso varios kilómetros tierra adentro. Este fenómeno es conocido como tsunami, de cuya aparición en el pasado existe alguna evidencia frente a las costas de Esmeraldas, Manabí y Guayas, afortunadamente en épocas de menor población y desarrollo. En vista de las características del fenómeno, éste puede producirse no sólo por terremotos frente a las costas del Ecuador, sino por terremotos más lejanos ocurridos frente a las costas de otros países de Sudamérica y del cinturón de fuego del Pacífico.

Los sismos que producen estos fenómenos son aquellos que superan los 7 grados en la escala de Richter y los efectos que éstos pueden causar son inundaciones súbitas y violentas, especialmente en litorales bajos y extensos o con desembocaduras fluviales muy amplias. Los tsunamis, también pueden estar causados por deslizamientos de tierra subterráneos o erupciones volcánicas.

En la actualidad no existe un software o equipo que permita predecir si un sismo ocurrido en las plataformas bajo el manto oceánico sea un generador

de tsunamis, pero la caracterización de su entorno geológico, la localización del hipocentro y la cercanía a las costas, proporciona datos fundamentales para una predicción más acertada en conjunto con el conocimiento de las fallas activas y sismogénicas del lugar.

La geología del fondo oceánico es característica por la presencia de una deformación dextral que origina la presencia de sismos de baja intensidad, el ambiente es de depósitos sedimentarios, pero estas características no inducen a la conclusión de que esta área sea de fuente generadora de tsunamis luego de un sismo bajo el lecho marino.

Pero no está a salvo de recibir la embestida de un tsunami creado en áreas lejanas al entorno de la deformación dextral, como en elevaciones con presencia de volcanes externos o volcanes submarinos.

La distribución de las placas tectónicas alrededor del mundo y sus niveles de actividad sísmica inusuales están localizadas en el famoso cinturón de fuego y en la placa indoaustraliana de Sumatra, consideradas las más activas.

4.2.2 REGISTRO DE TSUNAMIS QUE IMPACTARON EN EL ECUADOR

Para Ecuador, las costas de las provincias de El Oro, Guayas, Santa Elena, Manabí y Esmeraldas han sido impactadas por tsunamis que se generaron luego de fuertes terremotos en el mar entre 10 a 138 Km de distancia de la línea de costa. Históricamente, en el corto catálogo sísmico disponible desde 1787 (terremoto de Guayaquil del 11 de junio) para la región costera, se registran ocho tsunamis generados en la plataforma continental y piso oceánico de Ecuador, sur de Colombia y norte de Perú (Fuente: NEIC). En la tabla 9 se identifica los diferentes sismos de acuerdo al lugar de origen y se enfoca en el evento adverso luego de ocurrido un movimiento telúrico.

La historia de eventos similares en el país, que no ha registrado la ocurrencia de olas que superen los 6 m. de altura como, con información recogida, del United States Geological Service (USGS) y el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

Fecha	Lugar	Distancia desde la costa	Características del evento	Evento asociado
11-10-1877	Colombia	Costa fuera	No hay datos	No definido
31 -12-1906	Esmeraldas	138 Km de las costas	Tsunami	Sismo de magnitud 8.8
31-01-1906	Esmeraldas	Costa fuera de la provincia	Tsunami con altura de olas de 5m	Sismo de magnitud 8.6
7-02-1906	Esmeraldas	Costa fuera de la provincia	Tsunami	No establecida pero estimado en Ms 6.9
2-10-1933	Santa Elena	Frente a las costas	Tsunami	Sismo de magnitud 6.9
12-12-1953	Ecuador	Frontera entre Perú y Ecuador	Oscilaciones medidas de 20 cm. en las playas de Santa Elena	Sismo con magnitud de 7.3
19-01-1958	Frontera Colombia - Ecuador	Esmeraldas	Tsunami	Magnitud establecida en 7.8
7-02-1959	Frontera Ecuador - Perú	Frente a las costas de Tumbes	Tsunami	Ms. 7.2
12-12-1979	Frontera Colombia - Ecuador	Frente a las costas de Esmeraldas	Tsunami	Sismo de magnitud de 7.9

Tabla 9: Características de los diferentes eventos generadores de tsunamis en el Ecuador. (Elaborado por Jc Lema, E. Baque 2012). Fuente: USGS y el INOCAR.

En la Provincia de Santa Elena no se ha generado un acontecimiento importante en los últimos años, con excepción de la alerta de tsunami declarada el 11 de abril del 2011 debido al terremoto de Sumatra de 8.6 grados en la escala de Richter.

4.2.3 ANÁLISIS DE PELIGRO DE TSUNAMIS

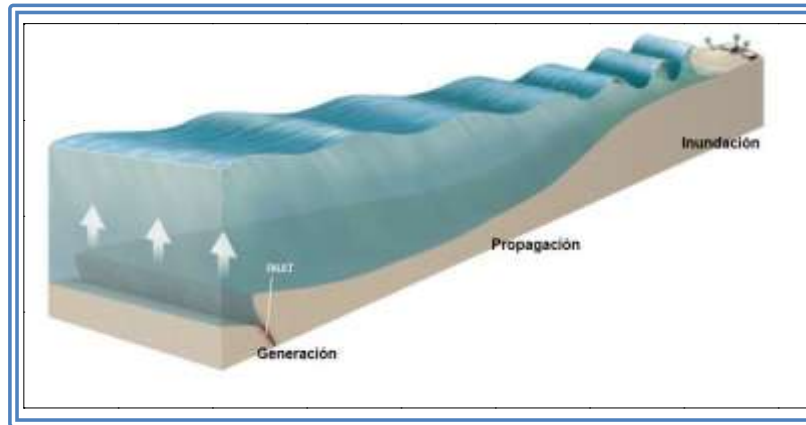


Figura 20: Levantamiento de fondo marino, etapa inicial de formación de un tsunami, fuente: Scientific American, 1999.

Al acercarse las ondas de los tsunamis a la costa, a medida que disminuye la profundidad del fondo marino, disminuye también su velocidad, y se acortan las longitudes de sus ondas. En consecuencia, su energía se concentra, aumentando su altura, y las olas así resultantes pueden llegar a tener características destructivas al arribar a la costa. (Ver figura 20)

GRADO DE TSUNAMI	ALTURA DE LA OLA (m)	DESCRIPCION DE LOS DAÑOS
0	1-2	No produce daños
1	2-5	Casas inundadas
2	5-10	Hombres, barcos y casas son barridos
3	10-20	Daños extendidos a lo largo de 400km de la costa
4	>30	Daños extendidos sobre 500 km a lo largo de la línea costera.

Tabla 10: Clasificación de tsunamis según altura de ola y daños. Fuente: Scientific American, 1999.

Las tres etapas de un tsunami son: La generación de la ola, su propagación en mar abierto y su interacción con la costa.

La magnitud de un tsunami se determina sobre la base de altura máxima de las olas más grandes, las oscilaciones que genera la formación de una ola con otra, la velocidad de formación de la misma y de la destrucción que esta ocasiona, así se obtiene un nivel numérico que representa la magnitud o grado del tsunami, cumpliéndose estos valores se cumplen en la tabla 10. La clasificación más conocida es la Inamura.

4.2.4 ALTURA DE OLAS

Cuando las ondas de tsunami se comprimen cerca de la costa, la longitud de onda se acorta y la energía de onda está dirigida hacia arriba, lo que aumenta considerablemente la altura. Incluso, si una ola de tsunami fue de menos 1 metro de profundidad en el océano, puede convertirse en una ola enorme 30-35 metros cuando se pasa sobre la orilla. Así, las olas del tsunami pueden romper en la orilla como un muro de agua, inundando y llevándose todo a su paso.

De cualquier manera, las ondas se convierten en una seria amenaza para la vida y la propiedad. Si las olas del tsunami llegan con la marea alta, o si hay ondas simultáneas de tormenta en la zona, los efectos serán acumulativos y la inundación y destrucción aún mayor, ver figura 21. El registro histórico muestra que ha habido muchos tsunamis que han golpeado la costa con una fuerza devastadora, alcanzando, a veces, alturas de más de 30-50 metros.

Finalmente, la altura máxima de un tsunami cuando llega a la costa se llama la Run-up. Es la distancia vertical entre la altura máxima alcanzada por el agua en la costa y la superficie de nivel medio del mar. Cualquier Run-up de más de un metro es peligroso y el punto de impacto dependerá de cómo la energía se concentra, el recorrido de las ondas de tsunami, la configuración de la costa y la topografía marina. Las inundaciones por las olas individuales suelen durar entre diez minutos y una media hora, por lo que el período de

peligro puede durar horas. Además, cuando la costa tiene poca inclinación el tsunami es menos acentuado, esto hace que las olas pierdan fuerza y altura, pero no dejan de ser peligrosas.



Figura 21: Comportamiento de la ola con un declive bajo, fuente: Scientific American, 1999.

Mientras más empinada sea la costa, más altura alcanzarán las olas, pero seguirá teniendo forma de onda plana. Hay un cambio de energía de velocidad a amplitud; la ola se frena, pero gana altura, provocando que ésta tenga un poder destructivo indescriptible. (Ver figura 22)

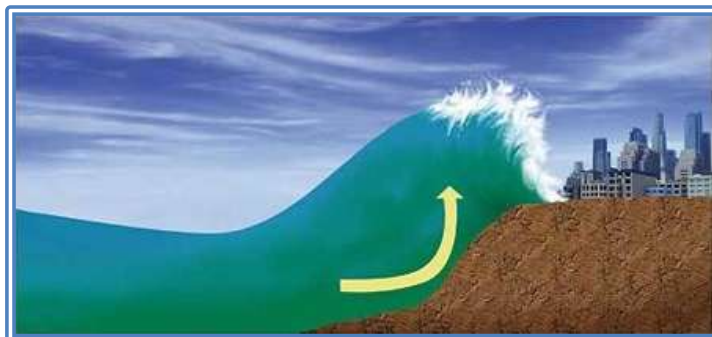


Figura 22: Comportamiento de la ola con un declive abrupto. Fuente: Scientific American, 1999.

La fuerza destructiva del tsunami en áreas costeras, depende de la combinación de los siguientes factores:

- Magnitud del fenómeno que lo induce. En el caso de ser un sismo submarino se debe considerar la magnitud y profundidad de su foco;
- Influencia de la topografía submarina en la propagación del tsunami;
- Distancia a la costa desde el punto donde ocurrió el fenómeno (epicentro);
- Configuración de la línea de costa;
- Influencia de la orientación del eje de una bahía respecto al epicentro (características direccionales);
- Presencia o ausencia de corales o rompeolas, y el estado de la marea al tiempo de la llegada del tsunami;
- Influencia de la topografía en superficie, incluye pendientes y grado de rugosidad derivado de construcciones, árboles y otros obstáculos en tierra.

4.2.5 MODELAMIENTO Y DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO DE UNA OLA

El programa base que permite el modelaje de un tsunami es el Win ITDB/WLD (The Integrate Tsunami Database for the World Ocean), este es un software desarrollado por el Laboratorio Novosibirsk de tsunamis y la Agencia Mundial para el Monitoreo Planetario y Reducción de Riesgos Sísmicos (WAPMEER). (Ver figura 23)

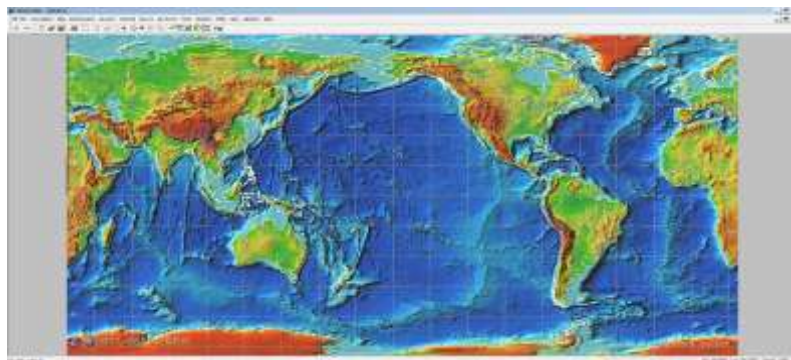


Figura 23: Programa WinITDB/WLD. Fuente: CIGEO UPSE.

Estos conocimientos son fundamentales para determinar la ubicación del hipocentro del movimiento sísmico; el programa abarca toda la extensión del planeta para el modelamiento de costas inmersas de sufrir el embate directo de la masa de agua.

El modelamiento se basa en estudios concretos de fuentes sísmicas activas (fallas) o de zonas sismogénicas propensas a generar tsunamis (lugares inmersos en el océano). (Ver figura 24)

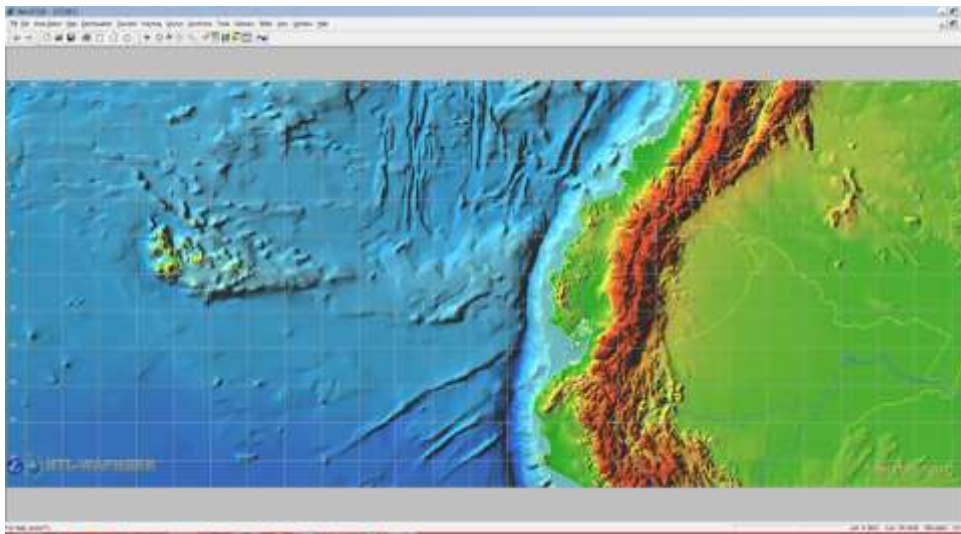


Figura 24: Área de subducción. (Elaborado por Jc Lema, E. Baque. 2.012).
Fuente: Catálogo NEIC, CERECIS, Shapefiles, CIGEO UPSE.

Toda la estructura geomorfológica de la corteza terrestre está presente en el programa, permitiendo una mayor exactitud en el modelaje, en la figura 24 se puede observar la línea de subducción entre placas y la proximidad a la zona de estudio.

El modelamiento permite estimar el tiempo de desplazamiento de la primera ola hasta que tope la zona continental, este programa sirvió para establecer un tiempo de llegada del tsunami provocado por el terremoto de Sumatra en el 2004 de magnitud de 8,6 - 9,3 en la escala de Richter.



Figura 25: Modelamiento de tsunamis en las costas del Océano Pacífico hasta la zona de estudio. (Elaborado por Jc Lema & E. Baque 2.012). Fuente: CIGEO UPSE.

En la presente modelación (zona de falla hacia zona de estudio) se prevé que la primera ola golpeará la costa de Monteverde en aproximadamente 40 minutos (cada onda equivale en el modelamiento a 5 minutos). (Ver, figura 25)

4.3 FENÓMENO HIDROMETEOROLÓGICO (INUNDACIÓN)

Los eventos hidrometeorológicos han ocasionado una variedad de impactos, siendo las inundaciones las más frecuentes y las que han provocado mayor afectación; se podría definir a una inundación como producto de flujo de una corriente que sobrepasa las condiciones normales alcanzando niveles extremos que no pueden ser contenidas por los cauces, dando origen a la

invasión de agua en las zonas urbanas, tierras productivas y, en general, en valles y sitios bajos; las inundaciones no son exclusivamente hidrológicas, ya que el fenómeno involucra la geomorfología del lugar y la infraestructura.

El Ecuador es uno de los países del hemisferio occidental más propenso a sufrir los efectos de los fenómenos hidrometeorológicos; uno de los más recurrentes el ENOS (El Niño – Oscilación del Sur). Como los habitantes de los cantones Santa Elena, La Libertad y Salinas están asentados en los sectores llanura costanera, constantemente, están amenazados por estos fenómenos naturales (figura 26).

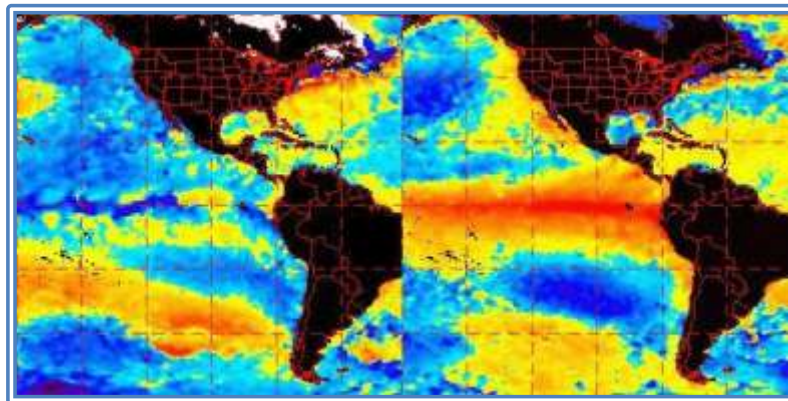


Figura 26: Variación de temperatura del mar frente a las costas de Sudamérica, “La Niña” a la izquierda y “El Niño” a la derecha. Fuente: Weather National Center 2.011.

Puede aparecer en cualquier época del año, sin embargo, entre diciembre y marzo cuando sus características se combinan con la estación de lluvias, sus efectos se ven amplificados. En términos prácticos, la ocurrencia de “El Niño” significa que muchas regiones, normalmente húmedas, como Indonesia, llegan a ser secas, mientras que las áreas normalmente secas, como las de la costa oeste de América y el Ecuador en especial, se humedecen con precipitaciones intensas: las provincias más afectadas en el Ecuador son el Oro, Guayas, Manabí, Los Ríos, Esmeraldas y Provincia de Santa Elena.

Focalizando los fenómenos climáticos más severos (siempre y cuando se desarrollen con intensidad media a alta) más comunes en Ecuador, las costas de la Parroquia Colonche, específicamente Monteverde (zona poblada y zona industrial) se ven afectadas por inundaciones y desbordamiento de ríos aledaños.

4.3.1 FENÓMENO DE “EL NIÑO”

Se conoce con el nombre de "El Niño" a las corrientes oceánicas cálidas provenientes del Océano Pacífico Ecuatorial y que llegan a las costas de América del Sur. Cuando las condiciones climáticas son propensas al desarrollo de este fenómeno “El Niño”, y como la zona que comprende el Complejo de Gas Monteverde se ve rodeada por elevaciones de hasta 28 metros de altura sobre el nivel del mar, sin embargo su ubicación permanece en una zona de planicie abierta, artificialmente llana (debido a trabajos de compactación del terreno para el asentamiento de los equipos), lo que conllevaría a una leve inundación o canalización del agua lluvia si no se dispone de vías de evacuación de aguas producidas naturalmente.(figura 27)

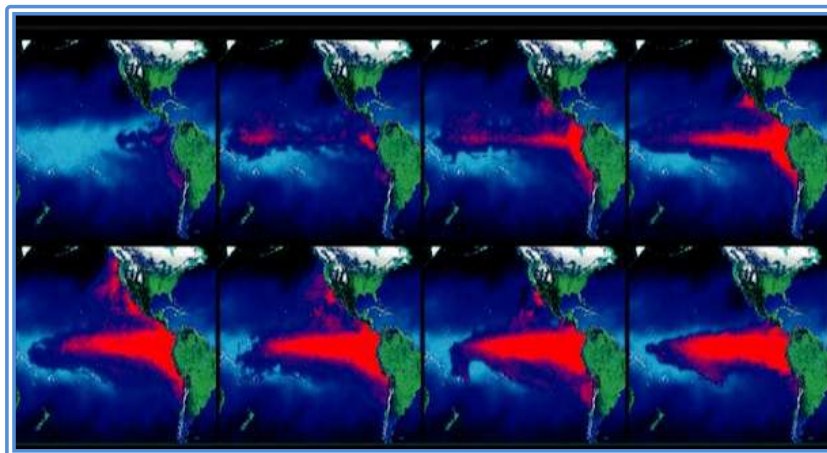


Figura 27: Variación de temperatura del mar (color rojo) indicando el desarrollo de “El Niño”. Fuente: Weather National Center 2011.

Además, posee una entrante de agua desde el mar hacia las piscinas de Ecuasal (ver figura 28), que servirían como desfogue del caudal excedente producto de las aguas lluvias acumuladas en el Complejo de Gas Monteverde.



