

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
CAMPUS LOS ÁNGELES
ESCUELA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA VEGETAL**



**RIESGO POR FUGAS ACCIDENTALES DE GAS LICUADO DE
PETRÓLEO HACIA TRABAJADORES DE DISTINTAS COMUNAS DE
LA PROVINCIA DEL BIOBÍO (CHILE).**

Profesor Guía: Adrián Silva Fernández
Magíster en Gestión Integrada:
Medio Ambiente, Riesgos
Laborales y Responsabilidad
Social en la Industria.

Profesora Co-Guía: Margarita Barrandeguy Haro
Máster en Gestión y Auditorías
Ambientales.

**SEMINARIO DE TÍTULACIÓN PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN
PREVENCIÓN DE RIESGOS**

RODOLFO ANDRÉS CONTRERAS JORQUERA.

LOS ÁNGELES – CHILE

2017

**RIESGO POR FUGAS ACCIDENTALES DE GAS LICUADO DE
PETRÓLEO HACIA TRABAJADORES DE DISTINTAS COMUNAS DE
LA PROVINCIA DEL BIOBÍO (CHILE).**

Profesor Guía

Adrián Silva Fernández
Profesor Asistente
Magíster en Gestión Integrada:
Medio Ambiente, Riesgos
Laborales y Responsabilidad
Social en la Industria

Profesor Co-guía

Margarita Barrandeguy Haro
Profesor Asistente
Master en Gestión y Auditorías
Ambientales

Jefe de Carrera

Juan Patricio Sandoval Urrea
Profesor Asistente
Ingeniero de Ejecución Forestal
Magister en Ergonomía

Director de Departamento

Pablo Andrés Novoa Barra
Profesor Asistente
Ingeniero de Ejecución Forestal
Magister en ciencias forestales
Magister en Ergonomía

Agradecimientos

Quiero agradecer en primera instancia a mi familia, por todo el apoyo incondicional que día a día me entregaron para terminar esta carrera. También me gustaría agradecer a mi profesor guía Sr. Adrián Silva, quien gracias a su excelente trabajo como docente de la Universidad de Concepción, pudo orientarme y hacer posible esta tesis. También quiero agradecer a la profesora Margarita Barrandeguy por su gran voluntad para ayudarme a recabar datos, y como no agradecer a todas esas personas que estuvieron presentes en mi formación y que aportaron su granito de arena, a Consuelo Pino por darme fuerza y esperanza en los momentos más difíciles, a Javier Quintana por su paciencia y buena voluntad de ayudarme, a Jonathan Ramírez y Daniel Maulén quienes en estos últimos años fueron cruciales para afrontar como equipo cualquier adversidad y desafíos impuestos por los docentes de la universidad, a todos “gracias de corazón”.

Por otra parte quiero dedicarle esta tesis a las siguientes personas: a mí querida “nonita” Luisa Aravena, quien me enseñó que no existe lo imposible y a mí querido tío Patricio Jorquera, por darme siempre esas palabras de aliento y ganas de salir adelante. A estos dos angelitos que ahora me cuidan y protegen desde el cielo les puedo decir que ya soy “Ingeniero”.

Gracias.

ÍNDICE.

I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	2
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
3.1 Área de estudio.....	7
3.2 Tipo de estudio.....	7
3.3 Criterios de Inclusión.....	7
3.4 Instrumentos y Procedimientos.....	8
3.5 Obtención de la información mediante consultas a organismos del estado.....	8
3.6 Obtención de la información mediante consultas a empresas.....	8
3.7 Obtención de la información mediante salidas a terreno.....	9
3.8 Evaluación cualitativa del riesgo por inhalación de GLP.....	9
i) Nota Técnica de Prevención N° 937.....	9
ii) Programa de Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local (APELL).....	11
3.9 Evaluación cuantitativa del riesgo por exposición a GLP.....	13
i) Software especializado Slab View.....	13
ii) Información meteorológica.....	14
iii) Variables fisicoquímicas de GLP.....	16
iv) Niveles de exposición a GLP y sus principales síntomas para la salud humana.....	17
v) Mapa georreferenciado.....	18

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1 Almacenamiento de GLP.....	19
4.2 Riesgo por inhalación de GLP mediante el método basado del Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), de la Nota Técnica N° 937.....	21
4.3 Análisis del riesgo por fuga de gas desde estanques de almacenamiento de GLP en cuatro comunas de la Provincia del Biobío, mediante metodología APELL.....	23
4.4 Niveles de riesgo más desfavorables para las diferentes comunas de la Provincia del Biobío.....	27
4.5 Comportamiento de las modelaciones realizadas con el software Slab View para fugas de GLP.....	29
4.6 Modelación de los casos más peligrosos.....	33
4.7 Georreferenciación de mapas mediante metodología APELL y software especializado Slab View.....	35
4.8 Plan de emergencia y primera respuesta para trabajadores, ante un evento de fuga de gas de GLP.....	42
4.9 Plan de emergencia Comunal.....	43
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. REFERENCIAS.....	46
VII. ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Caracterización del riesgo por inhalación.....	11
Tabla 2. Consecuencias para la vida y la salud mediante metodología APELL	12
Tabla 3. Velocidad de desarrollo mediante metodología APELL.....	13
Tabla 4. Probabilidad de ocurrencia mediante metodología APELL.....	13
Tabla 5. Promedio de las variables meteorológicas en las estaciones de invierno y verano.....	15
Tabla 6. Variables fisicoquímicas del GLP.....	16
Tabla 7. Tiempo de exposición a diferentes concentraciones de GLP.....	17
Tabla 8. Descripción de los síntomas por exposición a GLP.....	18
Tabla 9. Puntos de almacenamiento de GLP por comunas.....	20
Tabla 10. Caracterización del riesgo por inhalación de GLP.....	22
Tabla 11. Clasificación de la probabilidad de ocurrencia en Cabrero.....	23
Tabla 12. Clasificación de la probabilidad de ocurrencia en Laja.....	24
Tabla 13. Clasificación de la probabilidad de ocurrencia en Mulchén.....	24
Tabla 14. Clasificación de la probabilidad de ocurrencia en Nacimiento.....	25
Tabla 15. Clasificación del riesgo según prioridad y consecuencia para Cabrero.....	25
Tabla 16. Clasificación del riesgo según prioridad y consecuencia para Laja.....	26
Tabla 17. Clasificación del riesgo según prioridad y consecuencia para Mulchén.....	26

Tabla 18. Clasificación del riesgo según prioridad y consecuencia para
Nacimiento.....27



ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Esquema del modelo simplificado del riesgo por inhalación.....	10
Figura 2. Matriz de riesgo APELL.....	12
Figura 3. Distribución del viento en la estación de verano.....	15
Figura 4. Distribución del viento en la estación de invierno.....	15
Figura 5. Diferencia en porcentajes para estanques de 2 y 4 m ³ por comunas.....	21
Figura 6. Objetos de riesgo para diferentes comunas de la provincia del Biobío.....	28
Figura 7. Dispersión de GLP desde una fuga ocurrida en 60 segundos para un estanque de 2 m ³ en una condición estable de invierno.....	30
Figura 8. Dispersión de GLP desde una fuga ocurrida en 180 segundos para un estanque de 2 m ³ en una condición estable de invierno.....	30
Figura 9. Dispersión de GLP desde una fuga ocurrida en 300 segundos para un estanque de 2 m ³ en una condición estable de invierno.....	31
Figura 10. Dispersión de GLP desde una fuga ocurrida en 60 segundos para un estanque de 4 m ³ en una condición estable de invierno.....	31
Figura 11. Dispersión de GLP desde una fuga ocurrida en 180 segundos para un estanque de 4 m ³ en una condición estable de invierno.....	32
Figura 12. Dispersión de GLP desde una fuga ocurrida en 300 segundos para un estanque de 4 m ³ en una condición estable de invierno.....	32
Figura 13. Tiempo de permanencia en invierno para concentraciones de 19000 ppm.....	34

Figura 14. Tiempo de permanencia en invierno para concentraciones de 10000 ppm.....34

Figura 15. Distancias máximas y mínimas para concentraciones de 19000 ppm.....35

Figura 16. Distancias máximas y mínimas para concentraciones de 10000 ppm.....36

Figura 17. Concentración detectadas en el tiempo para estanques de 4 m³.....37

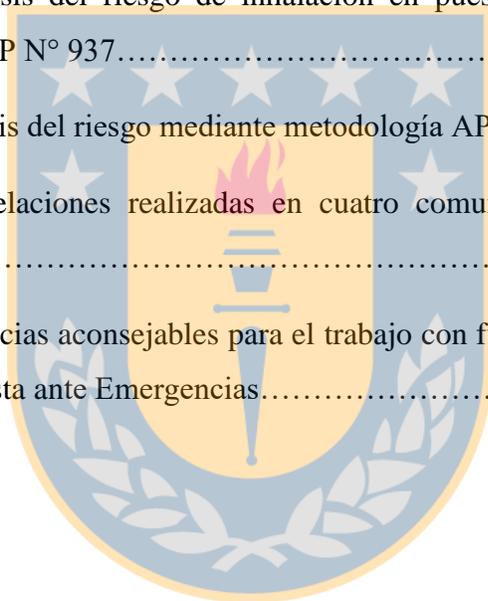
Figura 18. Concentración detectadas en el tiempo para estanques de 2 m³.....37

Figura 19. Ubicación de los estanques.....41



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Solicitud de datos a empresas CMPC Nacimiento.....	49
Anexo 2: Formulario para la evaluación de riesgo mediante metodología APELL.....	50
Anexo 3: Coordenada de los estanques de Gas Licuado de Petróleo en la Provincia del Biobío.....	51
Anexo 4: Análisis del riesgo de inhalación en puestos de trabajo mediante metodología NTP N° 937.....	54
Anexo 5: Análisis del riesgo mediante metodología APELL.....	55
Anexo 6: Modelaciones realizadas en cuatro comunas de la Provincia del Biobío.....	59
Anexo 7: Distancias aconsejables para el trabajo con fugas de GLP mediante la Guía de Respuesta ante Emergencias.....	96



RESUMEN.