Figura 28: Entrante de agua desde el mar hacia las piscinas de Ecuasal

4.3.2 FENÓMENO DE “LA NIÑA”

Este fenómeno pareciera no tener razón de ser nombrado en esta sección, puesto que no produce precipitación de agua, pero prolonga temporadas de sequía, inducido por el calor y la ausencia de nubes, específicamente hablemos del aumento de la temperatura ambiental. El incremento y disminución de temperatura durante el día y la noche fomenta la fatiga de los metales o aleaciones que son propensas a dilatarse con el aumento de temperatura, en este caso pongamos de referencia a las líneas de descarga y bombeo y las líneas secundarias de las facilidades como: líneas contraincendios, flujo de refrigerantes, líneas hacia los intercambiadores, salidas de bombas y líneas de regasificación.

Debe mantenerse un adecuado control de todas las instalaciones, equipos y facilidades expuestas al ambiente para evitar su colapso y posible deterioro,

más aún de los equipos que se encuentran recubiertos contra la corrosión o los que se encuentran separados del medio ambiente por aislantes, la supervisión de los trabajos de soldadura en líneas es muy importante para evitar burbujas de aire en las uniones que conllevarían a la picadura del cordón y obviamente el deterioro de la costura en sí.

4.3.3 REGISTRO DE INUNDACIONES EN EL ECUADOR

Los efectos del ENOS cálido produjeron afectación durante “El Niño” de **1.982**, las inundaciones ocasionaron alrededor de 650 decesos y pérdidas estimadas en de USS. 640,6 millones. De esa cantidad, USS. 533,9 millones (83%) fueron por daños directos y los restantes USS. 106,7 millones (17%) por daños indirectos.

“El Niño” de **1997-1998**, fue considerado el mayor del siglo pasado que afectó a más de 7 millones de personas, un área de aproximadamente 78477 Km², 286 muertes y monto total de los daños se estima en USS. 2869,3 millones. De ellos, USS. 783,2 millones (27%) corresponden a daños directos y USS. 2086,1 millones (73%) a daños indirectos según el grupo de trabajo de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

No sólo se produjeron daños en los sectores: agrícola, transporte y carreteras, infraestructura básica, vivienda, salud, comercio, industria, etc., también, se provocó una importante migración campo-ciudad, nuevos asentamientos humanos en otras zonas igualmente de alto riesgo, invasión de tierras, creación de barrios marginales, con el consiguiente impacto social.

CAPITULO V

EVALUACIÓN DE RIESGOS DESDE LA PERSPECTIVA INDUSTRIAL Y SOCIAL

5.1 INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE RIESGOS

La Gestión de Riesgos es definida como un conjunto de acciones, mecanismos y herramientas cuyo propósito fundamental es intervenir ante la posible amenaza o la vulnerabilidad de un determinado sector, poblado, o área industrial a fin de reducir el impacto negativo que ello representa para la misma población.

En la Gestión de Riesgos se hace énfasis a la prevención y mitigación, ya que la intención fundamental es reducir a límites considerables el riesgo presente a través de la participación e integración de acciones tanto de los entes de desarrollo como de los actores sociales de una comunidad. También se promueve la capacitación y entendimiento por parte de los sectores susceptibles al riesgo, para aumentar su conocimiento ante el desarrollo de una eventualidad asociada al mismo.

5.2 FACTORES DE RIESGO ASOCIADO

Los factores de riesgo asociado dependen de la incidencia de un riesgo predominante, en este caso son los de origen natural, provocados por un foco de sismicidad local, presencia de peligros de eventos tsunamigénicos u otros.

En cada uno de los casos citados pueden derivarse agentes de incidentes secundarios, debido por lo general al colapso de estructuras o fallas en equipos: eléctricos, bombeo, soporte, medición, contención o de seguridad.

Los factores asociados se presentan en la tabla 11.

Riesgos Geológicos	Definición	Clasificación
Internos	Originados por procesos geológicos endógenos	<ul style="list-style-type: none"> • Terremotos
Externos	Originados por procesos geológicos exógenos	<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento de laderas • Corrientes fluviales por lluvias torrenciales • Inundaciones costeras • Suelos expansivos • Erosión de suelo
Mixtos	Procesos geológicos resultantes de las alteraciones humanas de la dinámica natural de los procesos geológicos naturales de erosión-sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Erosión de suelo • Colapso de embalses por relleno de sedimentos • Desaparición de playas
Artificiales	Procesos geológicos desencadenados artificialmente a consecuencia de las intervenciones humanas sobre el medio geológico.	<ul style="list-style-type: none"> • Movimientos de laderas por la modificación del relieve • Colapso de edificaciones por exceso de peso, diseño no sismoresistente.

Tabla 11: Factores de riesgo asociado, aplicado a la Comunidad y el Complejo Monteverde. (Elaborado por Jc Lema, E. Baque 2012). Fuente: Estudios de riesgos SNGR 2011.

Es así que para presentar una cierta relación de incidencia de un riesgo con otro asociado basta focalizar nuestra atención a los mapas de zonificación de riesgos de la península de Santa Elena, elaborado por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos 2011.

5.3 EVALUACIÓN DE RIESGOS TECNOLÓGICOS

Toda actividad económica conlleva riesgos, es decir la posibilidad de pérdidas o daños, los diferentes actores de un proceso económico tienen la potencialidad de causar daño; a través de fenómenos llamados accidentes. Una organización estructurada dentro del conjunto de etapas para la prevención-mitigación de accidentes como: planificación, objetivos, estrategias, organización, descontaminación, rehabilitación, evacuación y seguimiento, permiten un adecuado desarrollo de las operaciones de un complejo industrial o tecnológico que requiera el uso de gases, fluidos o sólidos altamente inflamables.

Consideremos como riesgo tecnológico a la probabilidad de que: un objeto, un material, un proceso peligroso, una sustancia tóxica o un fenómeno, debido a interacciones irregulares ocasionan un número indeterminado de consecuencias para la salud, economía, medio ambiente y desarrollo integral de un entorno poblado determinado.

Entre los riesgos industriales más comunes para el Complejo de Gas Monteverde (complejo industrial), tenemos los siguientes:

- **Riesgo de explosiones:** se caracterizan por producir una onda de choque que ocasiona daño de edificios o viviendas; también, puede provocar lesiones graves como fracturas en las personas.

Las explosiones pueden producirse en forma de detonación o de una deflagración.

- **Riesgo por deflagración:** una deflagración es una combustión súbita con llama a baja velocidad de propagación, *sin explosión*. Se suele asociar, erróneamente, con las explosiones.

Las reacciones que provoca una deflagración son idénticas a las de una combustión, pero se desarrollan a una velocidad comprendida entre 1m/s y la velocidad del sonido. En una deflagración, el frente de llama avanza por fenómenos de difusión térmica. Por el contrario, en una detonación la combustión está asociada a una onda de choque que avanza a velocidad superior a la del sonido. Para que se produzca una deflagración se necesita: una mezcla de producto inflamable con el aire, en su punto de inflamación, una aportación de energía de un foco de ignición, una reacción espontánea de sus partículas volátiles al estímulo calórico que actúa como catalizador o iniciador primario de reacción.

Típicos ejemplos de deflagración son: encender un cerillo, la combustión de mezclas de gas y aire en una estufa u horno de gas, la mezcla de combustible-aire en un motor de combustión interna, la rápida combustión de una carga de pólvora en una arma de fuego, las mezclas pirotécnicas en los fuegos artificiales o en los dispositivos o cartuchos de fragmentación de roca segura.

- **Riesgo por detonación:** Una detonación es una combustión supersónica que implica la existencia de una onda expansiva y una zona de reacción detrás de ella.

Una detonación es un drástico proceso de transformación de la energía que contiene un material, casi siempre de naturaleza química, que se intercambia a elevadas velocidades con el medio adyacente. Así, para medir el poder detonante de un material con propiedades explosivas, se utiliza la definición de "poder detonante" y se expresa en metros por segundo, dadas las características particulares del material químico en cuestión.

- **Riesgo por incendios:** los incendios a más de causar la elevación de temperatura y provocar quemaduras en la piel del ser humano, es generador

de altos índices de deflagración y explosiones, si el producto a procesarse es altamente inflamable.

- **Riesgo por escape de gases:** como se mencionó en el capítulo 3 de éste trabajo, conocemos que el propano y butano son inodoros e insípidos en su forma natural, pero son olorizados con mercaptanos; el envenenamiento con estos gases es casi imperceptible si ocurre durante el sueño de la persona; los síntomas asociados son mareo, náuseas y dolores de cabeza y en algunos casos, sangrado por la rotura de los vasos sanguíneos generalmente de la nariz.

- **Riesgos físicos:** se presentan por lo general como ruido y vibraciones producidas por maquinaria o vehículos pesados, sobreexposición a radiación; estos riesgos, están presentes en zonas de calderas e intercambiadores de calor.

5.4 RIESGOS INDUSTRIALES

El desarrollo económico de un país, en cierta forma, depende de su crecimiento industrial y tecnológico; por ello: el diseño, construcción y operación de instalaciones industriales, debe regirse a reducir los riesgos de accidentes mayores. Este es el objetivo de la política general de control de riesgos industriales.

Por lo general, hay una relación entre peligro y riesgo, aunque tiende a confundirse y definirse por iguales. Se entiende por peligro la propiedad intrínseca de una sustancia peligrosa o de una situación física que pueda provocar daños para la salud humana y/o para el medio ambiente. En tanto, se entiende por riesgo industrial la probabilidad de un efecto específico (efecto tóxico, efecto térmico o sobrepresión) que se produce en un periodo determinado o en circunstancias determinadas, ligadas a un acontecimiento

accidental relativo a la pérdida de control en un momento preciso de la actividad industrial. Sus efectos pueden tener repercusión para el personal del establecimiento, los habitantes circundantes, los edificios o el medio ambiente.

Es, entonces, sumamente importante distinguir los dos conceptos. A título de ejemplo un producto que presenta un nivel elevado de peligro, (fuerte toxicidad), puede ocasionar solo un riesgo débil, si su almacenamiento y manipulación se efectúan en óptimas condiciones de seguridad.

5.5 ZONA DE RIESGO

Se considera como zona de riesgo al área de posible afectación si llegase a ocurrir un incidente en el CGM, el área circular mostrado en la figura 47 es el área de incidencia y, entre más cercano al círculo primario, mayor será el daño que sufrirá la infraestructura y el personal humano. Esta área se diseña de acuerdo a los datos de velocidad de expansión de una onda explosiva; en este caso, puede ocurrir por una BLEVE, considerada como uno de los riesgos tecnológicos que más daño provoca; se deriva de ella la radiación que se genera por los incendios provocados por éste.

5.6 VULNERABILIDAD

En este caso nos referiremos a: “la propensión de un elemento o conjunto de elementos a sufrir ataques o daños en caso de manifestaciones de fenómenos destructores y/o generar condiciones propicias a su ocurrencia o al agravamiento de sus efectos” (D’ Ercole 1998).

5.7 MITIGACIÓN

Tanto la prevención como la mitigación del riesgo juegan un papel muy importante para reducir los desastres; ya que dirige sus esfuerzos en

intervenir la planificación y los procesos de desarrollo de las localidades, así como también las problemáticas ambientales, con el fin de evitar, impedir y disminuir los daños que pudiera ocasionar la ocurrencia de un fenómeno natural o antrópico cuando se manifiesta en un lugar y tiempo determinado.

5.8 GESTIÓN DE RIESGO COMUNITARIO

Uno de los elementos claves a la hora de asegurar el éxito en el proyecto, medido en términos de cumplimiento de plazos, costes, alcance funcional y calidad final de la solución, es la Gestión de Riesgos. Implantar una Gestión de Riesgos adecuada, será un elemento decisivo a la hora de asegurar el Proyecto; mediante la identificación y el análisis por adelantado de los riesgos potenciales que puedan afectar dicho proyecto, y la elaboración de las acciones de contingencia adecuadas, se logrará evitar su aparición o minimizar el impacto destructor, en caso de que finalmente el riesgo se verifique.

5.8.1 OBJETIVO

Fomentar en los sectores propensos o vulnerables a riesgos o desastres, tengan la posibilidad mitigar en cierto grado los efectos devastadores que ocasionaren si no hubiese la preparación adecuada, basados en una gestión sistemática de los riesgos relacionados con amenazas naturales, mediante la reducción de la vulnerabilidad. Para la adecuada aplicación del Plan Comunitario es necesario determinar cierta información relevante al grado académico de la población e igual que a la condición socio económica la misma, pues se trata de promover la aplicación de las herramientas adecuadas para difundir la información.

5.8.2 ALCANCE


El ámbito del análisis de riesgos cubre toda la extensión del estudio observado desde su fase inicial. Será necesario durante el desarrollo del proyecto revisar y actualizar los contenidos del análisis de riesgos en caso de que se detecten nuevos riesgos no visibles en ese momento.

5.8.3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

El levantamiento de información es de manera directa; el encuestador realiza un censo de manera individual y familiar. Caracterizando las prioridades que requiere la familia o las ventajas en torno a conocimiento o preparación que está posea. Al final del levantamiento de la información, se realiza una síntesis de ella para presentar un resumen general de la comunidad en sí.

5.8.4 FICHAS TÉCNICAS

Las fichas utilizadas para este estudio permiten obtener información específica en torno a: Datos generales del encuestado (1 familia), dirección del domicilio, ubicación, datos de la vivienda, características sobre la habitabilidad de la misma habitables del hogar, habitable o no para una familia, servicios básicos, alcance de los servicios básicos y sus condiciones actuales, caracterización individual de los integrantes de la familia, datos específicos de niños y mujeres en estado de gestación, información económica, procedencia de los ingresos económicos, para determinar el nivel de alcance de bienestar familiar, ayuda social, participación del estado por medio de programas de ayuda hacia los infantes en etapa escolar, incentivo económico y prestación de créditos bancarios, etc. (Ver figura 29 y 30).



SECRETARÍA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS
 DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SAN TALEMA
 COORDINACIÓN DE CONSTRUCCIÓN SOCIAL
 MONI-MON CENTRO COMUNITARIO

DI. J. RIVERO, Manifiesta información sobre el cumplimiento normativo de la construcción edilicia, para conocer el nivel de vulnerabilidad ante los riesgos presentes en la comunidad.
 INFORMACION GENERAL

PROVINCIA: _____ COM. NA.: _____ MZ.: _____ Eje: _____ Vialidad No. (Código abreviado en el estudio): _____
 CANTON: _____ RECINTO: _____ DIRECCION DE LA URBENEA: _____ FECHA: ____/____/____ PROYECTO: _____
 PARROQUIA: _____ SUB PROYECTO: _____

DATOS DE LA VIVIENDA		SE. SERVICIOS BÁSICOS				SE. SERVICIOS BÁSICOS (Muebles con una etiqueta, donde cada una represente)			
		Tercer piso		Segundo piso		Primer piso		Sótano	
No.	Problemas	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
1	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
2	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
3	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
4	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
5	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
6	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
7	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
8	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
9	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
10	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
11	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
12	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
13	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
14	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
15	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
16	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
17	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
18	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
19	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
20	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
21	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
22	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
23	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
24	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
25	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera
26	Ingreso	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera	Placa	Escalera

Marque con una X la opción seleccionada.

COMUNIDAD DE VIVIENDAS	Población		Número de viviendas	
	Varones	Mujeres	Varones	Mujeres
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
21	0	0	0	0
22	0	0	0	0
23	0	0	0	0
24	0	0	0	0
25	0	0	0	0
26	0	0	0	0

En las viviendas de tipo... (texto parcial)

SE. SERVICIOS BÁSICOS ECONÓMICOS			
1	2	3	4
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

Marque con una X la opción seleccionada.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

SE. ATENCIÓN A LOS NIÑOS

01. ATENCIÓN A LOS NIÑOS (Código de atención a los niños)

02. ATENCIÓN GENERAL (Código de atención general)

SE. ATENCIÓN SOCIAL

01. ATENCIÓN SOCIAL (Código de atención social)

IMPORTE: Cero no debe ser aplicado a una sola vivienda, en caso de una vivienda en la que habita más de una familia, aplicando el mayor o menor los valores seleccionados.

Figura 29: Ficha técnica lado frontal. Fuente: Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos.

7. PERCEPCIÓN DEL RIESGO: Dirijase al jefe/a de familia (Marque con una X la opción más adecuada a su situación, pueden haber respuestas múltiples)

7.1. Riesgo por la seguridad de la familia

7.1.1. Disponibilidad de alimentos		7.1.2. Disponibilidad de medicamentos		7.1.3. Disponibilidad de recursos económicos		7.1.4. Disponibilidad de servicios básicos	
SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7.2. Disponibilidad de servicios básicos

7.2.1. Agua	7.2.2. Energía eléctrica	7.2.3. Gas natural	7.2.4. Teléfono	7.2.5. Internet	7.2.6. Televisión	7.2.7. Aire acondicionado	7.2.8. Seguridad
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Situación actual de su negocio

8.1. Situación actual de su negocio		8.2. Situación futura de su negocio		8.3. Situación de su negocio en caso de crisis	
SI	NO	SI	NO	SI	NO
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. CROQUIS DE UBICACIÓN DE LA VIVIENDA

10. OBSERVACIONES GENERALES:

Figura 30: Ficha técnica lado anverso. Fuente: Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following structure:

- Worksheet Title:** PLAN DE RIESGOS GEOLOGICOS Y DE INFRAESTRUCTURAS SOBRE LA PERSPECTIVA DEL COMPLEJO DE LAS MONTEVERDE
- Columns:**
 - Columns 1-15: 'Tipo', 'Formulario', 'Fecha', 'Reportado', 'Tipo', 'Fecha', 'Reportado', 'Fecha', 'Reportado', 'Fecha', 'Reportado', 'Fecha', 'Reportado', 'Fecha', 'Reportado' (repeating the same 5-column pattern).
 - Column 16: 'Apellido'
 - Column 17: 'Nombre'
 - Column 18: 'Sexo'
- Rows:**
 - Row 1: Headers for the 18 columns.
 - Row 2: CARLOS ALBERTO | LEONARDO | M
 - Row 3: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 4: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 5: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 6: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 7: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 8: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 9: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 10: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 11: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 12: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 13: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 14: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 15: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 16: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 17: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 18: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 19: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 20: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 21: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 22: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 23: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 24: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 25: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 26: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 27: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 28: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 29: LEONARDO | LEONARDO | M
 - Row 30: LEONARDO | LEONARDO | M

Figura 31: Cuadros de procesamiento de datos en Excel. (Elaborado por Jc Lema, E. Baque 2012).

5.8.5 PLANO COMUNITARIO

Una de las prioridades del estudio de riesgos, es entregar una referencia de las zonas de eventual riesgo o altamente riesgosas; además, focalizar rutas de escape por medio de señaléticas básicas y sencillas de comprender, que, en un momento determinado, sea posible minimizar el efecto de una catástrofe o incidencia de origen natural (terremoto, tsunami, oleajes, etc.) o artificial (Complejo de Gas Monteverde).

5.8.6 PROCESAMIENTO DE DATOS

La base de datos se almacena y procesa en una herramienta informática común y sencilla de comprender y utilizar. Excel permite sintetizar los datos provenientes de las encuestas para obtener, a su vez, datos concretos en el aspecto socio económico de la Comunidad (ver figura 31); lo cual, es posible realizando una sumatoria de cuantos realmente viven en una vivienda, el número de viviendas, etc., que tiene el sector de una manera automática y muy certera.

CAPITULO VI

CÁLCULO DE ONDAS DE SOBREPRESIÓN POR EXPANSIÓN

6.1 BLEVE (BOILING LIQUID EXPANDING VAPOUR EXPLOSION)

La BLEVE pertenece a la categoría de explosión, que ocurre en tanques que almacenan gases licuados a presión y sobrecalentados, en los que por ruptura o fuga del tanque, el líquido del interior entra en ebullición y se incorpora masivamente al vapor en expansión.

La causa más frecuente de este tipo de explosiones es debida a un incendio externo que envuelve al tanque presurizado, lo debilita mecánicamente, eleva la temperatura del líquido contenido y aumenta la presión dentro del tanque. Llega un punto en que la presión alcanza valores que el recipiente no puede soportar, entonces se produce una fisura o ruptura del mismo. Esto ocasiona un súbito descenso de la presión; comienza el proceso de nucleación espontánea y todo el líquido contenido cambia su estado a gaseoso en forma virtualmente instantánea y aumenta su volumen cientos o miles de veces.

Si el vapor liberado corresponde a un producto inflamable, se genera una bola de fuego también en expansión. Si el producto no es inflamable igual ocurre la explosión tipo BLEVE; la onda expansiva de sobrepresión ocurre cuando el líquido se convierte en gas y su volumen cambia dramáticamente (leyes de Gay-Lussac y de Boyle).

La combustión del contenido ocurrirá siempre que el producto sea combustible e inflamable, será ésta una segunda explosión, fenómeno conocido como "Explosión de Vapores No Confinados" o en inglés "Unconfined Vapour Cloud Explosion" (UVCE) y es consecuencia del BLEVE y no parte de él.

6.2 CONDICIONES PARA LA EXISTENCIA DE BLEVE

6.2.1 SOBRECALENTAMIENTO Y DESPRESURIZACIÓN

Para que exista una explosión del tipo BLEVE, caracterizada por la violencia extraordinaria de expansión cuyos fragmentos puedan alcanzar distancias considerables, se tienen que cumplir ciertas condiciones:

- ✓ Sobrecalentamiento considerable del líquido, incrementándose a una temperatura que sobrepasa el límite respectivo. Esta condición la cumplen el GLP, amoníaco y cloro. Por otra parte también pueden cumplirla líquidos contenidos en recipientes cerrados que se ven sometidos a un calentamiento anómalo, por ejemplo la radiación de un incendio y el agua a presión en el interior de una caldera (explosión mecánica).
- ✓ Despresurización súbita, de forma que de encontrarse en un estado presurizado P_1 pase instantáneamente a un estado de presión atmosférica P_2 , de manera que se reduce dramáticamente la presión a la que se encontraba toda la masa del líquido contenido en el recipiente inicialmente. Un fenómeno de este tipo suele darse particularmente durante los accidentes con contenedores de gases licuados, en los que, por un ente de calor externo, se eleva la temperatura del contenedor y el líquido aumenta su temperatura hasta el límite de temperatura de ebullición del líquido; el debilitamiento de las paredes del contenedor ceden a la sobrepresión interna y estalla; el líquido, que es gas a presiones altas (dentro del contenedor) se evapora abruptamente, manteniendo el calor de vaporización en algunos casos.

Cuando se dan las 2 condiciones anteriores, se produce una vaporización casi instantánea con formación de núcleos de vaporización en toda la masa

(nucleación homogénea). Se prevé la formación de "un millón de núcleos de ebullición por milímetro cubico por milisegundo". En estas condiciones, la velocidad de incremento de volumen es extraordinaria y violenta a la vez, que caracteriza a este fenómeno denominado BLEVE.

6.2.2 TEMPERATURA Y LÍNEA LIMITE DE SOBRECALENTAMIENTO

Según los trabajos de Reid [Reid79] las condiciones de límite de sobrecalentamiento en las que se producirá la nucleación espontánea de los líquidos se puede establecer a partir de la línea tangente a la curva de presión de vapor-temperatura en el punto crítico, como observamos en la figura 32.

La relación entre la presión de vapor y la temperatura está establecida por la Ecuación de Antoine:

$$\ln P = -\frac{A}{T} + B \quad [1]$$

La tangente a la curva de saturación en el punto crítico se obtiene al calcular la derivada de la presión respecto a la temperatura [Mont87, Fern90, Best91]:

$$\frac{dP}{dT} = A \frac{P}{T^2} \quad [2]$$

Aplicando esta expresión al punto crítico,

$$\frac{dP_c}{dT_c} = \frac{P_c}{T_c^2} = \text{tg} \alpha \quad [3]$$

Esta expresión permite obtener la pendiente de la línea tangente a la curva de saturación en el punto crítico. La ecuación de la recta:

$$P = \text{tg} \alpha \cdot T + b \quad [4]$$

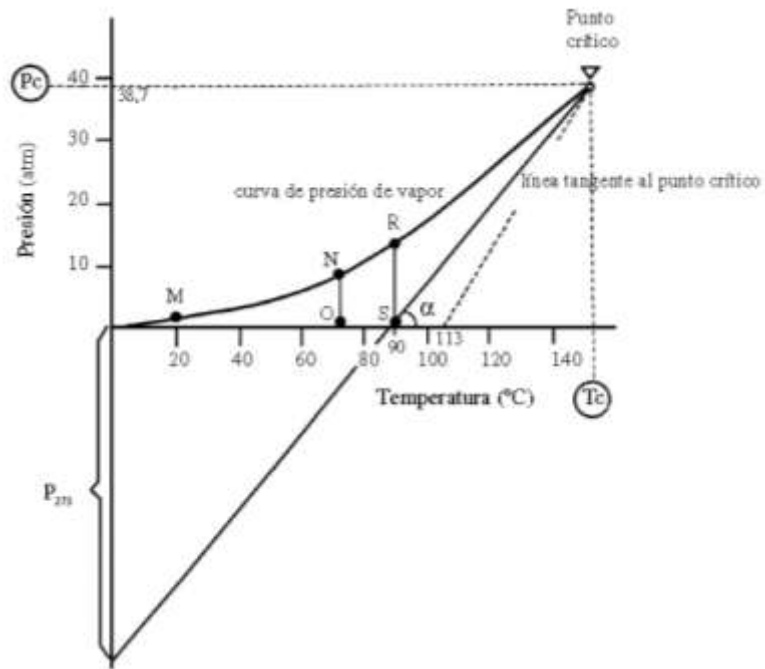


Figura 32: Curva de saturación para el butano y condiciones límites para existencia de la BLEVE, fuente: Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales.

Esta diferenciación matemática permite visualizar la aplicación con los valores característicos del butano; así, obtenemos el valor del límite de sobrecalentamiento:

$$P_c = 38.7 \text{ atm} \quad T_c = 425.8 \text{ K} \quad [5]$$

$$P = 1 \text{ atm} \quad T = 272.5 \text{ K} \quad [6]$$

Estos datos los aplicamos a la ecuación de Antoine y hallamos los valores de A y B para el butano (para la presión expresada en atm y la temperatura en K):

$$A = 2769 \quad B = 101.6 \quad [7]$$

La pendiente de la tangente a la curva de saturación en el punto crítico es:

$$\text{tg } \alpha = 38.7 \cdot \left(\frac{2769}{425.8^2} \right) = 0.591 \quad [8]$$

Y para obtener el valor de la coordenada en el origen, b, se encuentra introduciendo nuevamente los valores en el punto crítico, b= -213. De este modo se determina la ecuación de la recta tangente; su intersección en el punto P=1 que da una temperatura de 89 °C. Para el sistema de coordenadas empleado en el origen en 0 °C, la ordenada en el origen será la presión correspondiente a 273 °K,

$$P_{273} = 0.591 \cdot 273 - 213 = -52 \text{ atm} \quad [9]$$

Para demostrar la utilidad del gráfico desarrollado por Antoine y Reid; supongamos un contenedor de C₄H₁₀ a temperatura ambiente (20 °C), en el que el vapor y el líquido están en equilibrio a una presión absoluta de 2 atm (**punto M**). Si por la radiación emitida en un incendio, la temperatura aumenta hasta 70 °C, la presión en el interior crece hasta 8 atm (**punto N**).

Si el depósito estalla, habrá despresurización desde 8 atm a la presión atmosférica (a presión atmosférica la temperatura de la mezcla líquido - vapor es de -0,5 °C) es el **punto O** y el proceso de despresurización corresponde a la línea vertical desde **N** con **O**, al no topar con la línea tangente a la curva de saturación en el punto crítico, se considera que no existirá BLEVE, lo que se producirá es una vaporización instantánea y no dará paso a la nucleación de toda la masa del líquido.

En cambio, si el calentamiento provocado por el aumento de temperatura estuviese en el **punto R**, la despresurización topa con la recta tangente en el **punto S**, en este caso se darían las condiciones necesarias para que ocurriese una BLEVE; es decir, el incremento en el interior del contenedor de butano debe aproximarse a más de 12 atm de presión.

6.2.3 RADIACIÓN TÉRMICA

La característica predominante, aparte de la onda explosiva, es la Radiación Térmica, cuya energía es liberada en un periodo de tiempo relativamente corto entre +/- 40 segundos; este fenómeno se caracteriza por una radiación intensa desde su inicio (la explosión mecánica). Los parámetros que se deben evaluar para la predicción del peligro originado por la bola de fuego son: diámetro, duración y la cantidad de radiación térmica.

Existen varios métodos asociados para el cálculo de estos parámetros, pero todos los investigadores se basan en las ecuaciones siguientes:

$$D = a \cdot M^b \quad [1]$$

$$t = c \cdot M^e \quad [2]$$

<i>Autor</i>	<i>Referencia</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>e</i>
Gayle (1)	[BAGS89]	3,68	0,326	0,245	0,356
Gayle (2)	[BAGS89]	6,14	0,325	0,410	0,340
Brasie	[BAGS89]	3,80	0,333	0,300	0,333
Marshall	[BAGS89]	5,50	0,333	0,380	0,333
Roberts	[LEES86]	5,80	0,333	0,450	0,333
SRD ^a	[BAGS89]	6,00	0,333	0,005	--
Fay-Lewis	[FAY77]	6,36	0,333	2,570	0,167
Hardee	[BAGS89]	6,24	0,333	1,110	0,167
Hasegawa	[BAGS89]	5,28	0,277	1,099	0,097
Hasegawa i Sato	[HASE78]	5,25	0,314	1,070	0,181
Moorhouse	[BAGS89]	5,33	0,327	0,923	0,303
TNO	[BAGS89]	6,48	0,325	0,852	0,260
Maurer	[LIHO82]	3,51	0,333	0,320	0,333
High	[LIHO82]	6,20	0,320	0,490	0,320
HSCC ^b	[LIHO82]	6,45	0,333	5,530	0,333
API	[KAYE85]	5,33	0,327	1,089	0,327

Tabla 12: Expresiones de constantes expuestas por los investigadores para cálculo de BLEVE, fuente: Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales.

En donde a, b, c y d son constantes empíricas cuyo valor varía de acuerdo al autor del que provenga. Existen 16 tipos de constantes que se relacionan

con este estudio, pero solo se validara uno para los cálculos correspondientes: (Ver tabla12)

El valor de las constantes a utilizarse en este estudio será la de [Gayle (2)], en dónde; D son metros, M esta dado en kilogramos y t es en segundos:

$$D=6,14 \cdot M^{0,325} \quad [3] \quad t= 0,41 \cdot M^{0,340} \quad [4]$$

Generalmente al presentar valores con otras constantes, varía el resultado final, pero estos valores son los más aproximados a otras fuentes dadas por Marshall y API. La imprecisión no se basa solo en la diferencia de estas constantes sino también en los parámetros como la masa de combustible inicial antes de la explosión, hay que tener en cuenta que cierta cantidad de la masa real del líquido al calentarse se evaporara y como es obvio la masa total disminuye o puede haber desahogos por parte de válvulas de alivio que diferencian del valor inicial de la masa de líquido almacenado.

Para calcular la distancia de la bola de fuego producida se emplea esta sencilla ecuación:

$$H=0,75 D \quad [5]$$

H , representa la altura en la que se encuentra el centro de la bola de fuego (metros) y D es el diámetro calculado en las ecuaciones anteriores.

6.2.4 DISTANCIA DE LA LLAMA AL OBJETIVO

La distancia de la llama al objetivo determina la longitud desde la esfera de contención hasta el punto distante dado como dato.

Siendo la siguiente formula la respectiva:

$$X' = \sqrt{H^2 + d^2} - \frac{D}{2} \quad [1]$$

6.2.5 TRANSMISIBILIDAD ATMOSFÉRICA

El valor de transmisibilidad atmosférica es necesario si se desea determinar la cantidad de calor de un objeto a determinada distancia de la llama. En este caso, si existe humo negro generado por la combustión del hidrocarburo afectará a la radiación total emitida. Su cálculo se fundamenta en la ecuación:

$$\tau = 2,02 \left(P_w \cdot X' \right)^{-0.09} \quad [1]$$

τ = transmisibilidad atmosférica

P_w = presión parcial del vapor de agua en el medio (Pa)

X' = Distancia de la llama al objetivo

6.2.6 FACTOR DE VISTA

Se define como factor de vista la fracción de la energía total radiante, emitida por la superficie de la llama que alcanza a un infinitésimo de la superficie de un objeto cercana a ella.

$$F = \frac{D^2}{4r^2} \quad [1]$$

F = Factor de vista

D = Diámetro de la bola de fuego

r = Radio de la bola de fuego

6.2.7 PODER EMISIVO

Poder emitido es la cantidad de calor emitido en forma de radiación por unidad de superficie de la llama. La radiación térmica de un incendio

proviene tanto de los gases emitidos (vapor de agua, dióxido y monóxido de carbono) como de las partículas luminosas de ceniza.

$$E_p = \frac{\eta M H_c}{\pi D^2 t} \quad [1]$$

E_p = poder emisivo

H_c = calor de combustión (KJ . kg⁻¹)

η = coeficiente de radiación, valor usado es 0,25

M = Masa del combustible

t = tiempo, en segundos

6.2.8 INTENSIDAD DE RADIACIÓN

$$I = \tau \cdot F \cdot E_p \quad [1] \quad I_v = I \cdot \cos \alpha \quad [2] \quad I_h = I \cdot \sin \alpha \quad [3]$$

La Intensidad de Radiación considera la cantidad de energía que se propaga en determinado espacio.

6.2.9 SOBREPRESIÓN

$$f = 1 - e^{\left\{ -2,63 \cdot \frac{C_p}{H_v} \cdot (T_c - T_b) \left[1 - \left(\frac{T_c - T_o}{T_c - T_b} \right)^{0,38} \right] \right\}} \quad [1]$$

f = Fracción de vaporización.

T_c = Temperatura crítica de la sustancia (K),

T_b = Temperatura de ebullición de la sustancia a presión atmosférica (K),

T_o = Temperatura a la que se encuentra la sustancia en el momento de la explosión (K)

C_p = Calor específico a presión constante J/kg °K

H_v = Entalpia de vaporización de la sustancia (KJ kg⁻¹).

$$V^* = V + V_l \cdot f \cdot \left(\frac{\rho_l}{\rho_v} \right) \quad [2]$$

V = Volumen de vapor en el depósito antes de la explosión,

V_l = Volumen del líquido en el recipiente antes de la explosión (m³)

f = Fracción de vaporización (flash), o sea la fracción de líquido que se evapora en la despresurización.

ρ_l = Densidad del líquido a 20 °C kg/m³.

ρ_v = Densidad del vapor a 55 °C

$$W_{TNT} = \left(\frac{0,021 P V^*}{\gamma - 1} \right) \left[1 - \left(\frac{P_\alpha}{P} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right] \quad [3]$$

V^* = volumen del vapor dentro del depósito más el volumen (a la presión del depósito) de vapor generado en la vaporización, en m³.

P_α = Presión atmosférica (bar)

γ = Relaciones de calores específicos.

$$(W_{TNT})_{sobrepresión} = \beta \cdot W_{TNT} \quad [4]$$

W_{TNT} = Masa de TNT equivalentes (Kg).

β = Fracción de la energía liberada convertida en onda de sobrepresión

El método del TNT equivalente permite predecir, los daños ocasionados por la explosión de una nube de vapor no confinada, a partir de la masa de TNT

que equivale a la cantidad de hidrocarburo. β es utilizado con el valor de 0,4.
(Ver figura 33)

$$d_n = \frac{d}{(\beta \cdot W_{TNT})^{1/3}} = \frac{d}{((W_{TNT})_{sobrepresión})^{1/3}} \quad [5]$$

d_n = Distancia normalizada ($m \cdot kg^{-1/3}$).

d = Distancia real (desde el centro del epicentro) a la que se requiere saber la Sobrepresión.

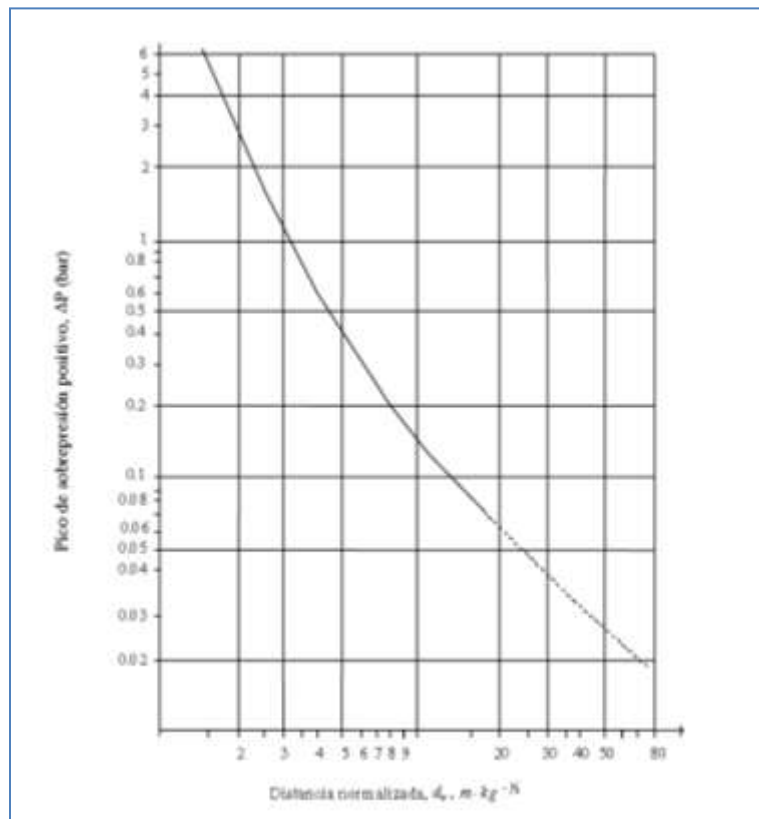


Figura 33: Cuadro para obtener el pico de sobrepresión usando d_n ,
fuente: Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales

El valor de la Sobrepresión se estima a partir de la masa de TNT equivalente.
Aunque represente una imprecisión el diferenciar una BLEVE con el TNT, la

equivalencia en poder explosivo da resultados precisos al someterlos a la prueba explosiva con hidrocarburos.

6.2.10 ENERGÍA LIBERADA EN EL ESTALLIDO

La energía generada en una explosión BLEVE se distribuye en: la energía de la onda de presión, la energía cinética de los fragmentos; y la energía potencial de los fragmentos (energía plástica de deformación que los fragmentos han absorbido) y calentamiento del entorno.

Los ecuaciones descritas anteriormente sirven para determinar la zona de incidencia o de mayor riesgo para facilidades o grupos humanos, la tabla 13 muestra el grado de daño o afectación que puede presentar de acuerdo a la distancia d desde el punto de la BLEVE.

Sobrepresión (bar)	Daños que ocasiona
0,8	Demolición Total
0,7	Dstrucción de maquinaria pesada
0,48	Dstrucción completa de viviendas
0,4	Daños irreuperables
0,17	Dstrucción de casas en un 50%
0,15	Daños graves reparables
0,14	Dstrucción parcial de muros
0,05	Daños estructurales menores
0,04	Cristales rotos en un 90%
0,01	Cristales rotos en un 50%

Tabla 13: Daños producidos por la onda de sobrepresión, fuente: Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales.

CAPITULO VII

ESTRATEGÍA, PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE GEORIESGOS

7.1 PLANEAMIENTO TERRITORIAL PARA SECTOR INDUSTRIAL Y ASENTAMIENTOS RURALES PARA MONTEVERDE

El levantamiento de información y codificación por datos UTM, GPS ha servido para el diseño de un mapa del área de estudio, el CGM; por ser considerado con carácter militar (estratégico), solo aparecerá enfocado al perímetro del muelle y del área de almacenaje (criogenia y esferas) previa observación de campo y basados en el mapa de la figura 34, tenemos:

- √ Los sectores delineados en el terreno han sido codificados del 0 a 58 representan conjuntos de viviendas, iglesias, instituciones de gobierno seccionales, a excepción de;
- √ Área 54, zona industrial pesquera;
- √ Área 53, muelle privado, destinado para el desembarque y embarque de pescado y producto procesado como atún, sardinas, etc.;
- √ Área 56, conjunto de viviendas vacacionales, ubicadas en una zona muy vulnerable a eventos secundarios derivados de algún accidente en el CGM;
- √ Zona rocosa, presencia de partículas rocosas de gran tamaño, predomina la lutita muy dura por encima de areniscas suaves con declives pronunciados con buzamiento de $\leq 35^{\circ}$; y,
- √ Afloramientos Monteverde, en esta zona se intercalan lutitas con formaciones de areniscas intercaladas con areniscas finas y conglomerados, se encuentran con un buzamiento de $\leq 24^{\circ}$.