Se evaluaron los riesgos de fugas de gas licuado de petróleo hacia los trabajadores y la comunidad de distintas ciudades de la provincia del Biobío, Chile. Donde se utilizaron tres metodologías, dos de carácter cualitativo y una de carácter cuantitativo. La información fue recopilada de fuentes públicas y privadas para su desarrollo, además de visitas a terreno para corroborar la información entregada de los estanques. Para este estudio se consideraron estanques de GLP con capacidades volumétricas de 2 m³ y 4 m³. Se aplicaron las metodologías para el análisis de riesgo según la NTP N°937 del INSHT (España), el programa APELL del PNUMA y el software especializado SLAB VIEW para modelar el comportamiento espacial y temporal de una fuga de GLP.

Se identificaron 41 estanques de GLP. De los resultados mediante la metodología de la NTP N°937 se obtuvo, que el puesto con mayor riesgo de inhalación es el de la asesora del hogar con un riesgo moderado y una prioridad de acción clase 2. Del análisis utilizando la metodología APELL se obtuvo, que en las cuatro comunas en estudio tendrían un efecto sobre los trabajadores y la comunidad con un nivel de prioridad clase B y C. De la metodología empleada para el software SLAB VIEW se obtuvo, que la estabilidad atmosférica estable es la más peligrosa. Además, de que las bajas temperaturas ayudan a que las concentraciones de GLP de 19000 ppm y 10000ppm perduren más en el tiempo, si se encuentran en la estación de invierno.

Palabras claves: Riesgos laborales, Fuga de gases, gases densos peligrosos, GLP, APELL, NTP 937, SLAB VIEW.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia humana, el hombre ha ido transformando y atravesando diversas etapas; desde la aparición de las primeras comunidades sedentarias, hasta el día de hoy, en el que la tecnología predomina, alterándose poco a poco el balance natural establecido entre el ecosistema y el ser humano (Alfayate, González, Orozco, Pérez y Rodríguez, 2004). Al desarrollarse la revolución industrial, comenzaron a verse los primeros impactos negativos a nivel global, debido a la mecanización masiva, la migración campo-ciudad y la utilización de combustibles fósiles, ocasionando un agravamiento en la contaminación localizada (Otero, 2001).

Debido a los acontecimientos posteriores a la revolución industrial, en donde la industrialización aumentó a nivel mundial, la contaminación ambiental se dejó ver de manera más potente, generando preocupación por el deterioro del planeta, por ello, en 1972, la Organización de las Naciones Unidas estableció el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la cual actúa como catalizador, defensor, educador y facilitador para promover el uso sensato y el desarrollo sostenible del medio ambiente global. (ONU, 2017).

Los conflictos ambientales globales que se han presentado a lo largo de la historia son el reflejo del enfrentamiento entre la economía, el desarrollo y el medio ambiente; éstos son provocados principalmente por el equivocado manejo que el hombre ha dado al ecosistema planetario, lo cual ha generado graves consecuencias que ponen en riesgo la salud humana (Amparo, 2007). Ejemplo de ello es el ocurrido la madrugada del 19 de noviembre de 1984, en San Juan Ixhuatepec, México, donde se registró una de las explosiones de Gas Licuado de Petróleo GLP más grandes de su historia, la fuga producto de una sobresaturación en uno de sus estanques dio paso a una nube de 2 metros de alto, que culminó en una brusca explosión, dejando a 503 personas muertas y más de 7000 heridos (López, Vásquez y Días, 2012).

Chile no ha estado ajeno a este tipo de accidentes, ejemplo de ello es el ocurrido en diciembre del 2016 en la ruta 68. El accidente ocurrió cuando el vehículo de la empresa Abastible volcara producto de que el chofer perdiera el control de su vehículo en una curva, iniciando a una serie de explosiones debido a la ruptura de las válvulas tras la caída. El accidente terminó sin lesionados y con la pérdida total del vehículo (Emol, 2016).

Según Villafañe (2013), un accidente puede ser definido como un evento tal, como una fuga o vertido, resultante de un proceso no controlado durante el funcionamiento de cualquier establecimiento, implicando una o más sustancias peligrosas, y cuyas consecuencias representan un peligro para las personas, el medio ambiente y los bienes. Uno de los orígenes de los accidentes son las fugas de sustancias en forma de escape (gases o vapores), los cuales están determinados por las condiciones y el estado físico del fluido fugado, la naturaleza química y el tipo de sistema de contención en el que se presenta la fuga (Storch y García, 2008). Las sustancias liberadas a la atmósfera, producto de fugas, poseen diversas características como densidad, temperatura y presencia de gotas, que determinan el comportamiento de la nube de gas formada (Aparicio, Bandoni, Carrari y Tonelli, 2004); una de las características principales que condicionan la conducta de un gas es la densidad, distinguiéndose tres clasificaciones; gases ligeros, neutros y pesados o densos (Nota Técnica de Prevención [NTP] 329, 1994).

En ocasiones, el riesgo de que se produzca un derrame o fuga no es valorado en justa medida, subestimándose o simplemente obviándose; observándose planes de emergencia de instalaciones industriales, dónde la única emergencia de carácter tecnológico que se contempla es el incendio (García, 1999). Por este motivo es que el presente estudio tiene un enfoque especial hacia el GLP y el potencial daño que podría tener hacia los trabajadores producto de una liberación accidental o fuga del gas en sectores, industriales,

educacionales y de salud, viéndose afectados por laborar en las cercanías de donde se encuentran estos estanques de GLP.

En el año 1988, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente creó el programa APELL, Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local (Awareness and Preparedness for Emergencias at Local Level por sus siglas en inglés); éste permite enfrentar tanto, riesgos derivados de accidentes tecnológicos, como de desastres socio-naturales que afectan, o podrían afectar a las comunidades, permitiendo desarrollar planes de reducción de riesgo en instalaciones industriales, transporte de materiales peligrosos y puertos (PNUMA, 2003). Consta de un proceso progresivo, organizado en 10 pasos o etapas que permiten fortalecer las capacidades locales de prevención de accidentes e implementar medidas de respuesta en diversas situaciones de emergencia, donde en el paso 2 se identifican, tanto los posibles accidentes como la probabilidad de su ocurrencia y las consecuencias que podrían tener sobre las comunidades y su entorno natural y construido (Damiano, G. Santandreu, A. & Bravo, M., et al, 2014).

En la tercera y última de la serie de notas técnicas del Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo (INSHT) de España, se publica la nota técnica de prevención (NTP) N°937 del 2012, que dice sobre la relación con la utilización de modelos cualitativos o simplificados para la evaluación de exposición inhalatoria por agentes químicos (Cavallé, 2012), describiendo un método de análisis basado en el *Institut National de Recherche et de Sécurité* de Francia (INRS), el cual pretende que la evaluación sea más completa, pero sin aumentar la complejidad de la misma, realizando un diagnóstico de la situación de riesgo químico a partir de variables como, riesgo potencial, propiedades físico químicas de la sustancia, procedimiento de trabajo, medios de protección colectiva y un factor de corrección, en función al Valor límite Ambiental (VLA) del químico, cuando éste fuese muy pequeño, $< 0,1 \text{ mg/m}^3$ (Sousa y Tejedor, 2012).

En el estudio de Silva et al., (2017), realizado en el radio urbano de la ciudad de Los Ángeles, se determinó cuantitativamente a través del software SLAB VIEW los riesgos hacia los trabajadores y la comunidad por emisiones accidentales de GLP, desde fuentes de almacenamiento dentro de la ciudad. En el estudio se obtuvo que el comportamiento espacial y temporal de las fugas de GLP dependen de gran manera de la estabilidad atmosférica, la cual influye principalmente en el comportamiento y las concentraciones de la nube que puedan afectar a la salud los trabajadores y la comunidad.

El software SLAB VIEW es la interfaz de Lakes Environmental para el modelo SLAB, el modelo regulatorio de la EPA de Estados Unidos para descargas accidentales que describe la dispersión de sustancias tóxicas más pesadas que el aire (Lakes Environmental, 2011) y que permite predecir zonas de alto riesgo cuando se generan emisiones accidentales de gases, como por ejemplo: fugas, explosiones y/o rompimiento de válvulas.

El modelo toma como base de partida los planteamientos llevados a cabo por Zeman (1982) para fugas de gases a baja temperatura más pesados que el aire. Posteriormente, el grupo liderado por Ermak y Chan (1982 y 1988) lo implementaron en un programa informático denominado SLAB, que originalmente fue desarrollado para resolver fugas continuas considerando un comportamiento unidimensional, esto es, promediando las propiedades en las direcciones horizontal y vertical (Doval, 2003).

El modelo SLAB está basado en un conjunto de ecuaciones diferenciales simultáneas de conservación de la masa total de la especie de interés, de la energía y de momento, a las que se añaden otras ecuaciones suplementarias, esto es, la ecuación de estado (sin considerar variaciones de presión), la ecuación que establece el caudal de entrada de aire en la nube y la que define los perfiles de concentración en las tres direcciones del espacio. Respecto a la entrada de aire, los algoritmos de SLAB distinguen entre la

entrada vertical en la superficie y la entrada transversal y longitudinal al viento por los bordes de la nube (Ermak, 1990). Las modificaciones introducidas por Ermak y Chan en el programa informático permiten tratar también nubes instantáneas, de duración finita procedente de fugas superficiales a nivel de suelo (por ejemplo, la evaporación desde charcos) y flujos tipo jet. Permitiendo también describir el comportamiento de nubes ligeras o neutras (Doval, 2003).

El software SLAB VIEW es una herramienta ideal para el modelado de emergencias accidentales por liberación de sustancias químicas, también para predecir las zonas afectadas, la perduración en el tiempo y la migración de sustancias químicas. Este software contiene muchas funciones que harán para el usuario una herramienta fácil de entender, ayudando a confeccionar gráficos y presentaciones para su interpretación.

Por consiguiente el objetivo general de este estudio fue realizar una evaluación cualitativa y cuantitativa del riesgo de impacto que pueda ocasionarse hacia los trabajadores y comunidad, en las ciudades de Nacimiento, Cabrero, Laja y Mulchén, por emisiones accidentales desde fuentes de almacenamiento de GLP. Teniendo en cuenta lo anterior, se establece para los objetivos específicos i) Modelar fugas de GLP y determinar los casos más peligrosos para los trabajadores y la comunidad, ii) Generar una base de datos con la localización de las instalaciones donde se almacena GLP clasificando el riesgo para los trabajadores y la comunidad y iii) Elaborar un plan de emergencia para los trabajadores y la comunidad en estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el radio urbano de 4 comunas de la Provincia del Biobío: Cabrero, con una población de 21.492 habitantes; Laja, con una población de 17.248 habitantes; Mulchén, con una población de 22.950 habitantes y Nacimiento, con una población de 23.049 habitantes según el censo aplicado en el año 2012 (INE, 2012). Específicamente el estudio se realizó en los puntos donde se almacena gas licuado de petróleo, los cuales en caso de una fuga accidental, el gas se desplazaría por los alrededores de las instalaciones, pudiendo generar intoxicación o un peligro por explosión hacia los trabajadores y la comunidad.

Tipo de estudio

La investigación corresponde a un estudio de tipo descriptivo, transversal, enmarcado en un diseño no experimental, enfocado principalmente hacia los trabajadores y en un segundo plano hacia la comunidad, en caso de una liberación accidental de GLP, utilizando variables cualitativas y cuantitativas.

Criterios de inclusión

Se consideraron aquellas empresas, hospitales, establecimientos educacionales, lugares comerciales y condominios, que se encuentren dentro de la zona urbana de dichas comunas. En el caso de almacenamiento de GLP se evaluarán aquellos estanques con capacidad volumétrica de 2 y 4 m³ en el caso de registrar estanques con capacidades > 4 m³, también estarán sujeto al estudio. Para la evaluación de los estanques subterráneos se entenderán que poseen una capacidad volumétrica de 4m³ según la información entregada por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

Instrumentos y procedimientos

Para el análisis del riesgo, producto de una fuga accidental de GLP, este estudio se compuso de una parte cualitativa, donde se emplearon dos metodologías, siendo una de ellas el programa APELL y una segunda metodología correspondiente a la Nota Técnica de Prevención N°937. Una segunda parte de carácter cuantitativo, fue elaborada bajo un modelo espacial y temporal para evidenciar el comportamiento de los gases fugados utilizando el software especializado Slab View. Los resultados obtenidos fueron graficados y expresados bajo el nivel de riesgos para cada comuna, cabe mencionar que los estanques de GLP registrados, fueron georreferenciados dentro de cada comuna en estudio utilizando la herramienta Google Earth Pro®. De esta manera se pudo evidenciar el comportamiento de la pluma, producto de una fuga. Dicho lo anterior se realizó el siguiente procedimiento:

Obtención de información mediante consulta a organismos del estado

Para poder identificar los estanques presentes en cada una de las comunas se debió realizar una solicitud de la información a los siguientes organismos del estado:

- Instituto Nacional de Estadísticas (INE)
- Ministerio de Energía; Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)
- Oficina de Información, Reclamos y Sugerencias (OIRS); Ministerio de Salud.

Obtención de la información mediante consulta a empresas

A las empresas que poseen, dentro de sus instalaciones, estanques de GLP, se les envió una carta solicitando la información requerida para el estudio (Anexo 1).

Obtención de la información mediante salidas a terreno

Una vez obtenida la información de los pasos anteriores, se llevó a cabo un recorrido en la zona urbana de cada una de las comunas y en todos los puntos entregados por las organizaciones. A su vez, con la ayuda de un GPS marca Garmin, modelo GPSmap 62sc, se buscó posicionar los estanques de GLP en coordenadas UTM para la confección de un mapa de riesgo.

Evaluación cualitativa del riesgo por inhalación de GLP

i) Nota Técnica de Prevención N°937

Basado en el método del INRS, publicado por el INSHT en la NTP N° 937 del 2012. Se evaluó el riesgo por inhalación hacia los trabajadores, producto de fugas accidentales de GLP desde las fuentes que lo almacenan.

Para la evaluación del riesgo por inhalación se consideró lo siguiente:

- a) La liberación de gas desde estanques de 2 m^3 y 4 m^3 y riesgos para los puestos de trabajo ubicados en las cercanías del estanque en un radio de 100 metros, determinándose los puestos de trabajo que mayormente se verían afectados en una jornada laboral.
- b) Se estimó el riesgo por inhalación, tomando en cuenta los siguientes aspectos: Capacidad volumétrica de los estanques, puestos de trabajo y la frecuencia de utilización del gas en una jornada laboral.

Teniendo en cuenta que los procedimientos de trabajo se realizaron en un medio dispersivo, donde el primer mecanismo de acción es el de ventilación para ambos casos, se realizó una evaluación simplificada del riesgo considerando los procedimientos de trabajo, una simulación de gas denso y mecanismos de ventilación de acuerdo a la clasificación entregada por la metodología, donde se tomaron en cuenta las siguientes variables: Riesgo potencial, propiedades físico-químicas, procedimiento de trabajo, medios de protección colectivas (ventilación) y un factor de corrección ($F_{c_{vla}}$) cuando el

valor límite ambiental (VLA) del agente químico fuese muy pequeño (inferior a 0,1 mg/m³).

Para cada variable se debió establecer clases y una puntuación asociada a cada una de ellas. Por tanto, la puntuación del riesgo se obtuvo a partir de estas cuatro variables, más un factor de corrección que se aplicará para cada caso. En la siguiente Figura 1 se muestra el esquema empleado.

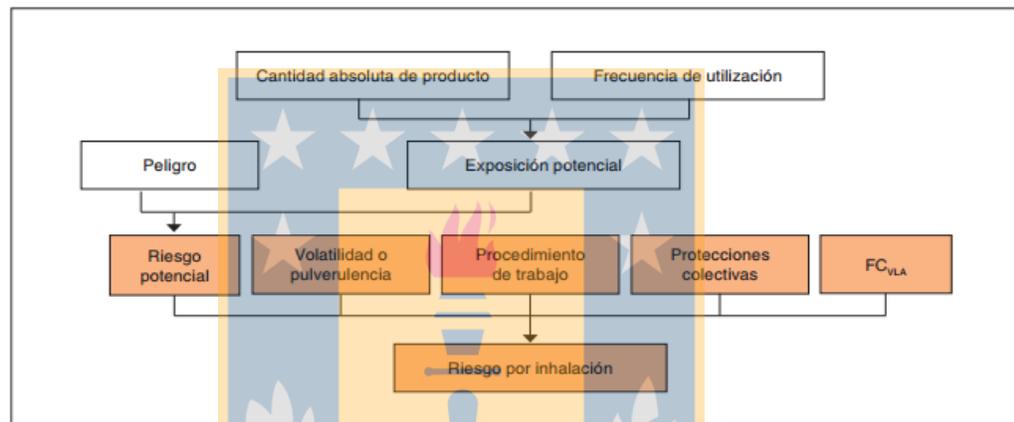


Figura 1. Esquema del modelo simplificado del riesgo por inhalación.

De este modo, una vez obtenidas las puntuaciones de las clases de riesgo de cada variable, se calculó la puntuación del riesgo por inhalación a través de la siguiente fórmula:

$$P_{inh} = P_{riesgo\ pot.} \times P_{volatilidad} \times P_{proced} \times P_{prot.\ colec.} \times FC_{VLA}$$

Dónde:

P_{inh} : puntaje del riesgo por inhalación; $P_{riesgo\ pot.}$: puntaje del riesgo potencial; $P_{volatilidad}$: puntaje de las características de volatilidad de la sustancia; P_{proced} : puntaje según el procedimiento de utilización; $P_{prot.\ Colec.}$: puntaje de la protección colectiva; FC_{VLA} : factor de corrección del Valor Límite Ambiental.