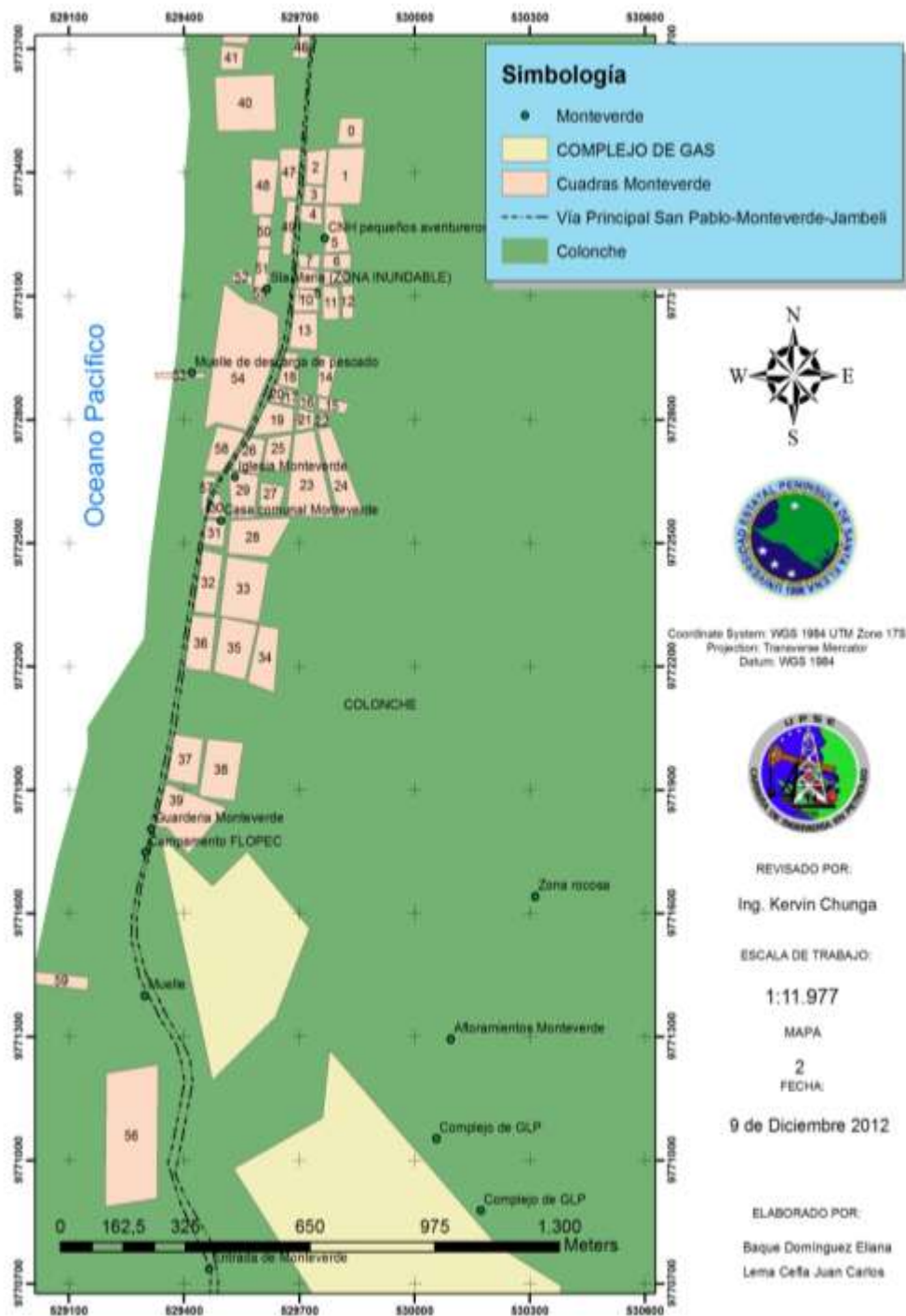


Figura 34: Mapa de la Comunidad cercana y Complejo de Gas Monteverde. (Elaborado por Jc Lema y E Baque. 2.012). Fuente: Catálogos CERECIS y Shapefiles Ecuador.

7.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS SÍSMICOS Y TSUNAMIGÉNICOS QUE AFECTARÍAN AL COMPLEJO DE GAS MONTEVERDE.

Para poder evaluar los riesgos que afectan geológicamente el CGM y a la comunidad de Monteverde se elaboró un mapa ubicando las tres placas tectónicas e identificando de esta manera la fuente sísmica la cual se ubica a 100Km a la redonda del sitio de estudio. (Ver figura 35)

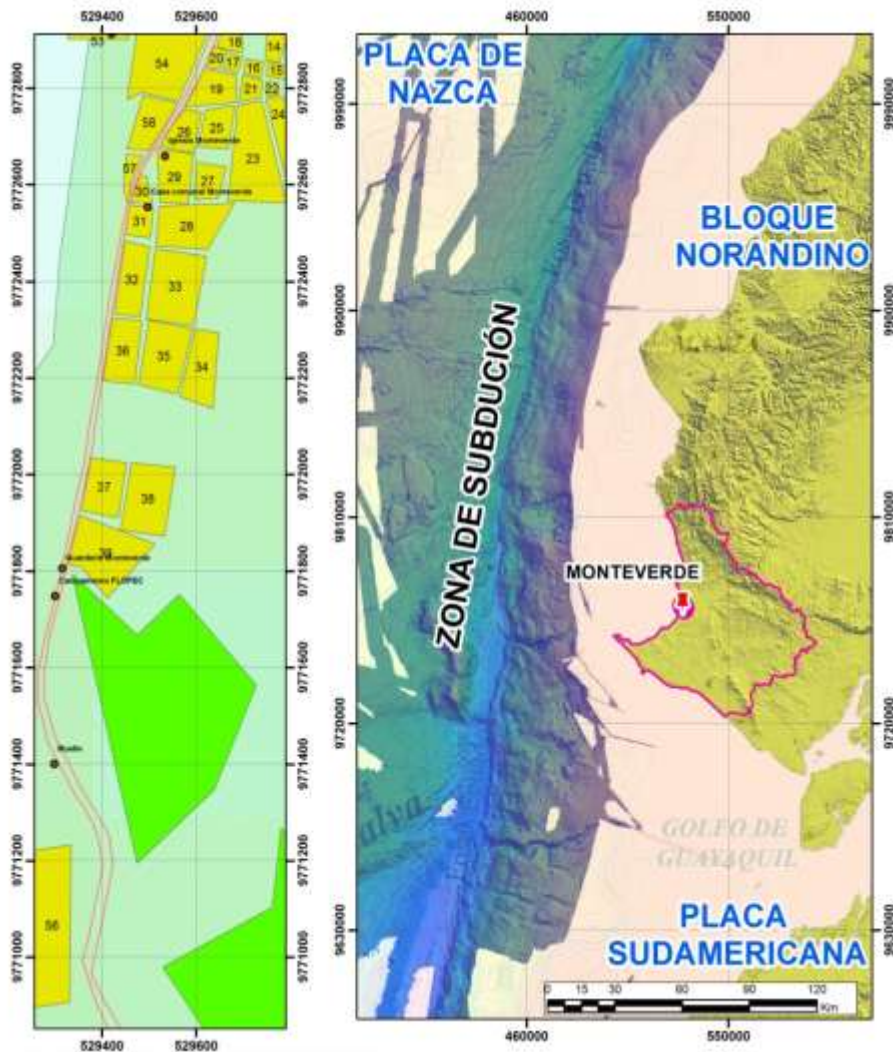


Figura 35: Mapa de placas tectónicas con relación al Complejo Monteverde y Comunidad. (Elaborado por Jc Lema y E. Baque 2012). Fuente: Catálogos CERECIS y Shapefiles Ecuador.

7.2.1 TECTÓNICA ACTIVA Y NIVELES DE SISMICIDAD

Hace aproximadamente 79 años se presentó frente al área de estudio, CGM, un evento tsunamigénico de magnitud 6,9. Analizando detalladamente los catálogos institucionales NEIC, CERECIS, ECDIS, y EPN, tenemos que en lapsos de 15 años en el CGM se registran sismos de magnitudes altas las cuales van de un rango de 5 a 7 considerando esta última como sismos destructivos si llegaran a ocurrir cerca de la FOSA del ECUADOR. (Ver tabla 14)

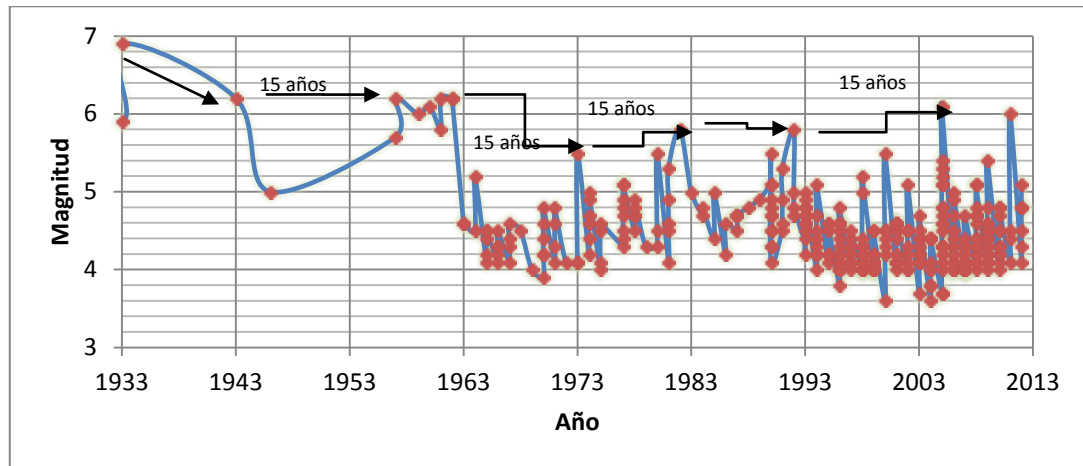


Tabla 14: Correlación de sismos por magnitudes vs años ocurridos en el área de estudio. (Elaborado por Jc Lema y E. Baque 2012). Fuente: Catálogos CERECIS y NEIC

7.2.2 SIMULACIÓN NUMÉRICA DE PROPAGACIÓN DE ONDAS DE TSUNAMIS PARA EL CGM

La fuente sísmica es atribuida a un sistema de fallas inversas de bajo ángulo que deforma corticalmente el prisma de acreción ubicado a 138 Km oeste de la Isla Puná. Este sistema de fallas tiene 70 Km de longitud consideran la principal estructura sismogénica cortical que puede generar terremotos de magnitudes mayores a 7 y formación de ondas anómalas de tsunamis.

El modelo de un tsunami se genera a partir de un análisis exhaustivo de máximas magnitudes asociadas a la dimensión de la falla geológica de 70 Km, a la distancia horizontal al sitio CGM, a relieve submarino del talud y plataforma continental, y a las cotas o veriles batimétricos. La modelación numérica es delineada por isolíneas con espacio tiempo de 5 minutos, siendo éstas más cercanas o estrechas al aproximarse a la línea de costa. (Ver figura 36)

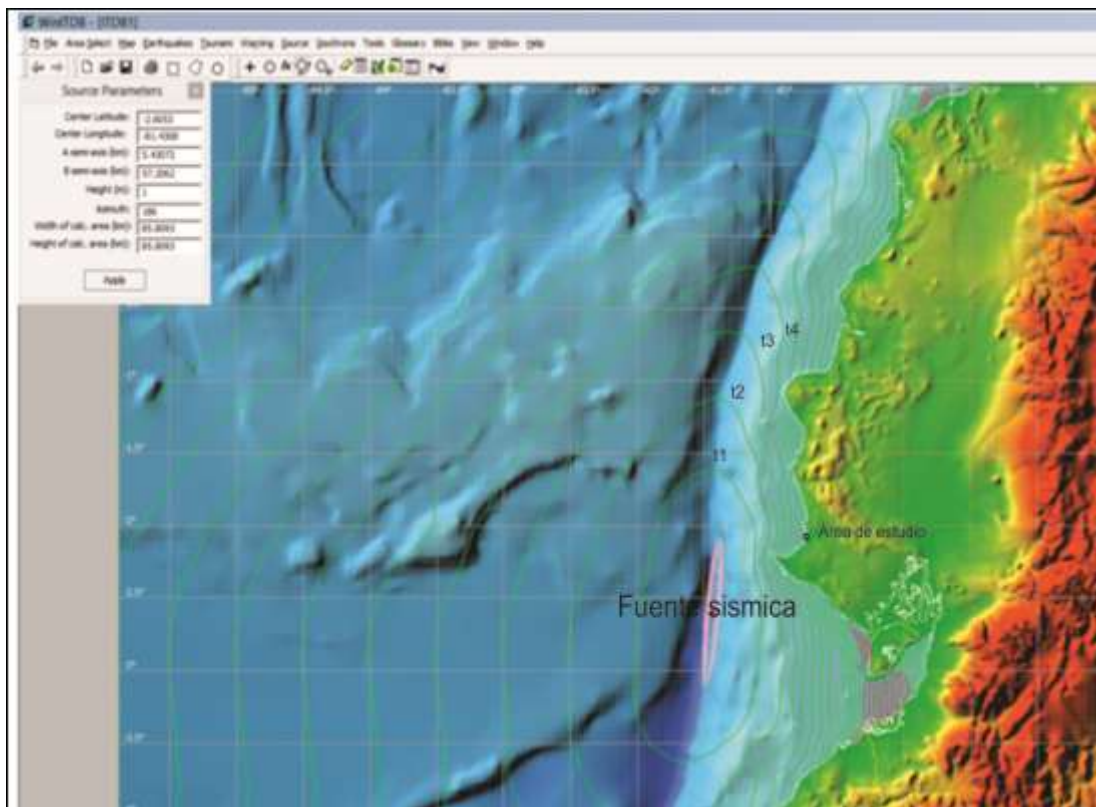


Figura 36: Ondas de desplazamiento continuo. (Elaborado por Jc Lema y E. Baque 2012).

La simulación indica resultados concretos en el tiempo total de llegada de la onda de tsunami, en este caso si revisamos la ubicación del Complejo de Gas Monteverde y su proximidad a la costa, se estima que las plataformas del muelle y este toparán con la primera ola de tsunami en aproximadamente

35 minutos y el área del Complejo se afectaría en 40 minutos como máximo, desde el epicentro atribuido a la fuente sísmica del prisma de acreción.

Para visualizar el inicio del modelado en tiempo real se tiene que un frente de ola de 15 metros (datos a partir de un sismo de 8,5 de magnitud), se tiene:

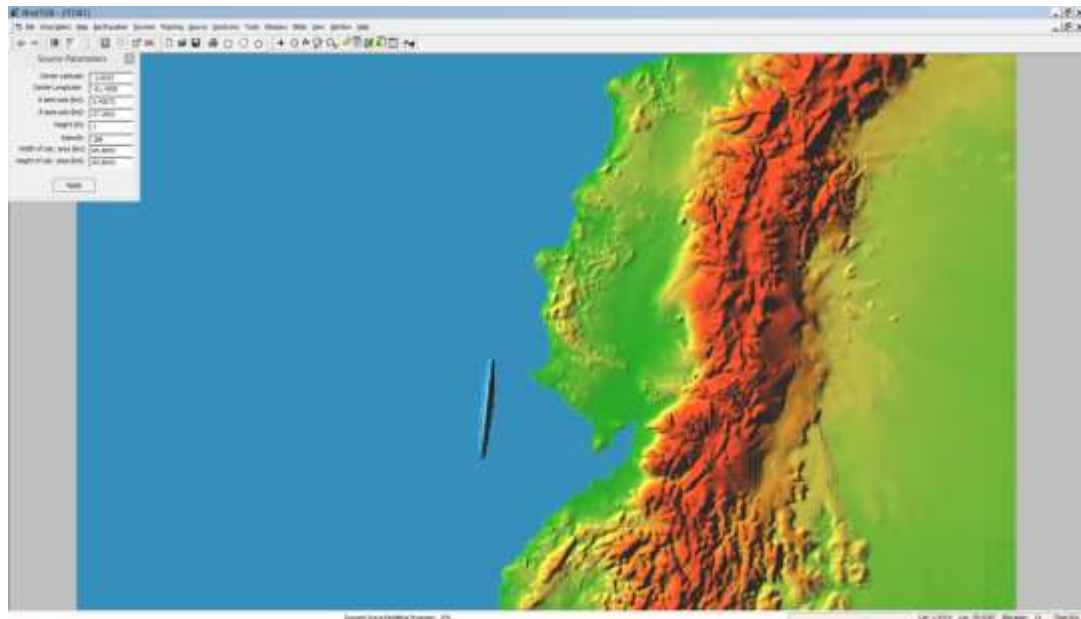
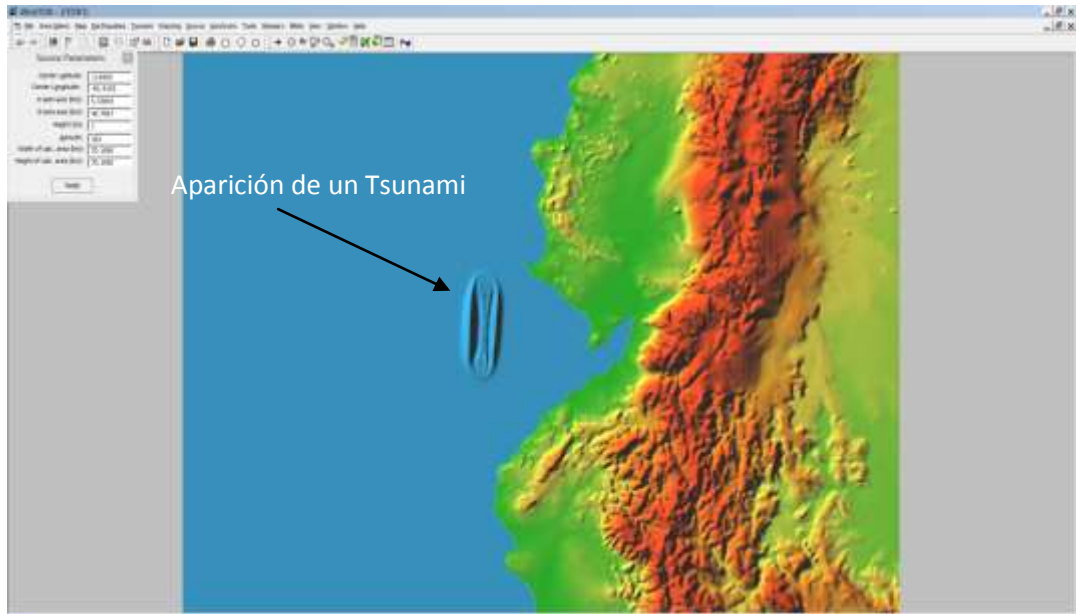


Figura 37: Modelamiento de tsunamis en zona sismogénica. (Elaborado por Jc Lema y E. Baque 2012). Fuente: CIGEO UPSE & WIN/ITLB Software.

En la figura 37 nos muestra la deformación inicial de la columna de agua, iniciándose la propagación de la ola después de un sismo de una gran magnitud empezando en un tiempo de 286 seg. (4,76 minutos), naturalmente que el sismo ya habría afectado con toda su fuerza e intensidad a las estructuras y edificios en tierra, aunque mar adentro solo es leve la intensidad. En la figura siguiente la primera ola se desplaza en un tiempo estimado de 35 minutos hasta tocar la saliente de la provincia de Santa Elena, en donde es seguro un ingreso de agua a tierra desmesurado de acuerdo a la morfología del terreno y acrecentando su velocidad en zonas de planicie. (Ver figura 38,39 y 40)



Figuras 38 y 39: Tsunami. (Elaborado por Jc Lema y E. Baque 2012). Fuentes: CIGEO UPSE & WIN/ITB Software





Figura 40: Llegada de tsunami a las costa de la península de Santa Elena. (Elaborado por Jc Lema y E. Baque. 2.012). Fuente: CIGEO UPSE & WIN/ITB Software.

7.3 EVALUACIÓN DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS “EL NIÑO”.

Para obtener el nivel de inundación en el área, CGM, se realizaron mapas de iso-líneas correspondientes a las precipitaciones basándonos a las cartografías adquiridas y disponibles en INFOPLAN 2005.

RANGO mm	Área Km ²
0-500	1454.00
500-750	1431.00
750-1000	685.00
1000-1250	62.00
1250-1500	18.00

Tabla 15: Precipitaciones en la península de Santa Elena. (Elaborado por Jc Lema y E. Baque. 2.012). Fuente: INFOPLAN, 2.005

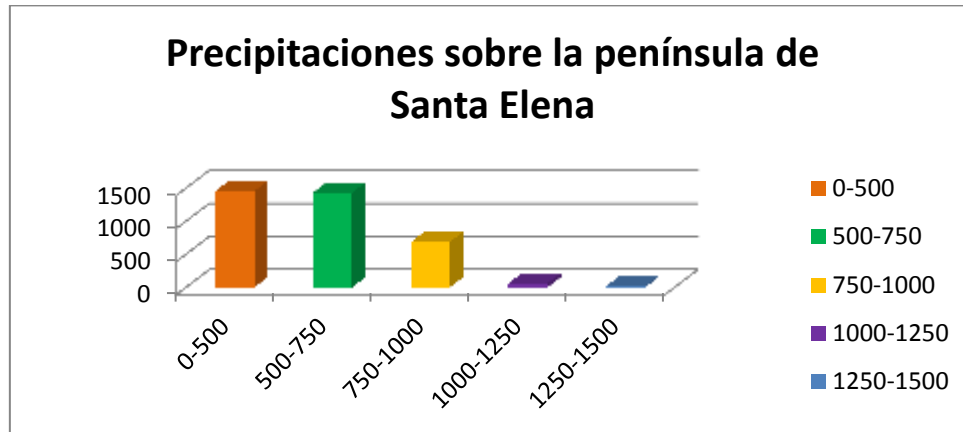


Figura 41: Precipitaciones sobre la península de Santa Elena. (Elaborado por Jc Lema y E. Baque 2012). Fuente: INFOPLAN 2013.