Para cada puntuación del riesgo por inhalación obtenida en cada una de las situaciones, se caracterizó el nivel de riesgo según la Tabla 1, en riesgo *a priori* bajo, moderado o probablemente muy elevado.

Tabla 1. Caracterización del riesgo por inhalación.

Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
> 1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
> 100 y \leq 1.000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)
\leq 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

ii) Programa de **Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local (APELL)**

Para la evaluación e identificación de los peligros a causa de una liberación total del gas almacenado en estanques, se utilizó la metodología APELL, para poder distinguir aquellas fuentes que puedan afectar tanto a las personas como a la comunidad. Fueron considerados aquellos objetos riesgosos que almacena GLP con capacidades volumétricas de 2 m³ y 4 m³, para completar el formulario de identificación y evaluación de riesgos (Anexo 2). Considerando los siguientes puntos:

- Localización de los objetos riesgosos.
- Tipos de operación y riesgos asociados.
- Zonas de riesgo y objetos amenazados al interior y exterior del sitio (personas).
- La asignación de un rango a los objetos de riesgos de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia de un accidente y la estimación de sus consecuencias para las personas (Figura 2).

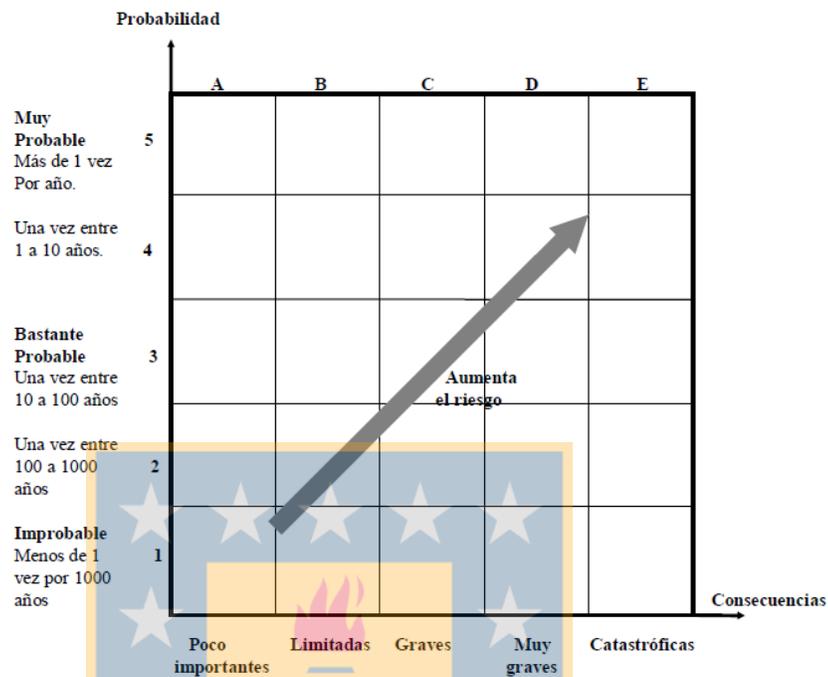


Figura 2. Matriz de riesgo APELL.

Se utilizó la matriz de riesgo entregada por la metodología APELL para poder clasificar las consecuencias de un potencial accidente, la velocidad en que se pueda desarrollar y la probabilidad de que éste se materialice. (Tablas 2-3 y 4)

Tabla 2. Consecuencias para la vida y la salud mediante metodología APELL.

Clase		Características
1.	Poco importantes	Padecimientos ligeros durante un tiempo.
2.	Limitadas	Algunas lesiones, malestar que perdura.
3.	Graves	Algunas heridas graves, serias complicaciones.
4.	Muy graves	Algunas muertes (más de 5), varios heridos (20) de gravedad y hasta 500 evacuados.
5.	Catastróficas	Varias muertes (más de 20), cientos de heridos graves y más de 500 evacuados

Tabla 3. Velocidad de desarrollo mediante metodología APELL.

Clase		Características
1.	Advertencia precisa y anticipada	Efectos contenidos/ ningún daño.
3.	Media	Alguna propagación/ pocos daños.
5.	Sin advertencia	Desconocidos hasta que los efectos se han desarrollado completamente/efectos inmediatos (explosión).

Tabla 4. Probabilidad de ocurrencia mediante metodología APELL.

Clase		Cálculo aproximado de la frecuencia
1.	Improbable	Menos de una vez cada 1000 años.
2.		Una vez cada 100 a 1000 años.
3.	Bastante probable	Una vez cada 10 a 100 años.
4.		Una vez cada 1 a 10 años.
5.	Muy probable	Más de una vez por año.

Las celdas en blanco no poseen clasificación según metodología (2 y 4).

Evaluación cuantitativa del riesgo por exposición a GLP

i) Software especializado Slab View.

Para la modelación e identificación del comportamiento espacial y temporal de una fuga de gas de GLP, se requirió de una variada cantidad de datos, los cuales posteriormente fueron incorporados al software para su eventual procesamiento. Los datos requeridos fueron los siguientes:

- Coordenadas georreferenciadas del lugar en donde fueron obtenidas (UTM), para poder identificarlas en el software Google Earth Pro®.
- El radio estimado de afectación de la fuga en metros o kilómetros.
- Tipo de fuga. Para motivos de este estudio se utilizaron fugas de tipo horizontal.
- Propiedades fisicoquímicas del GLP.

- El tiempo que conlleva la fuga. Las cuáles serán de 60, 180 y 300 segundos, considerando una liberación total del gas desde el estanque
- Cantidad de la sustancia liberada.
- Tipos de estanques, aéreo, subterráneo o superficial.
- Topografía del terreno.
- Y finalmente, variables meteorológicas, tales como, velocidad del viento, temperatura y humedad del ambiente.

ii) Información meteorológica.

El software Slab View requirió de datos meteorológicos para su eventual procesamiento en la modelación de fugas de gas, tales como, la humedad relativa del ambiente, la velocidad y dirección del viento y temperatura ambiental. Estos datos fueron necesarios para poder distinguir y evidenciar la conducta que posiblemente podría llevar a cabo una pluma, producto de una fuga de gas, la cual quedó registrada en la modelación del programa. A estas variables meteorológicas se les debió incorporar además condiciones climáticas como por ejemplo la estabilidad atmosférica, las cuales pudieron ser estables, neutras, inestables y muy inestables.

En el estudio de Silva *et al.*, (2017), realizado en la zona urbana de Los Ángeles, Chile, se realizaron modelaciones del riesgos hacia los trabajadores y la comunidad por fugas de gas licuado de petróleo, a través del software Slab View, donde se obtuvieron los datos meteorológicos a utilizar en este estudio. En cuanto a las condiciones climáticas, solo se consideró una estabilidad atmosférica estable en las estaciones del año de verano e invierno (Tabla 5) con una predominancia en la dirección de los vientos de 200° en verano y 180° en invierno ver Figuras 3 y 4.

Tabla 5, Promedio de las variables meteorológicas en las estaciones de invierno y verano.

Estación del año	Temperatura (C°)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del Viento (m/s)
Verano	19,35	59,20	2,60
Invierno	8,84	79,93	2,43

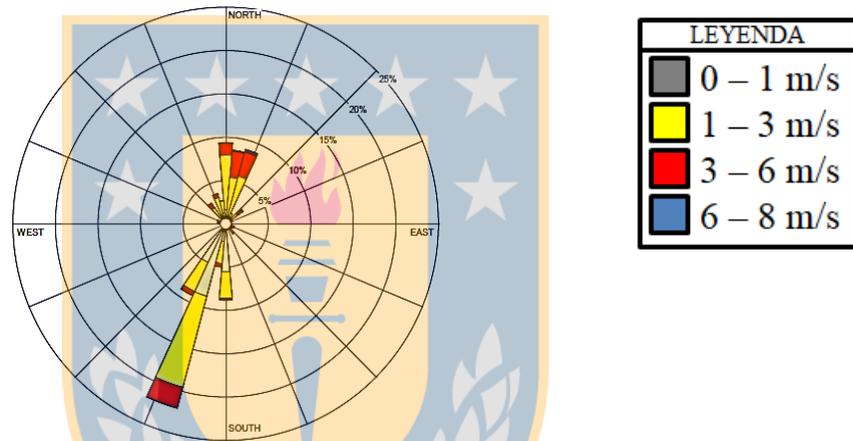


Figura 3. Distribución del viento en la estación de verano.

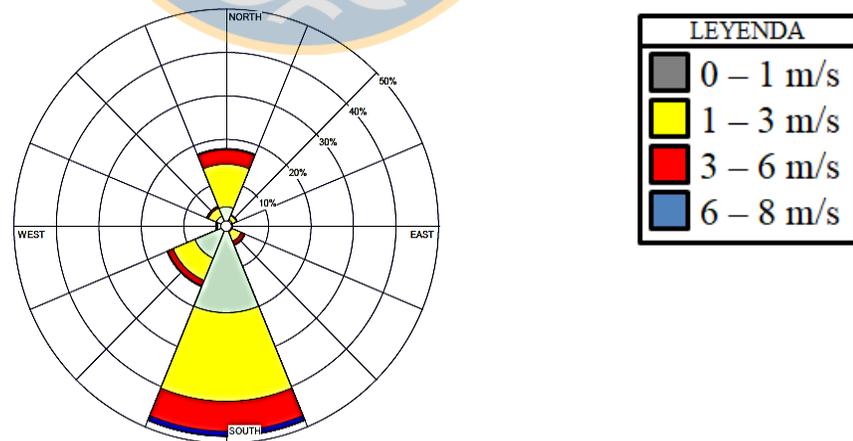


Figura 4. Distribución del viento en la estación de invierno.

iii) Variables fisicoquímicas del GLP.

Para poder realizar el modelamiento correspondiente a una fuga de GLP, se requirió de información específica de este hidrocarburo las cuales fueron recabadas mediante una revisión de la literatura disponible en servicios online como lo es por ejemplo la empresa AFROX, en su séptima edición del 2016 “Manual de referencia de productos”. También se consultó el estudio realizado por Quintana et al., (2017), donde se especifica las variables fisicoquímicas a utilizar (Tabla 6).

Tabla 6. Variables fisicoquímicas del GLP.

VARIABLES	Valor	Unidad
Peso Molecular	44,09	Gramos por Mol (g/mol)
Calor Especifico (Vapor)	1641,2	Joule por kilogramo (J/kg-K)
Punto de Ebullición	231,05	Grados kelvin (K)
Calor de Vaporización	$4,004 \times 10^5$	Joule por kilogramo (J/kg)
Calor Especifico(Líquido)	2430	Joule por kilogramo (J/kg-K)
Densidad Líquida	536	Kilogramo por Metro Cúbico (kg/m ³)
Límite inferior de explosividad	1,8	Porcentual (%)
Límite superior de explosividad	9,5	Porcentual (%)

Niveles de exposición a GLP y sus principales síntomas para la salud humana.

Para poder determinar los niveles de exposición y los daños que podrían causar hacia la salud de los trabajadores, se utilizaron los niveles de referencia de exposición aguda (AEGL, Acute Exposure Guideline Levels) perteneciente a la agencia de protección medioambiental de los Estados Unidos (EPA). Donde se describen los niveles de exposición expresados en partes por millón y el tiempo de permanencia para las personas (Tabla 7), además de la sintomatología que conllevarían los diferentes niveles de exposición a GLP (Tabla 8). La clasificación de ésta se separa en 3 niveles, siendo el nivel 1 el menos grave y el nivel 3 el más grave. Cabe destacar que estos datos son el esfuerzo colaborativo entre el sector privado y público de todo el mundo para establecer los AEGL.

Tabla 7. Tiempos de exposición a diferentes concentraciones de GLP.

Tiempo \ Niveles	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 1	10.000ppm	6.900ppm	5.500ppm	5.500ppm	5.500ppm
AEGL 2	24.000ppm	17.000ppm	17.000ppm	17.000ppm	17.000ppm
AEGL 3	77.000ppm	53.000ppm	53.000ppm	53.000ppm	53.000ppm

Tabla 8. Descripción de los síntomas por exposición a GLP.

A EGL	Descripción de consecuencias
Nivel 1	Efectos no incapacitantes con molestias notables, irritación o ciertos efectos no sensoriales asintomáticos.
Nivel 2	Efectos adversos graves o irreversibles para la salud, impide la capacidad de escapar.
Nivel 3	Efectos sobre la salud que pueden poner en peligro la vida o provocar la muerte.

Mapa georreferenciado.

Los resultados obtenidos a través de la metodología APELL y las modelaciones realizadas bajo el software Slab View, fueron incorporados al software Google Earth Pro®, detallando las ubicaciones de los estanques de GLP, el nivel de riesgo para cada comuna y la eventual pluma producto de una fuga de gas para cada uno de los estanques.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Almacenamiento de GLP

A través de la metodología empleada en este estudio, la información disponible en sitios web y literatura, la constatación en terreno y las respuestas entregadas por las diferentes empresas consultadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

De acuerdo a la información solicitada y entregada por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) se determinó que en las ciudades de Cabrero, Laja, Mulchén y Nacimiento, existen zonas de almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en distintos puntos del radio urbano. Respecto a las solicitudes enviadas a CMPC Laja (18H0703064/5871185) y Nacimiento (18H0707321/ 5845674), de la Provincia del Biobío no se obtuvieron respuesta de los datos solicitados. Por otra parte, las solicitudes realizadas a través de la ley de transparencia de la página online del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), no fue respondida satisfactoriamente por lo que no se puede concluir con los datos encontrados en el sitio web.

De la información entregada por la SEC y la constatación en terreno se lograron identificar 41 puntos en total de las 4 comunas (Tabla 9). Estos estanques fueron clasificados según sus capacidades volumétricas respectivamente, el detalle de los puntos y su localización se encuentra en el Anexo 3.

Tabla 9. Puntos de almacenamiento de GLP por comunas.

Comunas	2 m ³	4 m ³	Número de puntos
Cabrero	4	6	10
Laja	7	1	8
Mulchén	10	5	15
Nacimiento	6	2	8
Total			41

De la información obtenida de estos puntos se obtuvo que, para la comuna de Cabrero un 60% corresponde a estanques de 4 m³, mientras que para el 40% restante corresponde a estanques de 2 m³. Esto quiere decir, que el 40% de los estanques de la comuna son de uso comercial (supermercados), educacionales (liceos), ACHS e iglesia mormónica. Para la comuna de Laja, el 12% de los puntos obtenidos corresponden a estanque de 4 m³ y un 88% corresponde a estanques de 2 m³. Se asocia que el 12% de los estanques evaluados, su uso corresponde a lugares comerciales (supermercados). Por otra parte, para la comuna de Mulchén, el 33% de los estanques corresponden a capacidades volumétricas de 4 m³, mientras que para el 67% corresponden a estanques de 2 m³, también se pueden identificar que los estanques con capacidades volumétricas de 4 m³, poseen un uso de carácter comercial (supermercados), educacional (colegios), iglesia mormónica y hotelera. Finalmente, para la comuna de Nacimiento se obtuvo que el 25% de los estanques estudiados corresponden a capacidades volumétricas de 4 m³, mientras que un 75% de los estanques corresponde a capacidades volumétricas de 2 m³. Por lo tanto, se puede asociar que el uso de los estanques de 4 m³ es principalmente de uso de condominios del sector urbano (Figura 5).

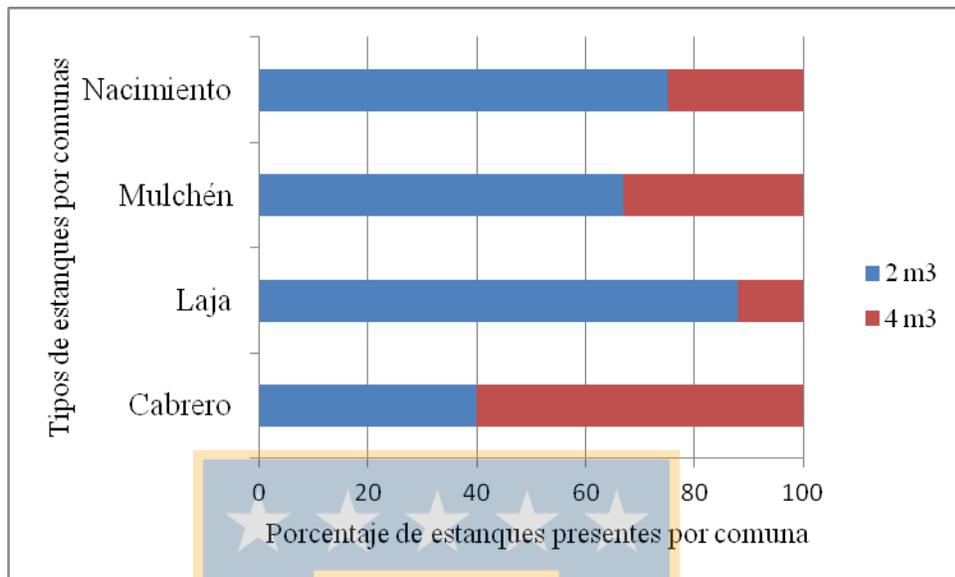


Figura 5. Diferencia en porcentajes para estanques de 2 y 4 m³ por comunas.

Riesgo por inhalación de GLP mediante el método basado del Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), de la nota técnica N°937.

Basado en el método del INRS se realizó un análisis del riesgo por inhalación a aquellos puestos de trabajo que se encuentran expuestos en caso de una fuga de gas. De los 9 puestos de trabajo a evaluar se consideró para este estudio que todos ellos se encuentran de igual forma en las 4 comunas, detalle entregado en el Anexo 4.

En la tabla 10, se exponen los resultados obtenidos de 9 puestos de trabajo, donde en el puesto 6 (asesora del hogar) se encuentra caracterizada a una exposición de riesgo moderado, donde necesita probablemente medidas correctoras y/o evaluación más detallada, producto de la ausencia de ventilación mecánica.