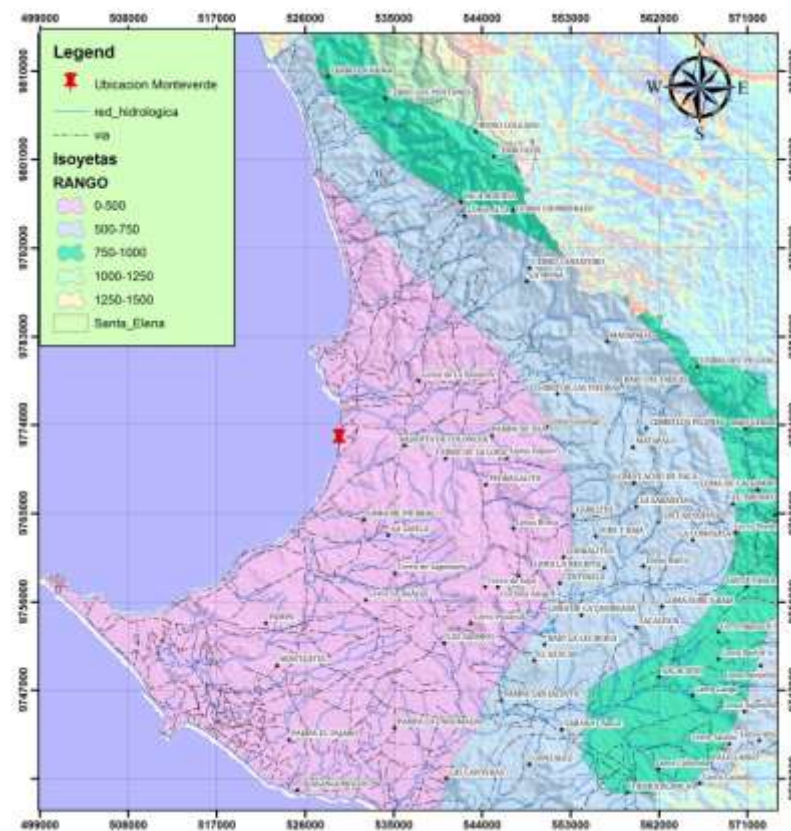


Figura 42: Mapa de isoyetas de la península de Santa Elena. (Elaborado por Jc Lema y E. Baque 2012). Fuente: INFOPLAN 2013.

De esta manera se determinó que la provincia de Santa Elena está dividida en cuatro rangos, el área de estudio CGM, se encuentra dentro de precipitaciones menores a una escala de 0-500 mm; por lo que existen pocas posibilidades de ser una zona inundable (Ver tabla 15).

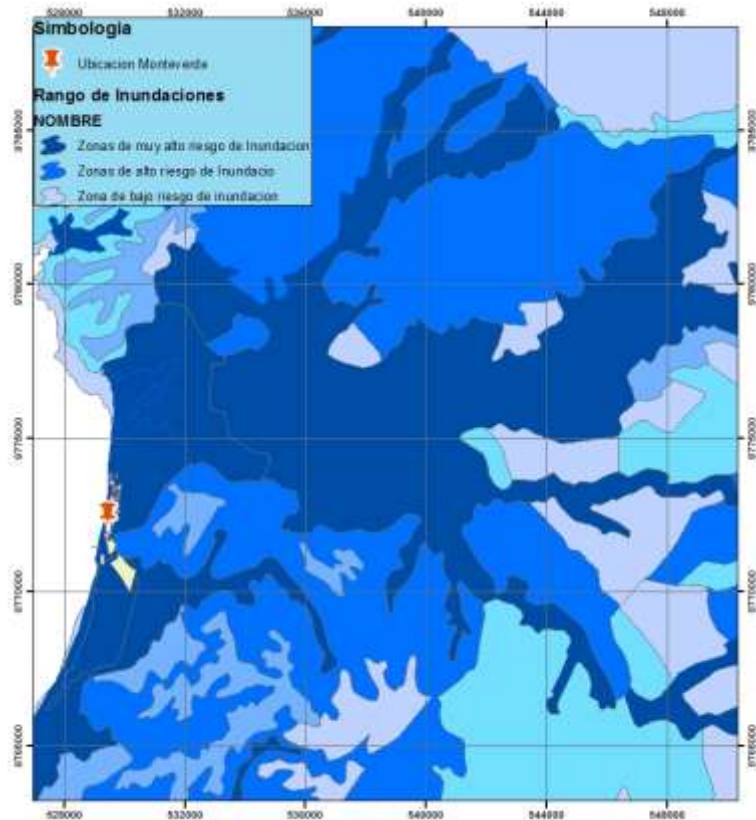


Figura 43: Mapa de riesgo por inundación en Monteverde. (Elaborado por Jc Lema y E. Baque 2012). Fuente: CIGEO UPSE.

Por otro lado área de estudio, CGM, se encuentra en un suelo de plano a casi plano, colinado, por la parte posterior; también, de terreno suave, a ligeramente suave ubicando en la zona de más alto riesgo de inundación con respecto las pendiente.

Con esta evaluación hemos obtenido el mapa de Riesgos por Inundación del sitio de estudio, recordando que cerca de él se encuentra la formación del Grupo Ancón considerado como alta zona de inundación. Ver figura 43.

7.4 EVALUACIÓN DE ONDAS DE EXPANSIÓN POR RUPTURA DE ESFERAS DE ALMACENAMIENTO DE GLP.

7.4.1 CÁLCULO DE SOBREPRESIÓN ORIGINADA POR BLEVE

Para una apreciación más adecuada de cómo afecta una onda de sobrepresión en un área determinada, nos enfocamos en el ejemplo inferior; en él, se toma al propano como ejemplo porque posee una volatilidad mayor a diferencia del butano, sin embargo, si nos referimos al poder calorífico el butano sobrepasa al propano.

Son varios depósitos de almacenamiento (tanque de almacenamiento criogénico y esferas de GLP presurizado) que contienen propano C_3H_8 , y se desea determinar cuál es el de mayor alcance y puede provocar destrozos por parte de una onda de sobrepresión, en caso de ocurrir un foco de calentamiento cerca a los depósitos que incrementa la temperatura hasta $55\text{ }^\circ\text{C}$ y provoca la elevación interna de la presión hasta los 19 bar. Calcule la onda con la capacidad operativa máxima (75 y 80 %) y a media capacidad (50 y 60 %). Los datos son:

$$T_{\text{ambiente}} = 20\text{ }^\circ\text{C}$$

$$H_R = 50\% \text{ (presión parcial del vapor de agua} = 1155\text{ Pa)}$$

$$\gamma = 1,14$$

$$H_v = 4,3 \times 10^5\text{ J/kg}$$

$$H_c = 46.000\text{ kJ/kg}$$

$$T_{cr} = 369,8\text{ K}$$

$$E_{\text{bullición a atm}} = 231.1\text{ K}$$

$$\beta = 40 \%$$

$$\delta_{\text{liquido a } 20^\circ \text{ C (propano)}} = 500 \text{ kg/m}^3$$

$$\delta_{\text{liquido a } 55^\circ \text{ C}} = 444 \text{ kg/m}^3$$

$$\delta_{\text{vapor a } 55^\circ \text{ C}} = 37 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{p\text{liquido}} = 2,4 \times 10^3 \text{ J/kg.K. y } V_n = \text{Volumen normal a } 20^\circ \text{ C}$$

Resolución:

a) Dentro de las características de operación de un tanque o esfera de almacenamiento de GLP, se debe tomar en cuenta el volumen de operación V_o , de acuerdo a la característica de diseño, está dada en 75% al 85% de su capacidad total; entonces: $V_c = V_n \times \%$

b) Hallamos la masa del propano liquido contenido mediante:

$$M = V_o \times \delta_{\text{liquido a } 20^\circ \text{ C (propano)}}$$

c) Luego con ese valor calculamos la distancia de observación segura de la bola de fuego, así como t para calcular el tiempo de duración del poder emisivo y X' , para conocer la altura de la bola de fuego producida. Usamos las ecuaciones:

$$D = 6,14 \cdot M^{0,325}; \quad t = 0,41 \cdot M^{0,340}; \quad H = 0,75 D; \quad X' = \sqrt{H^2 + d^2} - \frac{D}{2}$$

d) Calculamos la transmisibilidad atmosférica,

$$\tau = 2,02 \left(P_w \cdot X' \right)^{-0,09}$$

e) Ahora necesitamos el poder emisivo,

$$E_p = \frac{\eta M H_c}{\pi D^2 t},$$

f) Con el resultado anterior nos dirigimos a la ecuación para obtener la fracción de vaporización,

$$f = 1 - e^{\left\{ -2,63 \cdot \frac{C_p}{H_v} \cdot (T_c - T_b) \left[1 - \left(\frac{T_c - T_o}{T_c - T_b} \right)^{0,38} \right] \right\}}$$

g) Calculamos el volumen de vapor formado con

$$V^* = V + V_l \cdot f \cdot \left(\frac{\rho_l}{\rho_v} \right)$$

h) Ahora determinamos el valor para la masa de TNT equivalente

$$W_{TNT} = \left(\frac{0,021 P V^*}{\gamma - 1} \right) \left[1 - \left(\frac{P_\alpha}{P} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right];$$

Luego como tenemos el valor de $\beta = 40 \%$,

Calculamos:

$$(W_{TNT})_{sobrepresión} = \beta \cdot W_{TNT}$$

i) Finalmente obtenemos d_n (distancia normalizada), recordemos que d corresponde al valor de la distancia considerada como radio de incidencia de la Blevé, usando el gráfico inferior obtenemos el valor de sobrepresión en un d determinado (este valor varía de acuerdo al radio de ocurrencia establecido).

$$d_n = \frac{d}{(\beta \cdot W_{TNT})^{1/3}} = \frac{d}{((W_{TNT})_{sobrepresión})^{1/3}}$$

*Una vez obtenido el valor de **d_n** , dirijase a la figura 36 para encontrar el valor de sobrepresión.

Características almacenamiento	Tanque criogénico A	Esfera GLP A	Tanque criogénico B	Esfera GLP B
V_n (m ³)	33.130	500	14.800	500
% prueba	75	80	50	60
V_o (m ³)	24.848	400	7.400	300
M (kg)	12.424.000	200.000	3.700.000	150.000
D (m)	1.241	324	837	295
T (seg)	106	26	70	24
H (m)	931	243	623	221
X' (m)	326,8	137,46	228,6	134,4
τ	0,64	0,69	0,66	0,69
E_p (kW/m ²)	278,59	268	276,16	262,9
f	0,525	0,525	0,525	0,525
V^* (m ³)	156.542,4	3.150	69.930	2.520
W_{TNT} (kg)	135.377,4	2.724	60.475	2.179,3
$(w_{TNT})_s$ (kg)	54.150,9	1.089,6	24.190	871,72
d_n (m/kg ^{1/3})	4,62	17	6,05	18,32
Sobrepresión (bar)	0,47	0,073	0,31	0,067

Tabla 16: Resultados de cálculo de sobrepresión por BLEVE a $d = 175$ metros. (Fuente: Jc Lema, E. Baque 2012)

De acuerdo a la tabla 13, tenemos que los tanques A y B provocarán daños irre recuperables en un radio de 175 metros de la BLEVE, esto se debe al cálculo realizado con el tanque de mayor capacidad que contiene propano, sin duda de acuerdo a la tabla 12 el 80 % de viviendas cercanas a este radio será destruido en esa proporción con alta tasa de mortalidad para seres humanos.

Características almacenamiento	Tanque criogénico A	Esfera GLP A	Tanque criogénico B	Esfera GLP B
V_n (m ³)	33.130	500	14.800	500
% prueba	75	80	50	60
V_o (m ³)	24.848	400	7.400	300
M (kg)	12.424.000	200.000	3.700.000	150.000
D (m)	1.241	324	837	295
t (seg)	106	26	70	24
H (m)	931	243	623	221
X' (m)	374,12	264	296	266,43
τ	0,64	0.65	0,64	0,65
E_p (kW/m ²)	276,72	268	276,19	262,89
f	0,525	0,525	0,525	0,525
V^* (m ³)	93.240	3.150	69.930	2.520
W_{TNT} (kg)	80633,66	2.724	60.475	2.179,3
$(w_{TNT})_s$ (kg)	32.253,464	1.089,6	24.190	871,72
d_n (m/kg ^{1/3})	10,99	34,01	12,10	36,64
Sobrepresión (bar)	0,15	0,037	0,12	0,036

Tabla 17: Resultados de cálculo de sobrepresión por BLEVE a $d = 350$ metros. (Fuente: Jc Lema, E. Baque. 2012).

En este cálculo (0,15) se puede predecir un daño grave a estructuras de madera o caña guadua e incluso daño total de cubierta de estructuras, tumbados, techos.

Características almacenamiento	Tanque criogénico A	Esfera GLP A	Tanque criogénico B	Esfera GLP B
V_n (m ³)	33.130	500	14.800	500
% prueba	75	80	50	60
V_o (m ³)	24.848	400	7.400	300
M (kg)	12.424.000	200.000	3.700.000	150.000
D (m)	1.241	324	837	295
t (seg)	106	26	70	24
H (m)	931	243	623	221
X' (m)	575	626,4	556,5	634,4
τ	0,606	0,599	0,60	0,599
E_p (kW/m ²)	276,72	268	276,2	262,9
f	0,525	0,525	0,525	0,525
V^* (m ³)	93.240	3.150	69.930	2.520
W_{TNT} (kg)	80633,66	2.724	60.475	2.179,3
$(w_{TNT})_s$ (kg)	32.253,464	1.089,6	24.190	871,72
d_n (m/kg ^{1/3})	23,56	72,89	25,93	78,51
Sobrepresión (bar)	0,052	0,02	0,036	0,01

Tabla 18: Resultados de cálculo de sobrepresión por BLEVE a $d = 750$ metros. (Fuente: Jc Lema, E. Baque. 2012).

El valor de 0,05 corresponde a daños estructurales menores, mientras 0,02 se refiere a cristales de ventanales rotos en el 65% de viviendas, 0,03 ventanales rotos en un 75% de viviendas. La onda de sobrepresión llega luego del sonido cuya velocidad es de 300000 m/s.

Características almacenamiento	Tanque criogénico A	Esfera GLP A	Tanque criogénico B	Esfera GLP B
V_n (m ³)	33.130	500	14.800	500
% prueba	75	80	50	60
V_o (m ³)	24.848	400	7.400	300
M (kg)	12.424.000	200.000	3.700.000	150.000
D (m)	1.241	324	837	295
t (seg)	106	26	70	24
H (m)	931	243	623	221
X' (m)	745,8	867	759,7	876,6
τ	0,589	0,583	0,589	0,582
E_p (kW/m ²)	276,72	268	276,19	262,89
f	0,525	0,525	0,525	0,525
V^* (m ³)	93.240	3.150	69.930	2.520
W_{TNT} (kg)	80633,66	2.724	60.475	2.179,3
$(w_{TNT})_s$ (kg)	32.253,464	1.089,6	24.190	871,72
d_n (m/kg ^{1/3})	31,42	97,18	34,58	104,68
Sobrepresión (bar)	0,038	E ^x	0,035	E ^x

Tabla 19: Resultados de cálculo de sobrepresión por BLEVE a $d = 1000$ metros. (Fuente: Jc Lema, E. Baque 2012).

Con el valor de 0,038 se estima que todos los cristales y ventanas sean destrozados por la onda de sobrepresión, puede incluso causar sordera momentánea a las personas y daños auditivos muy graves en niños. El valor E^x se usa para describir que la onda no causa daño considerable, es decir la fuerza de la onda de sobrepresión se ha debilitado en su totalidad.

Características almacenamiento	Tanque criogénico A	Esfera GLP A	Tanque criogénico B	Esfera GLP B
V_n (m ³)	33.130	500	14.800	500
% prueba	75	80	50	60
V_o (m ³)	24.848	400	7.400	300
M (kg)	12.424.000	200.000	3.700.000	150.000
D (m)	1.241	324	837	295
t (seg)	106	26	70	24
H (m)	931	243	623	221
X' (m)	1.145	1357,6	1205,7	1368,7
τ	0,568	0,559	0,565	0,559
E_p (kW/m ²)	276,72	268	276,19	262,89
f	0,525	0,525	0,525	0,525
V^* (m ³)	93.240	3.150	69.930	2.520
W_{TNT} (kg)	80633,66	2.724	60.475	2.179,3
$(w_{TNT})_s$ (kg)	32.253,464	1.089,6	24.190	871,72
d_n (m/kg ^{1/3})	47,12	145,77	51,87	157
Sobrepresión (bar)	0,028	E^x	0,026	E^x

Tabla 20: Resultados de cálculo de sobrepresión por BLEVE a $d= 1500$ metros. (Fuente: Jc Lema, E. Baque 2012).

Es claro observar que a mayor distancia ya no genera mucho daño que en la proximidad de los focos explosivos, ya que el poder explosivo depende mucho de la cantidad de líquido presurizado, la forma de expansión (vertical u horizontal), los pedazos proyectados (proyectiles), temperatura de exposición y presión interna acumulada.

Características almacenamiento	Tanque criogénico A	Esfera GLP A	Tanque criogénico B	Esfera GLP B
V_n (m ³)	33.130	500	14.800	500
% prueba	75	80	50	60
V_o (m ³)	24.848	400	7.400	300
M (kg)	12.424.000	200.000	3.700.000	150.000
D (m)	1.241	324	837	295
t (seg)	106	26	70	24
H (m)	931	243	623	221
X' (m)	2.047	2.349,8	2.157,96	2.362,25
τ	0,537	0,533	0,537	0,532
E_p (kW/m ²)	276,72	268	276,19	262,89
f	0,525	0,525	0,525	0,525
V^* (m ³)	93.240	3.150	69.930	2.520
W_{TNT} (kg)	80633,66	2.724	60.475	2.179,3
$(w_{TNT})_s$ (kg)	32.253,464	1.089,6	24.190	871,72
d_n (m/kg ^{1/3})	78,54	242.95	86,44	261.7
Sobrepresión (bar)	0,01	E ^x	E ^x	E ^x

Tabla 21: Resultados de cálculo de sobrepresión por BLEVE a $d = 2500$ metros. (Fuente: Jc Lema, E. Baque 2012).

Puede considerarse como distancia de menor intensidad a 2500 metros desde el punto de BLEVE, la onda de sobrepresión provocará 50 % de probabilidades de cristales rotos de viviendas o ventanas.

7.4.2 MAPA DE RIESGO RESULTANTE

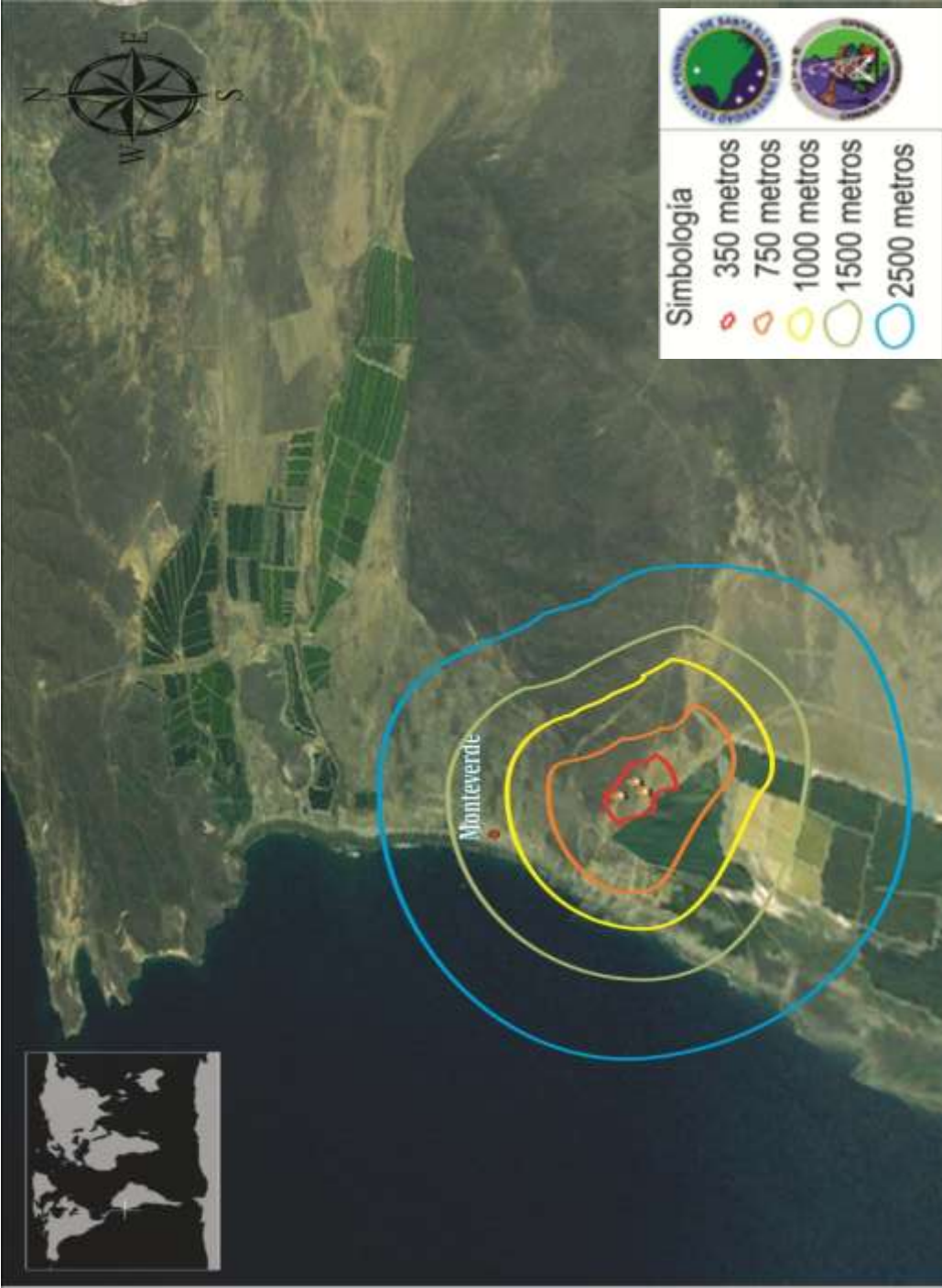


Figura 44: Mapa de riesgos de acuerdo a cálculo de la sobrepresión por BLEVE en tanques y esferas de propano. (Elaborado por Jc Lema, E. Baque 2012).