Cabe destacar que la utilización del GLP en el caso de asesora del hogar este puesto de trabajo es de alrededor de 2 a 3 horas/día, por lo que su alto puntaje radica en que se encuentra en un ambiente cerrado con poca ventilación, a diferencia de los otros puestos de trabajo que laboran a la intemperie o alejados de la fuente de almacenamiento. Como lo es por ejemplo, el puesto de trabajo del aseador (a) de vías públicas, que si bien trabaja a la intemperie, su tiempo de permanencia en un solo punto es bastante bajo, debido a que debe estar en constante movimiento y desplazándose hacia otros lugares. Estos resultados coinciden con los llevados a cabo en el estudio de Silva et al., (2016).

Tabla 10. Caracterización del riesgo por inhalación de GLP.

Nº	Puesto de trabajo	Puntuación del riesgo	Caracterización del riesgo
1	Conductor de carga/descarga de gas	700	Riesgo moderado
2	Ayudante de carga/descarga del gas	700	Riesgo moderado
3	Aseador de vías publicas	70	Riesgo a priori bajo
4	Guardia de seguridad	700	Riesgo moderado
5	Jardinero	700	Riesgo moderado
6	Asesora del hogar	1000	Riesgo moderado
7	Trabajador del área de la salud	700	Riesgo moderado
8	Trabajador del área educacional	700	Riesgo moderado
9	Funcionarios de supermercados	700	Riesgo moderado

Análisis del riesgo por fuga de gas desde estanques de almacenamiento de GLP en cuatro comunas de la Provincia del Biobío, mediante metodología APELL.

Por medio de la metodología APELL se logró identificar y evaluar el riesgo por fuga en 41 puntos, detalles en el Anexo 5.

De la comuna de Cabrero se obtuvieron los siguientes resultados: el 80% de los objetos riesgosos que corresponden a las instalaciones de estanques de GLP presentan una probabilidad de ocurrencia clase 3 (*Bastante probable*), es decir, una frecuencia estimada de una vez entre 10 a 100 años aproximadamente, mientras que para la 20 % de las instalaciones presentó una probabilidad de ocurrencia de clase 2, es decir, con una frecuencia estimada de una vez entre 100 a 1000 años aproximadamente, en que pudiera ocurrir una fuga de gas de dichos estanques (Tabla 11).

Tabla 11. Clasificación de la probabilidad de ocurrencia en Cabrero.

Clase probabilidad	Frecuencia estimada aproximada	N° objetos	%
1.Improbable	Menos de una vez por 1000 años	0	0
2.	Una vez entre 100-1000 años	2	20
3.Bastante probable	Una vez entre 10-100 años	8	80
4.	Una vez entre 1-10 años	0	0
5.Muy probable	Más de una vez por año	0	0
Total		10	100

De los resultados obtenidos para la comuna de Laja se tiene que el 63 % de las instalaciones corresponde a una probabilidad de ocurrencia clase 3 (*Bastante probable*) donde la frecuencia estimada es al menos una vez entre 10 a 100 años aproximadamente. En el caso del 37% de las instalaciones registradas corresponde a una probabilidad de ocurrencia clase 2, con una frecuencia estimada de una vez entre 100 a 1000 años aproximadamente (Tabla 12).

Tabla 12. Clasificación de la probabilidad de ocurrencia en Laja.

Clase probabilidad	Frecuencia estimada aproximada	N° objetos	%
1.Improbable	Menos de una vez por 1000 años	0	0
2.	Una vez entre 100-1000 años	3	37
3.Bastante probable	Una vez entre 10-100 años	5	63
4.	Una vez entre 1-10 años	0	0
5.Muy probable	Más de una vez por año	0	0
Total		8	100

Para la comuna de Mulchén, se obtuvo que el 87% de las instalaciones corresponde a una probabilidad de ocurrencia clase 3 (*Bastante probable*) y una frecuencia estimada es de una vez entre 10 a 100 años aproximadamente, mientras que para el 13% de las instalaciones corresponde a una probabilidad de ocurrencia clase 2, donde la frecuencia estimada es de una vez entre 100 a 1000 años aproximadamente (Tabla 13).

Tabla 13. Clasificación de la probabilidad de ocurrencia en Mulchén.

Clase probabilidad	Frecuencia estimada aproximada	N° objetos	%
1.Improbable	Menos de una vez por 1000 años	0	0
2.	Una vez entre 100-1000 años	2	13
3.Bastante probable	Una vez entre 10-100 años	13	87
4.	Una vez entre 1-10 años	0	0
5.Muy probable	Más de una vez por año	0	0
Total		15	100

De los datos obtenidos para la probabilidad de ocurrencia en la comuna de Nacimiento, se puede decir que, el 88% de las instalaciones posee una probabilidad de ocurrencia clase 3 (*Bastante probable*), con una frecuencia estimada de una vez entre 10 a 100 años aproximadamente, en tanto para el 12 % de las instalaciones registradas presento una probabilidad de ocurrencia clase

2, donde la frecuencia estimada es de una vez entre 100 a 1000 años aproximadamente (Tabla 14).

Tabla 14. Clasificación de la probabilidad de ocurrencia en Nacimiento.

Clase probabilidad	Frecuencia estimada aproximada	N° objetos	%
1.Improbable	Menos de una vez por 1000 años	0	0
2.	Una vez entre 100-1000 años	1	12
3.Bastante probable	Una vez entre 10-100 años	7	88
4.	Una vez entre 1-10 años	0	0
5.Muy probable	Más de una vez por año	0	0
Total		8	100

En cuanto a los resultados obtenidos para la clasificación del riesgo en la comuna de Cabrero se puede decir que, existe un 40% de las instalaciones que posee una prioridad de tipo C, es decir, que puede tener consecuencias *Graves*, tanto para los trabajadores, la propiedad y el medio ambiente. A su vez, el 60% restante de las instalaciones estudiadas posee una prioridad de riesgo tipo B, es decir, que los objetos riesgosos y operaciones donde las posibles consecuencias para la vida, el medio ambiente o la propiedad son *Limitadas* (Tabla 15).

Tabla 15. Clasificación del riesgo según prioridad y consecuencia para Cabrero.

Prioridad	Consecuencias	N° objetos	%
E	Catastróficas	0	0
D	Muy graves	0	0
C	Graves	4	40
B	Limitadas	6	60
A	Poco importantes	0	0
Total		10	100

Para la comuna de Laja se obtuvo que un 50% de los objetos analizados corresponden a una prioridad de tipo C, donde las consecuencias de objetos riesgosos y operacionales pueden ser *Graves*, tanto para los trabajadores, la propiedad y el medio ambiente. Por otra parte, el 50% de los objetos analizados tiene una prioridad de tipo B, lo cual refleja que los objetos riesgosos y operacionales donde las consecuencias para los trabajadores, propiedad y medio ambiente son *Limitadas* (Tabla 16).

Tabla 16. Clasificación del riesgo según prioridad y consecuencia para Laja.

Prioridad	Consecuencias	N° objetos	%
E	Catastróficas	0	0
D	Muy graves	0	0
C	Graves	4	50
B	Limitadas	4	50
A	Poco importantes	0	0
Total		8	100

Del total de objetos analizados para la comuna de Mulchén, un 53% de estos corresponden a una prioridad de tipo C con consecuencias *Graves*, mientras que para el 47% de los objetos analizados corresponden a una prioridad de tipo B, con consecuencias *Limitadas* (Tabla 17).

Tabla 17. Clasificación del riesgo según prioridad y consecuencia para Mulchén.

Prioridad	Consecuencias	N° objetos	%
E	Catastróficas	0	0
D	Muy graves	0	0
C	Graves	8	53
B	Limitadas	7	47
A	Poco importantes	0	0
Total		15	100

Finalmente para la clasificación del riesgo en la comuna de Nacimiento (Tabla 18), se obtuvo que el 50% de los objetos analizados corresponden a una prioridad de tipo C, con consecuencias *Graves*, mientras que el otro 50% de los objetos analizados corresponden a una prioridad de tipo B, con consecuencias *Limitadas*, tanto para los trabajadores, propiedad y medio ambiente.

Tabla 18. Clasificación del riesgo según prioridad y consecuencia para Nacimiento.

Prioridad	Consecuencias	N° objetos	%
E	Catastróficas	0	0
D	Muy graves	0	0
C	Graves	4	50
B	Limitadas	4	50
A	Poco importantes	0	0
Total		8	100

Niveles de riesgo más desfavorable para las diferentes comunas de la provincia del Biobío.

Mediante la constatación en terreno y la ayuda de herramientas de posicionamiento, se logró ubicar los diferentes puntos de almacenamiento de GLP en las ciudades de Cabrero, Laja Mulchén y Nacimiento, logrando indicar la prioridad del riesgo estimado según metodología APELL, en el caso de una liberación accidental de gas. Para ello se tomaron en cuenta aquellas fuentes que presentan un riesgo significativo, tanto para los trabajadores, la comunidad y el medio ambiente.

De acuerdo a la clasificación APELL, se obtuvieron los siguientes niveles de riesgo C y B, tomando en consideración las posibles consecuencias de fuga de gas desde diferentes estanques de almacenamiento de GLP, y que podrían afectar tanto a los trabajadores como a la comunidad. De los resultados obtenidos se puede decir, que la mayor cantidad de objetos riesgosos se

encuentran en la comuna de Mulchén, donde se ha visto reflejado el crecimiento poblacional y un elevado crecimiento de las edificaciones que requieren del abastecimiento de GLP dentro de sus dependencias (Figura 6).

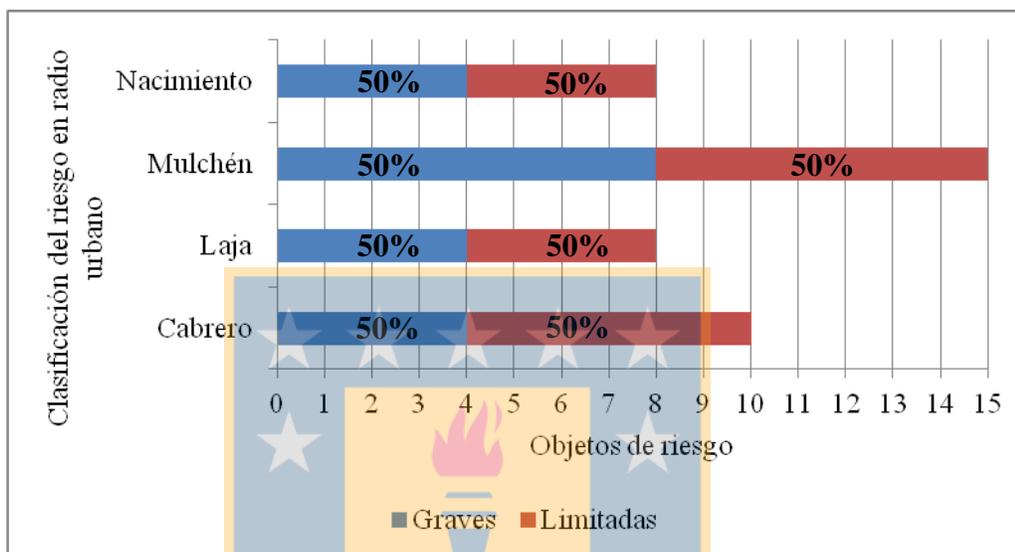


Figura 6. Objetos de riesgo en diferentes comunas de la Provincia del Biobío.

De la figura 6 se puede mencionar que la cantidad de objetos de prioridad C corresponden a establecimientos educacionales y hospitales donde el número de trabajadores y comunidad es alto (Profesionales >50; Auxiliares >10; guardias >5, administrativos >15; clientes >100 y Docentes >15; Auxiliares >5; administración >5; estudiantes >500) respectivamente.

También se puede determinar que de lo constatado en terreno, los estanques de GLP con prioridad C y B, particularmente son puntos ubicados dentro del radio urbano de cada comuna y se encuentran rodeados por trabajadores y transeúntes que eventualmente podrían verse involucrados en un escenario de carácter riesgoso para su salud producto de una fuga de gas.

Comportamiento de las modelaciones realizadas con el software Slab View para fugas de GLP.

Se pudo observar que el comportamiento de las plumas en las dos estaciones del año en estudio, resultaron ser muy similares, diferenciándose principalmente en la orientación temporal y espacial de la fuga. También se observó que las concentraciones de 19000 y 10000 ppm en la estación de invierno perdura más en el tiempo, al igual que en el estudio realizado por Silva et al., (2017). Donde las concentraciones antes mencionadas, tienen un tiempo de permanencia mayor en la estación de invierno y una permanencia menor en la estación de verano. Para ambos casos las condiciones atmosféricas en estudio fueron las de estables, ya que se puede evidenciar que bajo esta condición, el tiempo de permanencia del gas fugado perdura más a diferencia de una condición inestable donde la velocidad del viento, la humedad relativa, la temperatura y la dirección del viento son más variables.

El tiempo de fuga para cada estanque resultó ser más representativo para fugas de 60 segundos, debido a que la evacuación del gas ocurre mucho más rápido, que en estanques con liberaciones de 180 y 300 segundos. Para los casos en que la fuga tarde más, el contenido será liberado más lentamente, generando una dispersión natural por el medio ambiente y un registro menor de concentraciones.

Las modelaciones registradas reflejan que el tiempo de permanencia para fugas de 60 segundos son de mayor duración, tanto para estanques de 2 m³ y 4 m³ respectivamente. Por otra parte las liberaciones de gas registradas para estanques de 2 m³ y 4 m³ en 180 segundos y 300 segundos fueron de una permanencia menor. A continuación se exponen los resultados obtenidos de las modelaciones de 2 m³ en los intervalos de tiempo de 60, 180 y 300 segundos (Figuras 7, 8, 9) también se exponen los resultados para estanques de 4 m³ en los mismos intervalos de tiempo (Figuras 10, 11, 12).

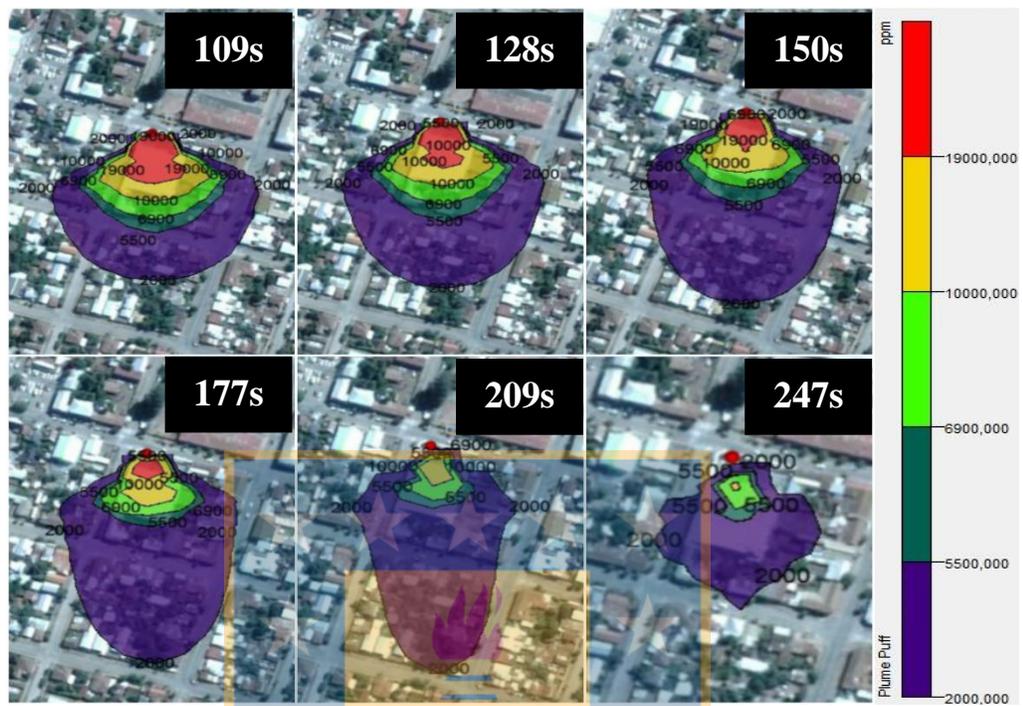


Figura 7. Dispersión de GLP desde una fuga ocurrida en 60 segundos para un estanque de 2 m³ en una condición estable de invierno.



Figura 8. Dispersión de GLP desde una fuga ocurrida en 180 segundos para un estanque de 2 m³ en una condición estable de invierno.

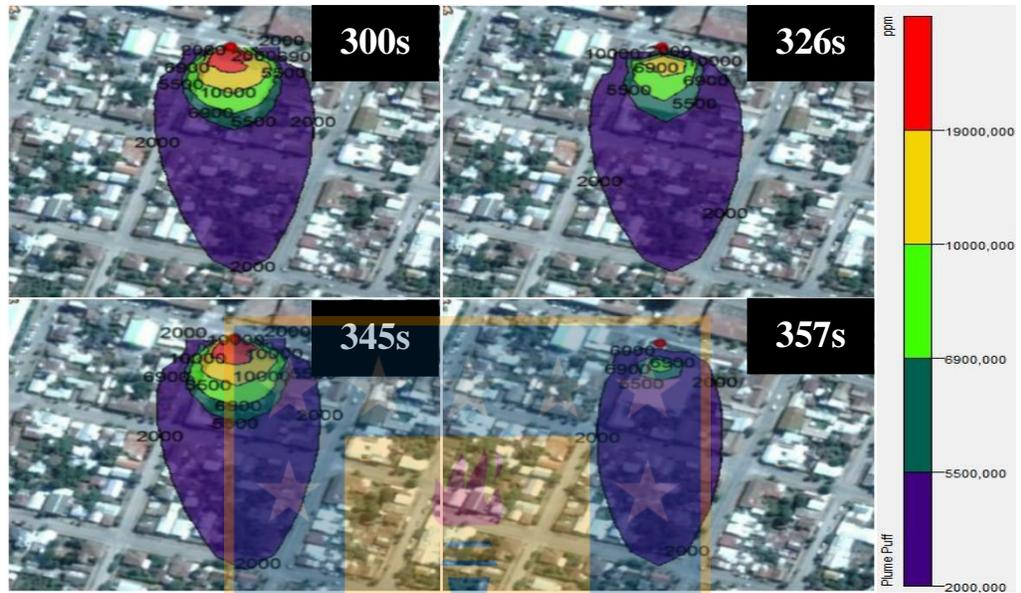


Figura 9. Dispersión de GLP desde una fuga ocurrida en 300 segundos para un estanque de 2 m³ en una condición estable de invierno.