7.5 ESTRATEGIA DE PLANIFICACION PARA LA COMUNIDAD DURANTE UN EVENTO DE ONDAS EXPANSIVAS DE GLP

7.5.1 RESULTADOS DE LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MONTEVERDE

Un estudio de los niveles sociales, económicos, necesidades básicas y locales, es necesario para la implementación del Plan de Gestión de Riesgos adecuado, direccionado a la capacitación ante los riesgos considerados de incidencia natural como: inundaciones, tsunamis y oleajes, que lleguen a afectar la localidad.

Por otra parte, tenemos los de incidencia artificial o antrópica como el funcionamiento del Complejo de Gas Monteverde (considerado así cuando se inicie un evento generador de riesgo hacia la población); aunque también puede considerarse como incidencia antrópica un incendio, un choque de automóviles, el derrame de algún producto en el mar o en tierra; por más que estos incidentes provoquen un nivel de ocurrencia menor, al mismo tiempo que afectan a menos personas.

7.5.2 SÍNTESIS DEL CENSO REALIZADO EN LA COMUNIDAD DE MONTEVERDE

El levantamiento de información de la comuna Monteverde se realizó en los días 22 de noviembre hasta el 5 de diciembre del 2012; en efecto, por medio de un Censo se entrevistó a una persona considerada como “jefe de familia”; en base a esto, un solo miembro puede aportar con la información total de la familia.

En casos especiales se usa más de una ficha por familia; esos casos son: en la casa habita más de una familia, la casa se arrienda por piezas a otros conjuntos humanos (familias), en el terreno hay más de una casa, cuya,

pertenencia corresponde a otra u otras familias sea descendiente o no de la primera censada, casa compartida por herencia con uno o más conjuntos humanos (familia), separación del conjunto humano por indiferencias ajenas, pero habitan en la misma casa, creencias propias o de voluntad religiosa. Como resultado del Censo consta en la tabla 22:

Datos Generales del Censo	
Barrios encuestados	San José, Narcisca de Jesús, Monserrate, San Francisco, 1º de Mayo, San Pedro y Santa María.
Total de familias encuestadas	202 familias de la comuna Monteverde
Distancia al Complejo de Gas Monteverde	3,5 Km por la vía principal y 2 Km en línea recta.

Tabla 22: Datos generales del censo. Elaborado por Jc Lema, E. Baque 2012.

7.5.3 GRUPO HUMANO

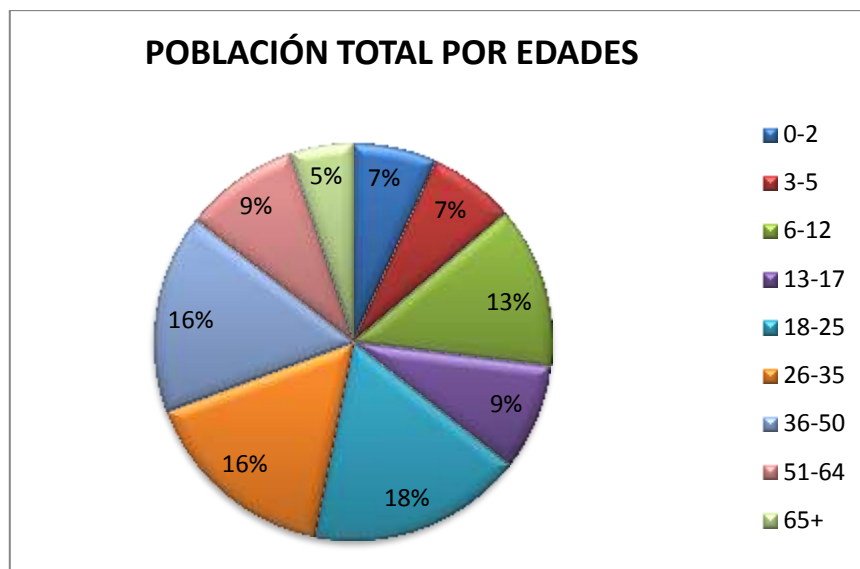


Figura 45: Cuadro demostrativo de resultados del censo de población. Elaborado por Jc Lema, E. Baque 2012.

De acuerdo al censo respectivo, el crecimiento poblacional, hasta el 5 de diciembre del 2012, según la edad y categorizada por años se muestra en la figura 45.

En efecto, puede observarse con claridad que el 14% de la población pertenece a los niños menores de 5 años, este grupo humano se beneficia con el aporte del gobierno por parte de C.I.B.V. y C.N.H. locales.



Figuras 46 y 47: Izquierda C.I.B.V. Monteverde; derecha C.N.H. Monteverde.

La ubicación del C.I.B.V. es al ingreso a la Comuna Monteverde en sentido sur-norte, precisamente instalada en el Barrio San José; en este centro, se atiende a los niños provenientes de los barrios más próximos a él. La capacidad de atención es de 40 niños agrupados por edad para un adecuado servicio. El C.N.H. apoya con capacitaciones y técnicas de automotivación para el mejor desarrollo del niño en su entorno familiar, en base a valores como: respeto, cariño y paciencia, ver figuras 46 y 47. Las charlas son dictadas por personal especializado en parvularia, dirigida hacia los padres. La atención de ambos Centros abarca a toda la extensión de la Comuna, pero no todos los niños beneficiarios acuden a los mismos, debido a la distancia considerable desde el Centro hasta la casa del niño y a enfermedades del niño o problemas de discapacidad.

7.5.4 NIVEL DE EDUCACIÓN

El nivel de educación de la comunidad es de gran importancia para el desarrollo de un adecuado sistema de capacitación a la misma, capacitación con contenido entendible, de fácil retentiva y sobretodo que emplee un lenguaje sencillo, directo y modelado a la Gestión de Riesgos, obsérvese figura 48.

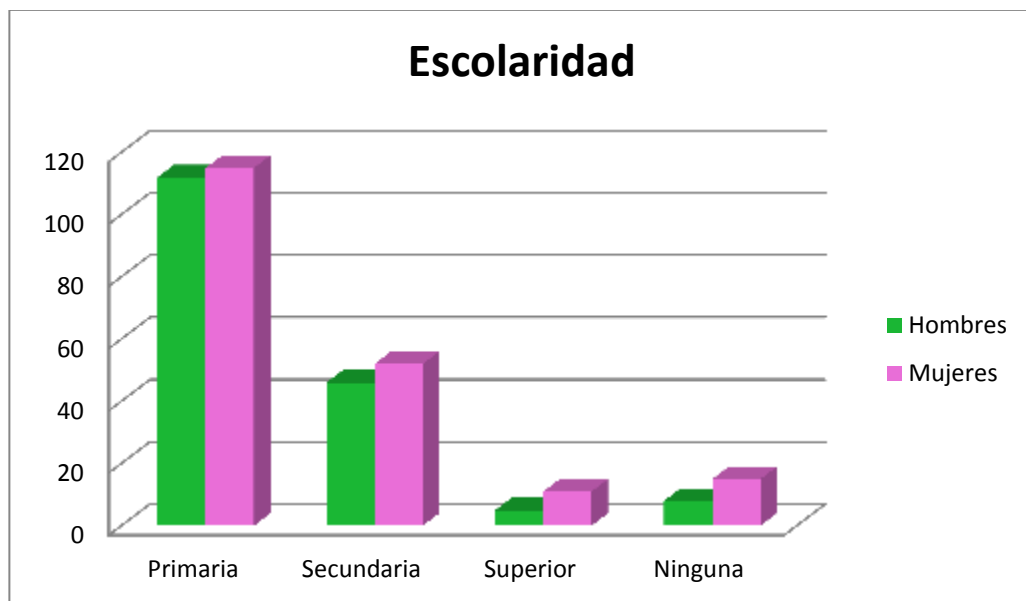


Figura 48: Escolaridad de la Población (Rango 5 – 65 años). Elaborado por Jc Lema y E. Baque 2013.

Es inevitable estar inmerso en situaciones riesgosas, pero con una adecuada preparación puede disminuirse el nivel de incidencia y afectarían a determinado grupo humano.

La preparación debe concretarse de acuerdo al nivel de instrucción mayoritario que posee la comunidad; de esta manera, los de nivel de instrucción superior pueden, fácilmente, ayudar a la organización de los directivos de los comités de gestión de riesgo o demás comités a crearse para la prevención de desastres dentro y fuera de la Comunidad

7.5.5 RIESGOS PERCEPTIBLES POR LA COMUNIDAD

Los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a los pobladores, establecen que 3 agentes de riesgo son considerados muy comunes de acuerdo a la geografía, hidrografía y clima estacional (Fenómeno de “El Niño”): Tsunamis, Inundaciones y Oleajes, ver figura 49.

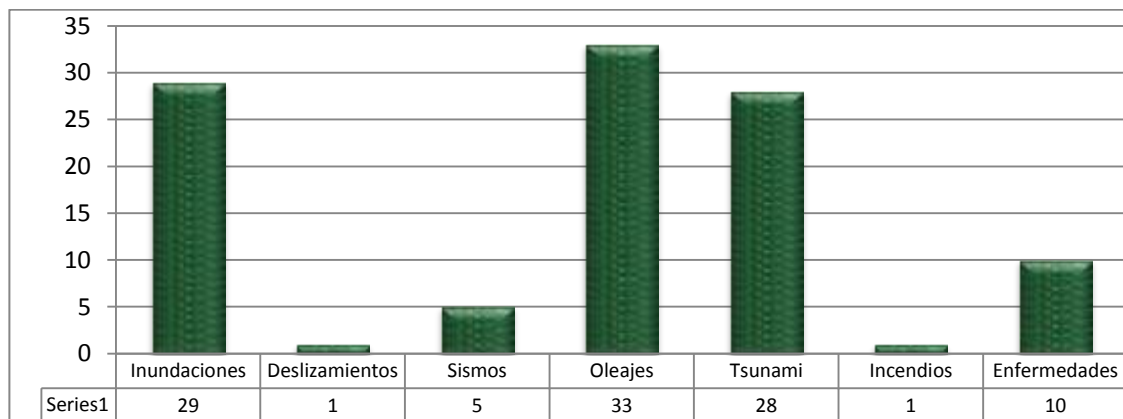


Figura 49: Percepción del riesgo por los habitantes. Elaborado por Jc Lema y E. Baque 2013.

7.5.6 INFRAESTRUCTURA REQUERIDA

Los servicios básicos son los que más sobresalen como necesidad de solucionar según el resultado de la encuesta realizada a la población de Monteverde; además, que los directivos de la comunidad se capaciten en lo referente a gestión administrativa y leyes de prevención de asentamientos en zonas de riesgo.

La construcción de muros de contención y enrocado, era una alternativa escogida para el río adyacente vecino del poblado de Jambelí porque durante la época del fenómeno de “El Niño” de 1983, dicho río se desbordó y generó una inundación de peligrosas proporciones; debido a la baja planicie donde se asientan los barrios de San Francisco y 1º de Mayo de Monteverde, fueron afectadas en su totalidad; por consiguiente, los comuneros optaron

por romper la carretera principal para drenar el agua y permitir su flujo hacia el mar.

Los alcantarillados, tanto el de aguas servidas como el de aguas lluvias, son requeridos por los pobladores de este sector para disminuir la insalubridad por la presencia de letrinas mal diseñadas, rebosantes y por la falta de servicios higiénicos en todas las viviendas, con las mencionadas obras se logrará mejorar la calidad de vida del sector. Sobre mejoramiento y arreglo de vías, se estableció que varias de las enfermedades leves citadas como parte de los resultados obtenidos, pertenecen al sistema respiratorio, afectado por la inhalación de partículas de polvo levantadas por la circulación de vehículos en la localidad.

7.5.7 RUTAS DE EVACUACIÓN Y ZONAS SEGURAS

Las únicas vías o rutas de evacuación comprenden: la vía principal de acceso a la comunidad, las playas y las rutas de orden secundario hacia las elevaciones cercanas. Para establecer una zona segura se debe priorizar el foco de riesgo, en este caso, si se tratase de un incidente en el Complejo de Gas Monteverde, la zona más segura sería una que este más alejada de la onda de destrucción por explosión o BLEVE de un contenedor de GLP. Si se tratase de un tsunami, las elevaciones circundantes ofrecen buen ambiente para considerarse como zona segura. Aunque puede determinarse otros lugares como zonas seguras, debe considerarse que en Monteverde no hay Cuerpo de Bomberos, una estación para la partida de ambulancias, u otras ubicaciones seguras para considerarse como albergues ante emergencias.

Una buena reorganización de las infraestructuras necesarias y una planificación del crecimiento poblacional, deben concretarse en lugares alejados de los focos de riesgos ante posibles eventos peligrosos en el Complejo de Gas Monteverde.

CAPITULO VIII

8.1 CONCLUSIONES

- Todo Complejo Industrial que procese hidrocarburos o productos inflamables, debe siempre priorizar máximas prevenciones para procurar el menor impacto físico, social o económico en torno a incidentes a generarse dentro de él, ya sea motivado por factores de riesgo interno o externo, de origen natural o artificial.
- El Estudio expuesto presenta los riesgos asociados con el funcionamiento del Complejo de Gas Monteverde ante un incidente catastrófico que ocurriese con el mismo; el conocimiento de la infraestructura, los procesos que allí se realizan; los procesos geológicos comunes de la zona de Monteverde o los efectos secundarios del mismo mar adentro (tsunami); además los conocimientos que favorecen para entender los efectos derivados de los sucesos enunciados tales como: contaminación del ambiente por fuga del propano o butano, incendios o BLEVES.
- Toda infraestructura que procese un agente líquido, sólido o gaseoso, que sea inflamable, se ve en la necesidad de prever un desastre con un adecuado Plan de Gestión de Riesgos aplicado tanto dentro de la Planta o Complejo, como en los sectores más próximos al mismo. De esta manera si los índices de vulnerabilidad por ciertos agentes es alto, el nivel de riesgo por la planta o Complejo hacia la Comunidad será baja, si se aplica una adecuada política de gestión de riesgo, seguridad industrial y legislación ambiental.
- La Comunidad de Monteverde expone la necesidad de la aparición de los servicios básicos como: alcantarillado para aguas lluvias y aguas servidas, líneas de telefonía pública, conexiones fijas de internet y

adecuación del subcentro de salud local (atención permanente de lunes a domingo). Además, la fase investigativa de esta Tesis plantea que los organismos seccionales de Secretaria Nacional de Gestión de Riesgo apliquen capacitaciones continuas que abarquen simulacros y conocimientos básicos de primeros auxilios.

8.2 RECOMENDACIONES

- Se debe priorizar que los servicios básicos se implementen en el sector de Monteverde, para minimizar los niveles de insalubridad debido al rebose de letrinas y pozos sépticos en época invernal.
- Se debe implementar capacitación a los directivos de la comuna, también a los pobladores, en torno al importante conocimiento del tema: *“Procesos del GLP, riesgos y peligros asociados de acuerdo a la geografía del sector, primeros auxilios y aplicación de un adecuado Plan de gestión de riesgos”*.
- Es impredecible conocer exactamente cuándo ocurrirá algún desastre en el Complejo de Gas Monteverde, pero sí establecer dónde ocurrirá y quienes serán los agentes asociados en el incidente, GLP, propano y butano, de manera que durante la propagación de una onda expansiva producto de la explosión de un tanque o esfera contenedora de GLP se logre evitar daños personales mayores; por ejemplo es importante recubrir los vidrios de los ventanales con un agente protector plástico adhesivo, para que si una onda expansiva se desarrolla, el vidrio sostenido por el ventanal no se esparza en fragmentos de innumerables tamaños y no cause mayores daños a la integridad humana.
- Todas las edificaciones deben ser inspeccionadas por un técnico especializado en construcción de viviendas sismoresistentes; es decir

impedir evitando que se mantengan las costumbres de construcciones anticuadas como la combinación de madera y cemento o caña y madera, ya que se prevé que ocurran eventos sísmicos comunes, de magnitudes bajas a 5 en la escala de Richter; en todo caso la ubicación de estos movimientos será costa afuera en las fallas producto de la subducción de las placas continentales.

8.3 ACLARACIONES

El desarrollo de los mapas, gráficos y tablas expuestos en este trabajo corresponden a los nombrados en la portada, para ello, se utilizaron los siguientes programas informáticos:

1. ArcMap 10
2. AutoCAD 2013 español
3. Camtasia Studio 8
4. Corel Draw X6

Las fuentes están citadas en los anexos, el diseño de los gráficos y mapas fue normado por diseños expuestos por los autores de los libros citados en la Bibliografía anexa más la tutoría del docente encargado, Ing. Kervin Chunga.

NOMENCLATURA

A	Constante de la Ecuación de Antoine
B	Constante de la Ecuación de Antoine
β	Fracción de la Energía Liberada convertida en Onda de sobrepresión
C_p	Calor Especifico a Presión Constante J/kg.°K
°C	Temperatura expresada en grados Celsius o centígradas
D	Diámetro de la bola de fuego, en metros
d	Distancia de estudio
d_n	Distancia normalizada o escalada (m/kg ^{1/3})
ρ	Densidad de gases
ρ_l	Densidad del líquido a 20 °C kg/m ³
ρ_v	Densidad del vapor a 55 °C
e	Constante
E_p	Poder emisivo
F	Factor de vista
f	Fracción de vaporización
gr/cm^3	Gramos sobre centímetros cúbicos
H	Altura a la que se encuentra el centro de la bola de fuego (m)
H_c	Calor de combustión
H_v	Entalpía de vaporización
I	Intensidad de radiación
°K	Temperatura expresada en grados Kelvin
kg	Kilogramos
Kg/h	Kilogramo por hora

M	Masa del combustible (kg)
η	Coefficiente de radiación, en este caso es de 0,25
P_w	Presión parcial del vapor de agua en Pascales (Pa)
P_α	Presión atmosférica (bar)
Q_M	Caudal en masa
Q_V	Caudal en volumen
T	Temperatura, en grados Celsius o Kelvin
t	Tiempo, en segundos
τ	Transmisibilidad atmosférica
T_b	Temperatura de ebullición
T_C	Temperatura crítica
T_o	Temperatura a la que se encuentra la sustancia en el momento de la explosión
V	Volumen de vapor en el depósito
V^*	Volumen total entre el volumen de gas y volumen evaporado
V_i	Volumen inicial de vapor en la bola de fuego (m ³)
W_{TNT}	Masa de TNT equivalente (kg)
X'	Distancia de la llama al objetivo
γ	Relación de calores específicos

ANEXOS

FOTOS



ANEXO F1. RECOLECCIÓN DE DATOS DE PROFUNDIDAD PARA DETERMINAR POSIBLES COTAS DE INUNDACIÓN. SECTOR MONTEVERDE-JAMBELÍ.



ANEXO F2. AREA POBLADA DE JAMBELÍ, RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PARA DETERMINAR ZONAS DE INUNDACIÓN.



ANEXO F3. DESNIVEL DE ELEVACIONES; DESDE LA POBLACIÓN DE MONTEVERDE SE APRECIA PARTE DE LOS TANQUES DE PROPANO VISTO DESDE LA POBLACION DE MONTEVERDE



ANEXO F4. DESPRENDIMIENTO DE LAS LUTITAS INTERCALADAS CON ARENISCAS.



ANEXO F5. ROCA EXPUESTA POR LA METEORIZACIÓN DEL SECTOR.



ANEXO F6. VEGETACIÓN QUE RODEA AL COMPLEJO DE GAS MONTEVERDE.



ANEXO F7. FIJADOR DE EMBARCACIONES.



ANEXO F8. TESISTAS EN AREA DE MUELLE.



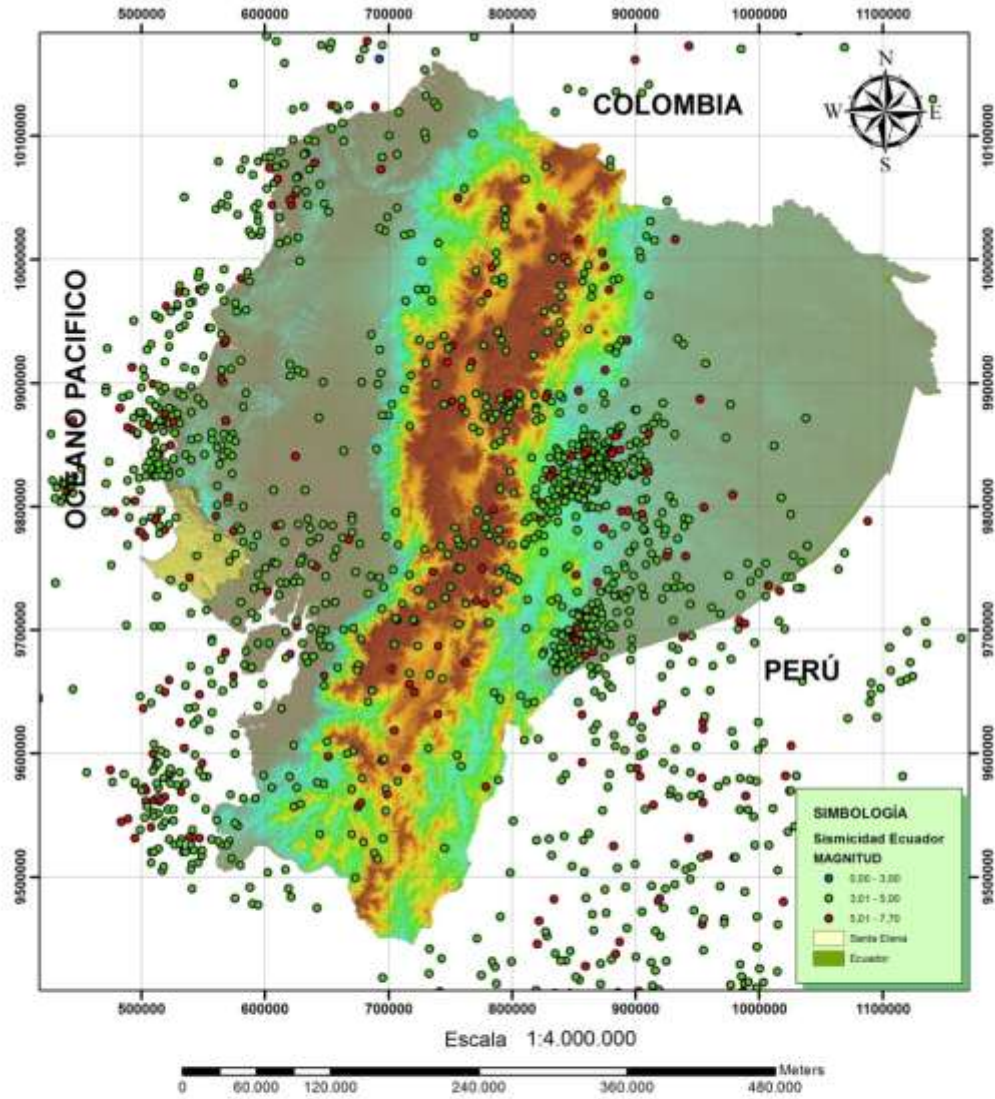
ANEXO F9. DETERMINACIÓN DEL BUZAMIENTO DE LA ROCA, $\approx 24^\circ$ NE.



ANEXO F10. DOCENTE TUTOR CON REPRESENTANTES DE LA COMUNA IAMBRIÍ

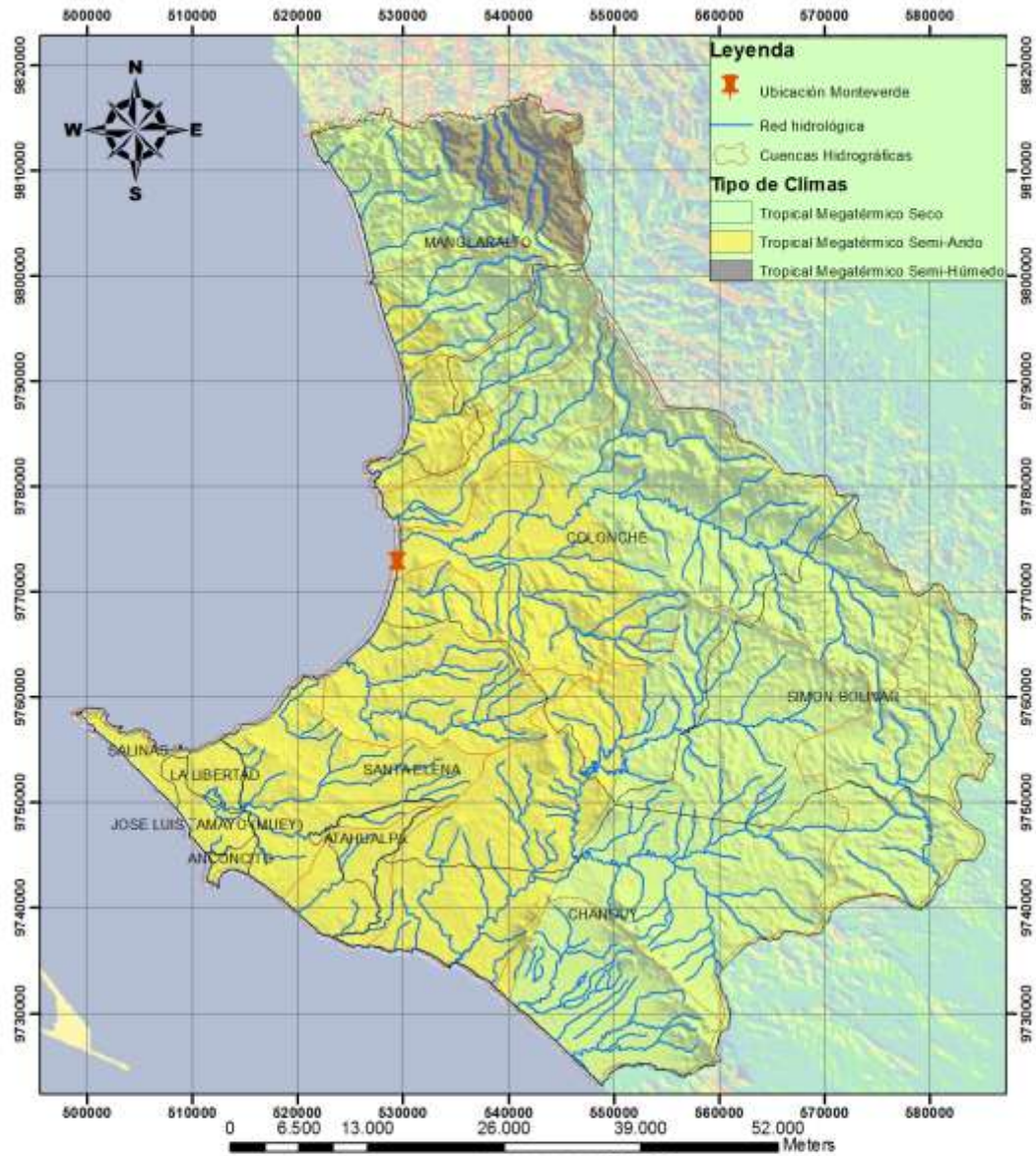
MAPAS

ANEXO M1. MAPA DE SÍSMICIDAD HISTÓRICA DEL ECUADOR



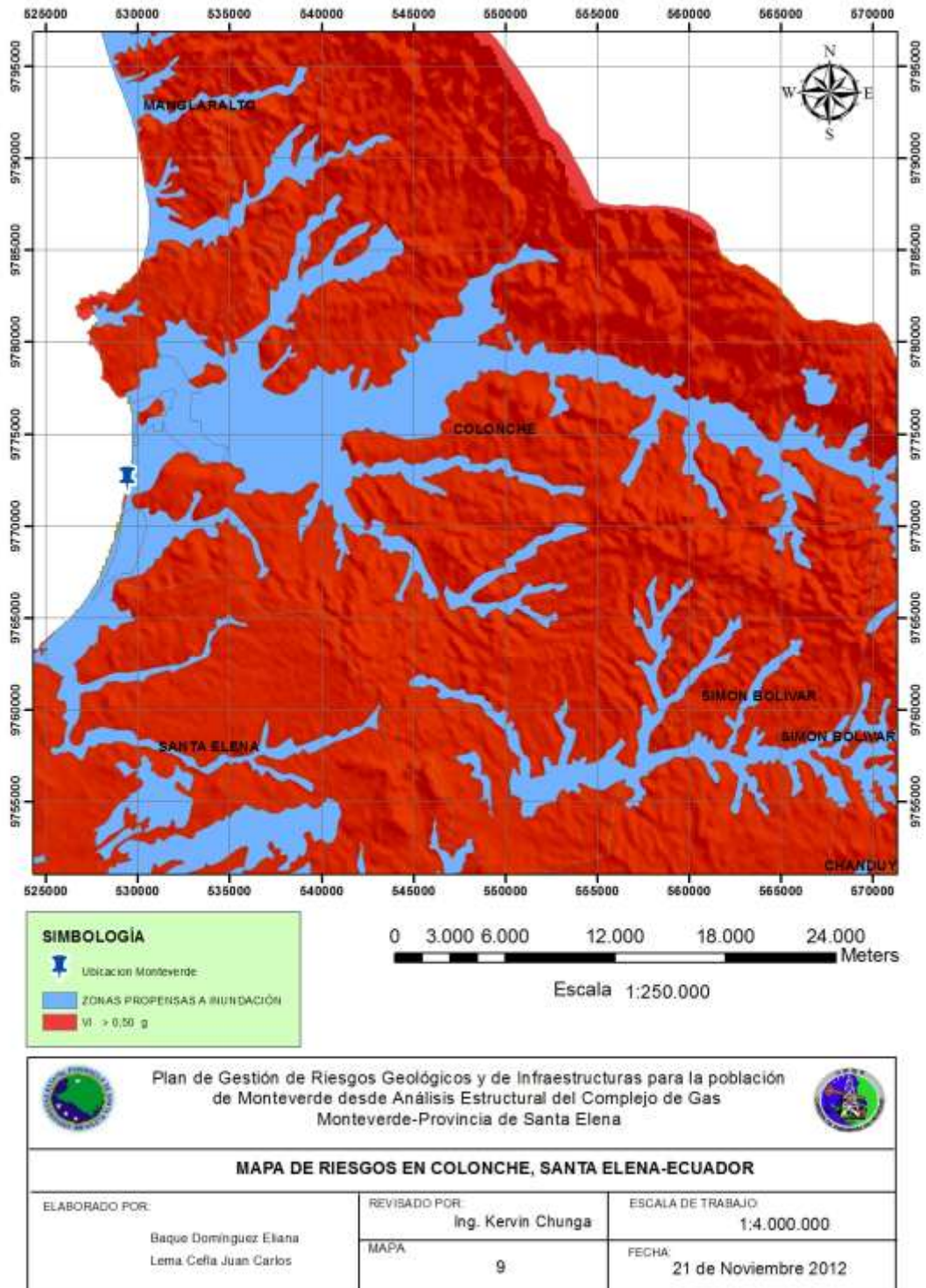
Plan de Gestión de Riesgos Geológicos y de Infraestructuras para la población de Monteverde desde análisis estructural del Complejo de Gas Monteverde provincia de Santa Elena		
MAPA DE SISMICIDAD HISTORICA EN EL ECUADOR		
ELABORADO POR: Baque Dominguez Eliana Lema Cefia Juan Carlos	REVISADO POR: Ing. Kervin Chunga MAPA 7	ESCALA DE TRABAJO: 1:4.000.000 FECHA: 20 de Noviembre 2012

ANEXO M2. MAPA CLIMÁTICO

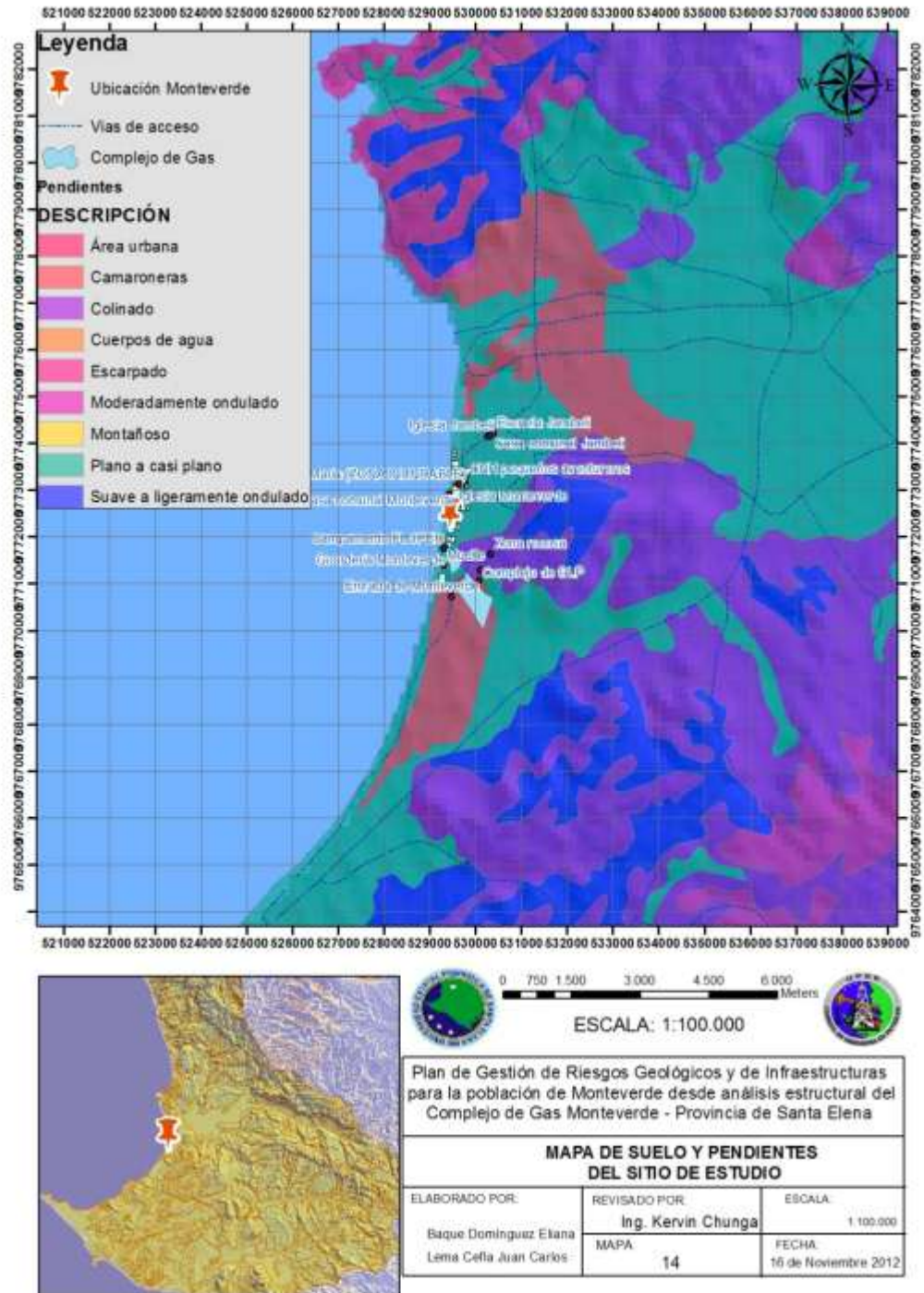


Plan de Gestión de Riesgos Geológicos y de Infraestructuras para la población de Monteverde desde Análisis Estructural del Complejo de Gas Monteverde-Provincia de Santa Elena		
MAPA CLIMÁTICO - SANTA ELENA		
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	ESCALA DE TRABAJO:
Baque Domínguez Eliana	Ing. Kervin Chunga	1:487.936
Lema Cefla Juan Carlos	MAPA 8	FECHA: 21 de Noviembre 2012

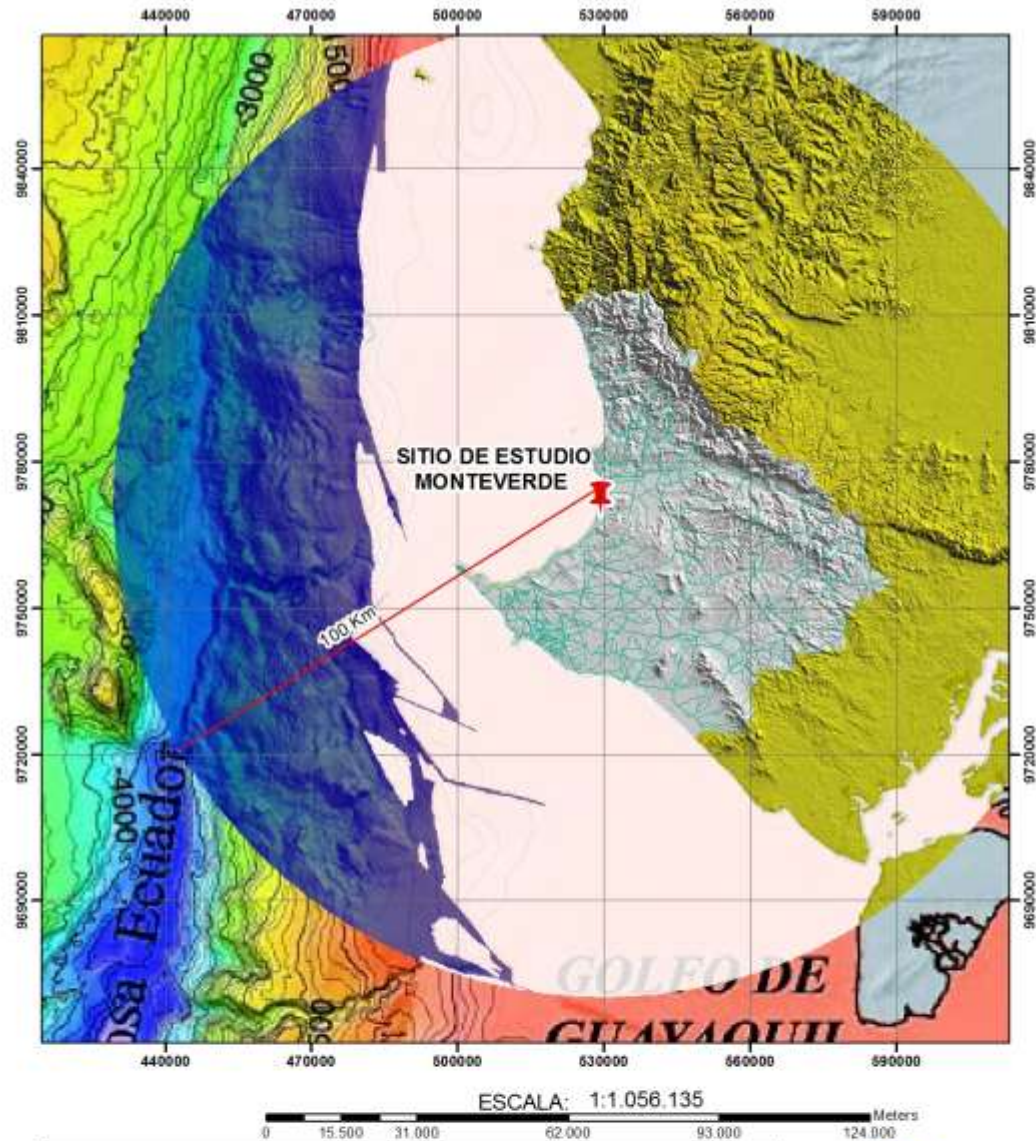
ANEXO M3. MAPA DE RIESGO EN COLONCHE



ANEXO M4. MAPA DE SUELO Y PENDIENTES



ANEXO M5. DISTANCIA DE SUBDUCCIÓN



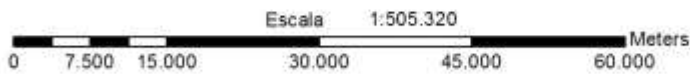
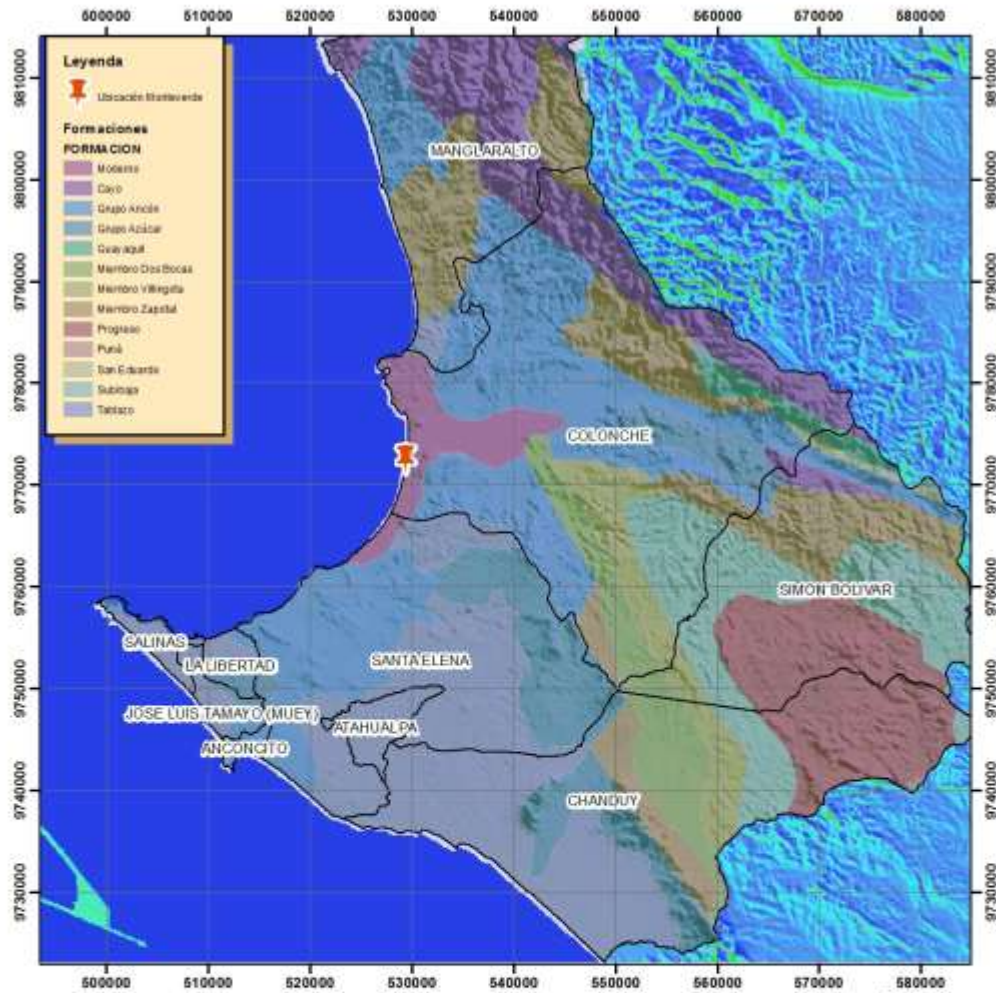
<p>Plan de Gestión de Riesgos Geológicos y de Infraestructuras para la población de Monteverde desde Análisis Estructural del Complejo de Gas Monteverde-Provincia de Santa Elena</p>		
<p>DISTANCIA DE ZONA DE SUBDUCCIÓN SANTA ELENA-ECUADOR</p>		
<p>ELABORADO POR: Baque Domínguez Elana Lema Cefla Juan Carlos</p>	<p>ESCUELA CIENCIAS DE LA INGENIERÍA</p>	<p>ESCALA DE TRABAJO: 1:1.056.135</p>
	<p>MAPA 16</p>	<p>FECHA: 13 DE ENERO DEL 2012</p>



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984



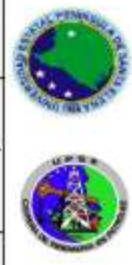
ANEXO M6. MAPA DE FORMACIONES EN LA PROVINCIA



Plan de Gestión de Riesgos Geológicos y de Infraestructuras para la población de Monteverde desde análisis estructural del Complejo de Gas Monteverde-Provincia de Santa Elena

MAPA DE FORMACIONES EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA

ELABORADO POR: Baque Dominguez Eliana Lema Cefia Juan Carlos	REVISADO POR: Ing. Kervin Chunga MAPA 18	ESCALA DE TRABAJO: 1:505.320 FECHA: 16 de Noviembre 2012
--	---	---



TABLAS

ANEXO T1. PROPIEDADES FÍSICAS Y VELOCIDADES DE COMBUSTIÓN PARA INCENDIOS DE CHARCO SOBRE TIERRA.

<i>Parafinas</i>	<i>Calor neto de combustión (J/kg)</i>	<i>Calor latente de vaporización (J/kg)</i>	<i>Temperatura de ebullición (K)</i>	<i>Velocidad de combustión (m/s)</i>
Metano	500,2 x 10 ⁵	5,1 x 10 ⁵	111,7	2,08 x 10 ⁻⁴
Etano	472,0 x 10 ⁵	4,9 x 10 ⁵	264,6	1,22 x 10 ⁻⁴
Propano	460,1 x 10 ⁵	4,3 x 10 ⁵	231,1	1,37 x 10 ⁻⁴
Butano	453,9 x 10 ⁵	3,9 x 10 ⁵	272,7	1,32 x 10 ⁻⁴
Pentano	450,1 x 10 ⁵	3,6 x 10 ⁵	309,7	1,43 x 10 ⁻⁴
Hexano	447,7 x 10 ⁵	3,4 x 10 ⁵	341,9	1,22 x 10 ⁻⁴
Heptano	445,9 x 10 ⁵	3,2 x 10 ⁵	371,9	1,13 x 10 ⁻⁴
Octano	444,3 x 10 ⁵	3,0 x 10 ⁵	398,9	1,05 x 10 ⁻⁴
Nonano	443,2 x 10 ⁵	3,0 x 10 ⁵	424,0	9,67 x 10 ⁻⁵
Isobutano	452,6 x 10 ⁵	3,7 x 10 ⁵	261,4	1,55 x 10 ⁻⁴
Isobexano	445,4 x 10 ⁵	3,2 x 10 ⁵	333,5	1,37 x 10 ⁻⁴
Isopentano	449,2 x 10 ⁵	3,4 x 10 ⁵	301,1	1,23 x 10 ⁻⁴
Etileno	471,9 x 10 ⁵	4,8 x 10 ⁵	169,5	1,23 x 10 ⁻⁴
Propileno	458,0 x 10 ⁵	3,4 x 10 ⁵	225,5	1,33 x 10 ⁻⁴
Butileno	453,3 x 10 ⁵	3,9 x 10 ⁵	266,9	1,47 x 10 ⁻⁴
Ciclohexano	434,6 x 10 ⁵	3,6 x 10 ⁵	353,9	1,15 x 10 ⁻⁴
Ciclopentano	465,0 x 10 ⁵	3,9 x 10 ⁵	322,5	1,32 x 10 ⁻⁴
Metilciclopentano	440,0 x 10 ⁵	3,8 x 10 ⁵	345,0	1,18 x 10 ⁻⁴
Benceno	406,0 x 10 ⁵	3,9 x 10 ⁵	353,3	1,00 x 10 ⁻⁴
Tolueno	405,5 x 10 ⁵	3,6 x 10 ⁵	383,8	9,50 x 10 ⁻⁵
Xileno	408,4 x 10 ⁵	3,5 x 10 ⁵	417,6	9,67 x 10 ⁻⁵
Etilbenceno	413,5 x 10 ⁵	3,4 x 10 ⁵	409,4	9,67 x 10 ⁻⁵

ANEXO T2. VALORES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA CRÍTICAS DE LOS HIDROCARBUROS

<i>Substancia</i>	<i>T_c (K)</i>	<i>P_c (MP_a)</i>
Metano	190,53	4,604
Etano	305,40	4,884
Propano	369,82	4,250
n-Butano	425,14	3,784
n-Pentano	469,69	3,364
n-Hexano	507,70	3,010
n-Heptano	540,30	2,756
n-Octano	568,90	2,493
n-Nonano	594,90	2,288
n-Decano	617,65	2,104
Eteno	282,34	5,041
Propeno	364,85	4,601
Buteno	419,57	4,023
Acetileno	308,33	6,139
Metanol	512,64	8,092
Etanol	513,92	6,132
n-Propanol	536,78	5,168
Acetona	508,10	4,700
Benceno	562,16	4,898
Óxido de etileno	469,00	7,190
Ciclohexano	553,50	4,070
Tolueno	591,79	4,104

ANEXO T3. CATÁLOGO DE SISMOS EN EL ECUADOR (SUDAMERICA)

Catalogo	Año	Mes	Día	Latitud	Longitud	Magnitud	Distancia Km ²
Southamerica	1906	9	28	-2	-79	7,5	150
Southamerica	1923	2	5	-0,5	-78,56	6,3	0
Southamerica	1923	12	14	1	-77	7	0
Southamerica	1924	7	22	-2	-80	6,5	81
Southamerica	1925	6	23	0	-77	6,8	180
Southamerica	1926	3	7	-5	-76,5	6,5	150
Southamerica	1926	12	19	1,1	-77,5	6,5	0
Southamerica	1928	5	14	-5	-78	7,3	0
Southamerica	1929	7	25	-0,41	-78,53	6,3	0
Southamerica	1930	11	24	-2	-77	6,3	100
Southamerica	1933	10	2	-2	-81	6,9	15
Southamerica	1934	10	29	-5	-78	6,3	110
Southamerica	1935	3	8	-4	-80	6	100
Southamerica	1935	11	2	-2	-79	6	130
Southamerica	1937	7	19	-1,5	-76,5	7,1	190
Southamerica	1937	9	4	-0,5	-80	6,4	0
Southamerica	1938	8	10	-0,31	-78,42	7	0
Southamerica	1940	10	23	-2	-76	6	140
Southamerica	1941	1	24	-3,25	-76,75	6,5	120
Southamerica	1942	5	14	-0,75	-81,5	7,9	25
Southamerica	1942	5	15	0	-80	6,4	0
Southamerica	1942	5	17	0,4	-80,4	6,2	0
Southamerica	1942	6	16	0,8	-80,5	6,1	0
Southamerica	1942	7	1	0,4	-80,4	6,1	0
Southamerica	1942	7	3	0,4	-80,4	6,2	0
Southamerica	1942	7	4	0,8	-80,5	6,1	0
Southamerica	1942	7	6	0,5	-80,5	6,2	0
Southamerica	1942	7	10	0,8	-80,5	6,1	0
Southamerica	1942	11	14	0,4	-80,4	6,1	0
Southamerica	1942	11	15	0,4	-80,4	6,3	0
Southamerica	1942	11	19	-0,6	-81,7	6,1	0
Southamerica	1942	12	15	-0,6	-81,7	6,1	0
Southamerica	1942	12	16	0,4	-80,4	6,1	0

Southamerica	1943	1	30	-2	-80,5	6,2	26
Southamerica	1943	7	22	-0,5	-81,5	6,2	0
Southamerica	1944	10	23	0,5	-80,5	6,9	0
Southamerica	1949	8	5	-1,5	-78,25	6,8	60
Southamerica	1950	6	7	-4	-76,5	6,8	110
Southamerica	1952	1	15	-4,26	-80,06	6,5	100
Southamerica	1953	4	17	-5,2	-77,2	6	0
Southamerica	1953	12	12	-3,4	-80,6	7,8	0
Southamerica	1953	12	23	1	-77	6	0
Southamerica	1954	6	15	-5	-77	6,6	100
Southamerica	1955	5	11	0	-78	6,8	0
Southamerica	1955	7	20	0,2	-78,4	6	0
Southamerica	1956	1	16	-0,5	-80,5	7,3	0
Southamerica	1956	3	22	-3,84	-79,25	6,5	100
Southamerica	1957	3	12	-1,59	-80,15	6,2	82
Southamerica	1958	1	19	1,37	-79,34	7,8	60
Southamerica	1958	2	1	1,5	-79	6,8	0
Southamerica	1958	3	4	-0,5	-81	6,1	0
Southamerica	1958	4	14	0,82	-79,82	6,6	0
Southamerica	1958	4	15	1	-79,5	6,6	0
Southamerica	1958	5	25	-3,12	-78,09	6,5	29
Southamerica	1958	8	17	1	-80	6,1	0
Southamerica	1959	1	26	-1	-77	6,2	200
Southamerica	1959	2	16	-1,36	-81,25	6	95
Southamerica	1959	2	17	-1	-80,5	6,3	0
Southamerica	1960	4	2	0,5	-80,5	6,2	0
Southamerica	1960	6	21	-2	-80,5	6,1	0
Southamerica	1960	9	24	-3	-75,9	6,3	146
Southamerica	1961	2	20	-2,4	-77,37	6,1	47
Southamerica	1961	3	25	-2,1	-78,7	6,3	132
Southamerica	1961	4	8	-2,11	-79,11	6,1	0
Southamerica	1961	5	21	-3,1	-80,9	6	27
Southamerica	1961	6	2	-3	-80,4	6,2	37
Southamerica	1961	7	24	-1,6	-78,3	6,4	30
Southamerica	1961	7	28	-2,1	-77,15	6,3	165
Southamerica	1961	10	7	-0,4	-80,4	6,2	56
Southamerica	1961	10	14	-0,9	-80,4	6,1	25

Southamerica	1961	12	4	0,3	-78,3	6,4	33
Southamerica	1962	3	12	-2,9	-80,2	6,2	25
Southamerica	1962	5	4	-0,9	-80,1	6,2	74
Southamerica	1962	5	25	-2,5	-79,1	6,1	79
Southamerica	1962	6	14	-1,9	-76,9	6,1	160
Southamerica	1962	10	10	-3,1	-78,4	6,2	33
Southamerica	1962	10	11	-1,3	-80,4	6,2	75
Southamerica	1962	11	6	-4	-79,8	6,1	84
Southamerica	1962	11	11	-1,2	-78,8	6,3	59
Southamerica	1962	11	16	-1	-78,6	6,3	33
Southamerica	1962	12	21	-1,08	-80,93	6	25
Southamerica	1963	5	10	-2,12	-77,51	6,8	25
Southamerica	1964	5	19	-0,84	-80,29	6	34
Southamerica	1964	11	2	-4,04	-76,8	6	114
Southamerica	1965	2	11	-1,42	-77,93	6,8	181
Southamerica	1965	9	17	-1,4	-77,7	6,5	161
Southamerica	1967	6	21	-2,25	-77,75	6	72
Southamerica	1967	11	4	-2,73	-77,69	6	94
Southamerica	1971	5	17	-1,59	-77,69	6,5	172
Southamerica	1971	7	11	-4,4	-79,95	7,1	100
Southamerica	1971	7	27	-2,79	-77,35	7,5	88
Southamerica	1975	3	18	-4,26	-77,01	6,5	110
Southamerica	1976	4	9	0,85	-79,63	6,7	19
Southamerica	1981	1	2	2,13	-79,16	6	27

ANEXO T4. CATÁLOGO DE SUDÁMERICA A 100 KM A LA REDONDA DESDE EL PUNTO DE ESTUDIO A PARTIR DE UNA MAGNITUD ≥ 3 .

Catalogo	Año	Mes	Día	Latitud	Longitud	Magnitud	Distancia Km ²
Southamerica	1653	7	9	-2,19	-79,89	5,7	95
Southamerica	1787	6	11	-2,19	-79,89	4,3	95
Southamerica	1908	7	21	-2,19	-79,89	4,3	95
Southamerica	1920	7	26	-2,19	-79,9	5	93
Southamerica	1924	7	22	-2	-80	6,5	81
Southamerica	1933	10	3	-1,75	-80,75	5,9	33
Southamerica	1933	10	2	-2	-81	6,9	15
Southamerica	1943	1	30	-2	-80,5	6,2	26
Southamerica	1957	3	12	-1,59	-80,15	6,2	82
Southamerica	1957	8	26	-2	-81	5,7	30
Southamerica	1959	2	16	-1,36	-81,25	6	95
Southamerica	1960	6	21	-2	-80,5	6,1	0
Southamerica	1961	4	22	-2,8	-80,8	5,8	30
Southamerica	1961	4	8	-2,6	-81	6,2	25
Southamerica	1962	10	11	-1,3	-80,4	6,2	75
Southamerica	1962	3	12	-2,9	-80,2	6,2	25
Southamerica	1963	11	16	-2,2	-80	4,6	59
Southamerica	1963	5	23	-1,6	-80,8	4,6	90
Southamerica	1964	6	23	-2,65	-79,98	5,2	39
Southamerica	1964	4	1	-2,94	-80,2	4,5	65
Southamerica	1965	1	16	-2,3	-80,1	4,4	75
Southamerica	1965	6	6	-1,37	-80,6	4,1	77
Southamerica	1965	9	27	-1,4	-80,6	4,5	73
Southamerica	1965	10	23	-1,62	-80,9	4,2	156
Southamerica	1965	12	25	-1,86	-81,21	4,5	33
Southamerica	1966	3	4	-1,23	-80,1	4,2	33
Southamerica	1966	4	15	-2,87	-80,3	4,1	37
Southamerica	1966	6	16	-1,55	-80,5	4,3	51
Southamerica	1966	12	7	-1,62	-80,2	4,3	98
Southamerica	1966	12	8	-1,58	-80,6	4,5	98
Southamerica	1967	4	18	-1,28	-80,96	4,3	89
Southamerica	1967	6	24	-2,23	-79,9	4,1	94

Southamerica	1967	10	1	-2,33	-79,92	4,4	95
Southamerica	1967	11	15	-1,96	-80,96	4,6	27
Southamerica	1968	9	9	-2,93	-80,88	4,5	47
Southamerica	1969	11	11	-2,44	-80,23	4	70
Southamerica	1970	1	18	-2	-80,8	3,9	9
Southamerica	1970	6	22	-1,57	-80,6	4,6	55
Southamerica	1970	3	6	-2,89	-80,1	4,2	35
Southamerica	1970	12	17	-1,6	-80,7	4,4	46
Southamerica	1970	12	14	-1,45	-80,85	4,8	56
Southamerica	1970	12	14	-1,36	-80,4	4,2	87
Southamerica	1971	1	7	-1,76	-80,7	4,6	32
Southamerica	1971	2	1	-2,26	-80,65	4,1	33
Southamerica	1971	1	1	-1,33	-81	4,3	43
Southamerica	1971	5	13	-1,3	-78,49	4,8	46
Southamerica	1972	4	13	-1,21	-81,19	4,1	12
Southamerica	1973	4	28	-1,83	-80,14	5,5	70
Southamerica	1974	3	11	-2,19	-79,89	5	95
Southamerica	1974	6	30	-2,84	-79,9	4,2	58
Southamerica	1975	3	18	-2,19	-79,89	4	95
Southamerica	1975	4	7	-1,86	-80,25	4,6	58
Southamerica	1975	5	22	-2,52	-80,4	4,1	63
Southamerica	1975	6	27	-1,98	-81,06	4,5	37
Southamerica	1977	5	10	-1,32	-81,09	4,9	52
Southamerica	1978	6	18	-2,7	-80,9	4,5	73
Southamerica	1978	6	3	-1,39	-79,85	4,9	33
Southamerica	1978	12	24	-2,65	-80	4,7	40
Southamerica	1979	4	22	-2,17	-80,63	4,3	17
Southamerica	1980	2	15	-2,79	-80,26	4,3	96
Southamerica	1980	8	18	-1,98	-80,03	5,5	78
Southamerica	1980	8	20	-2,19	-80,26	4,5	54
Southamerica	1981	5	7	-2,06	-80,99	4,5	28
Southamerica	1981	3	4	-2,34	-81,08	4,6	33
Southamerica	1981	1	3	-2,12	-80,28	4,1	60

BIBLIOGRAFIA

- [Reid79] REID, R. C. "*Possible mechanism for pressurized-liquid tank explosion or BLEVEs Science*", vol. 203, pág. 1.263, 1.979.
- [Mont87] MONTENEGRO, L. "*Las explosiones BLEVE y el gas natural licuado*", XIII Asamblea Nacional del Gas, 14-87,1.987.
- [Fern90] FERNANDEZ CAMARA, A. "*Explosion de recipientes. Teoría y Cálculo aproximado de la radiación térmica*". *Prevención*, núm. 114, pág. 45-86. 1.990.
- [Best91] BESTRATEN, M.; TURMO, E. *Exposiciones BLEVE (I): Evaluación de la radiación térmica*. Notas técnicas de prevención NTP-293. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene pág. 1-6, Barcelona. 1.990.
- Carlos Antonio Gutiérrez Martínez, "*Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos*", Sistema Nacional de Protección Civil, México 2006.
- Ing. Mario Rivera, "*Estudio de Identificación de zonas de riesgos en la Provincia de Santa Elena - Ecuador*", INOCAR & UPSE 2010.
- José Emilio López Sopeña, "*Manual de instalaciones de GLP*", CEPESA ELF GAS S.A. 2001.
- Magda Mindiola Robayo & Sonia Recalde Mosquera, "*Análisis de metodología para la evaluación ambiental de la construcción del terminal marítimo en el sector de Monteverde, Provincia de Santa Elena*". ESPOL 2008.
- Universidad Naval "Comandante Rafael Moran Valverde", "*Estudios geológicos, geotectónicos y de riesgo sísmico para el proyecto: Terminal marítimo y planta de almacenamiento de glp en Monteverde, Provincia de Santa Elena*". FLOPEC 2008.

- Kervin Chunga, Andrés Pazmiño, Carlos Martillo, *“Riesgos geológicos en el golfo de Guayaquil: revisión de datos sismológicos y de fallas activas”*. 2011.
- Andrés Matehus Medina, Tesis: *“Modelo de evacuación vertical y horizontal en caso de ocurrencia de Tsunami para las ciudades de Salinas y Bahía de Caráquez. Escuela Politécnica Del Ejercito”*, Sangolqui, Junio 2012.
- María Gabriela Ponce Adams, Tesis: *“Impacto de tsunami en la costa del Golfo de Guayaquil a partir del análisis de la sismicidad local aplicando simulación numérica”*. Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, 2011
- Código Ecuatoriano de la Construcción, 2011. Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente NEC-11.
- Joaquín Casal, Helena Montiel, Eulália Planas, Juan A. Vílchez, *“Análisis del riesgo en instalaciones Industriales”*. Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña, 1999.
- José Luis Pulido Montoya, Tesis: *“Prevención y control de incendios y explosiones en la producción y almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo- GLP”*, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú 2005.
- Eugene F. Megyesy, *“Manual de Recipientes a Presión. Diseño y Calculo”*. México, 1992.
- Jean-Yves Collot, Valentín Sallares, Nelson Pazmiño. *“Geología y geofísica marina y terrestre del Ecuador”* Guayaquil, 2009.