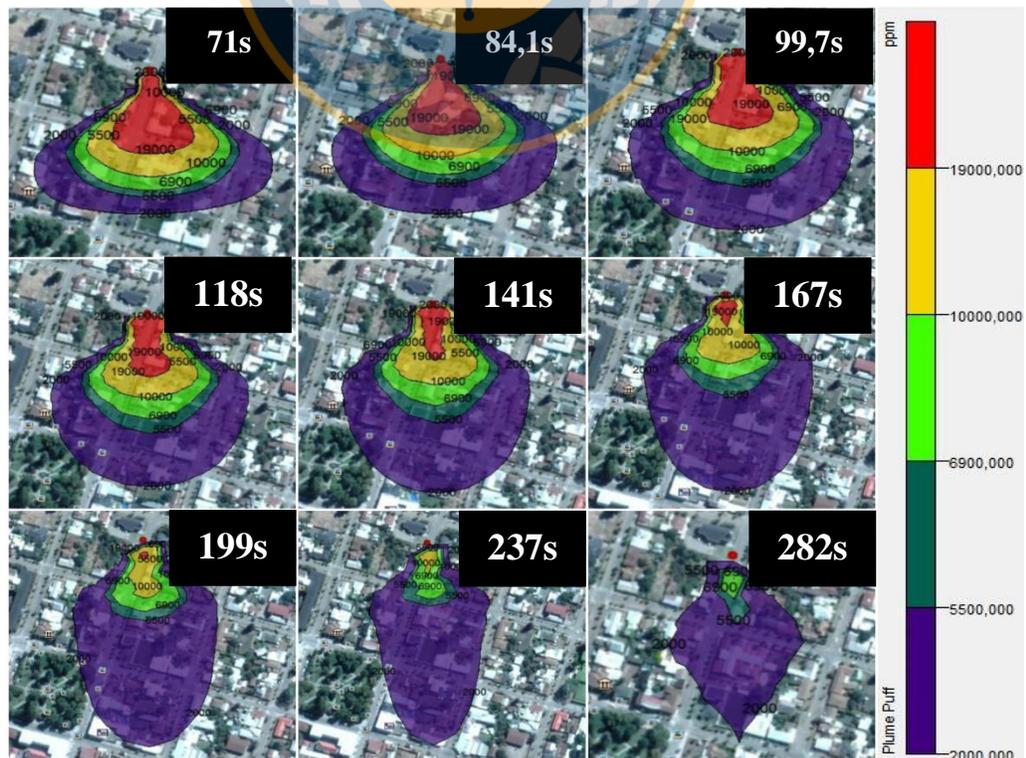


Figura 10. Dispersión de GLP desde una fuga ocurrida en 60 segundos para un estanque de 4 m³ y una condición estable de invierno.

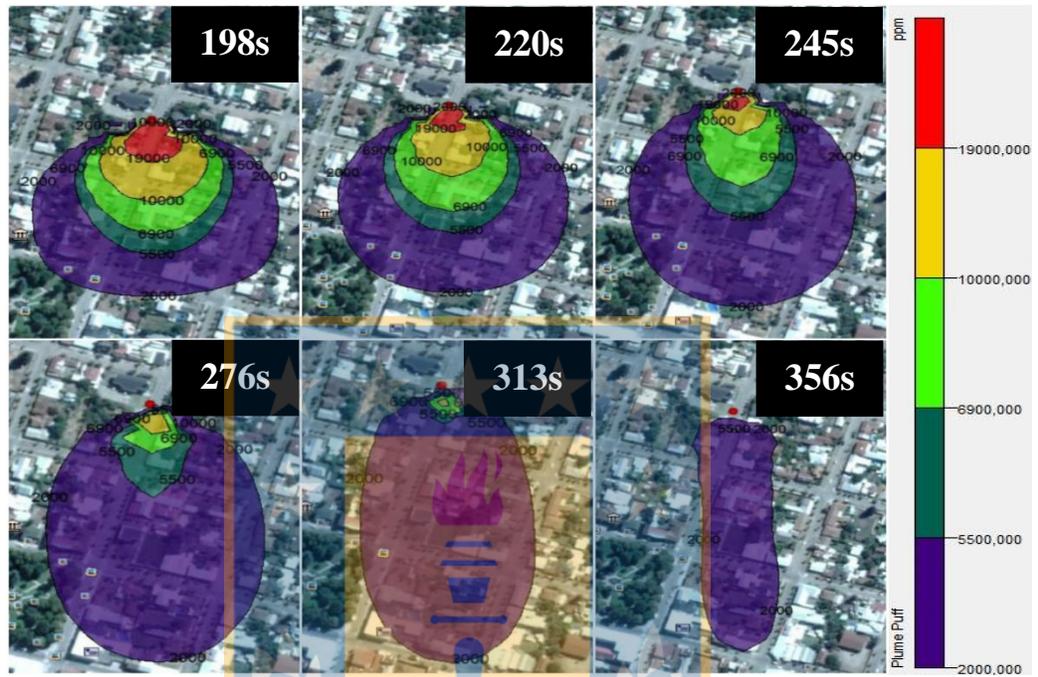


Figura 11. Dispersión de GLP desde una fuga ocurrida en 180 segundos para un estanque de 4 m³ y una condición estable de invierno.

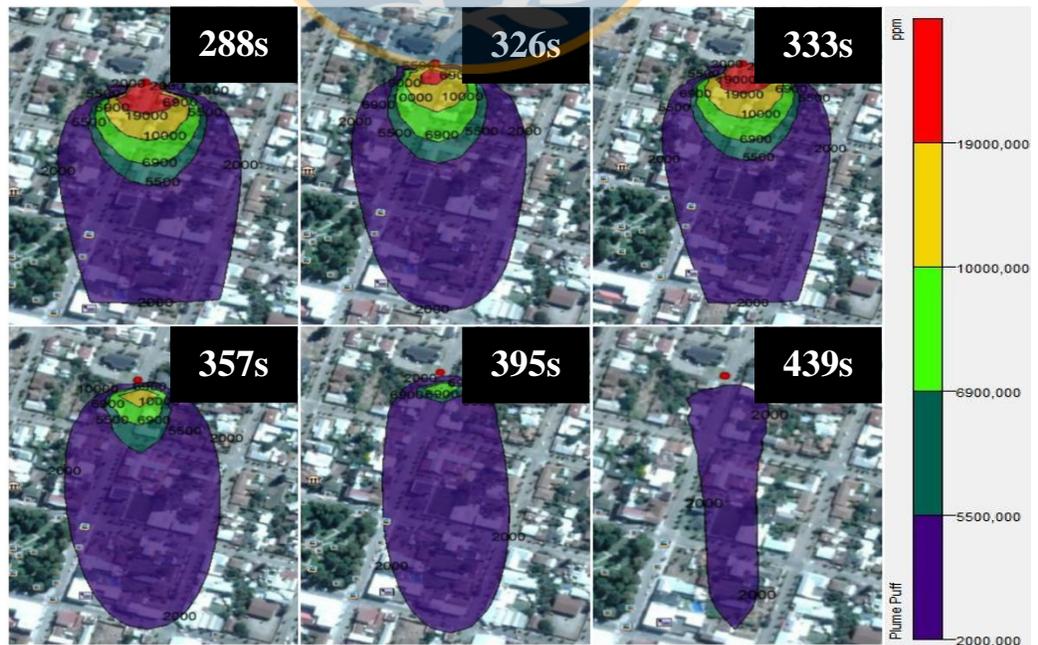


Figura 12. Dispersión de GLP desde una fuga ocurrida en 300 segundos para un estanque de 4 m³ y una condición estable de invierno.

Modelación de los casos más peligrosos para los trabajadores.

Sin duda, la condición atmosférica es lo que más influye al momento de realizar una modelación ya que de ella depende el comportamiento de la pluma y las concentraciones que podrá alcanzar. Una alta concentración de GLP puede generar un riesgo tanto para la salud humana como la integridad física de las personas producto de las deflagraciones. Si se clasifican las concentraciones de GLP, se tiene que a las 19.000 ppm representado de color rojo, se puede generar una deflagración que en condiciones estables de invierno puede perdurar más en el tiempo, desapareciendo a los 199 segundos (Figura 13), a diferencia de una condición estable en verano que hace que las concentraciones de 19000 ppm desaparezcan a los 191 segundos para el caso de un estanque de 4 m³ (Figura 14).

Se puede concluir que existe una gran similitud de resultados obtenidos, entre ambas estaciones, pero es en la estación de invierno donde se registran los casos más desfavorables, ya que al estar en una condición ambiental estable, los vientos se mantienen más calmos, por lo que se dificulta la disipación del gas fugado desde el estanque, además cabe mencionar que las bajas temperaturas mantienen al gas más cercano al nivel del piso a diferencia de las altas temperaturas que facilitan que el gas ascienda más rápidamente y que se disipe. Las modelaciones realizadas con el software especializado Slab View para los puntos con prioridad de clase “C” y “B” indicando el tiempo que conlleva la fuga, la orientación y las concentraciones de 2000, 5500, 6900, 10000 y 19000 ppm para cada pluma se encuentran en el Anexo 6.

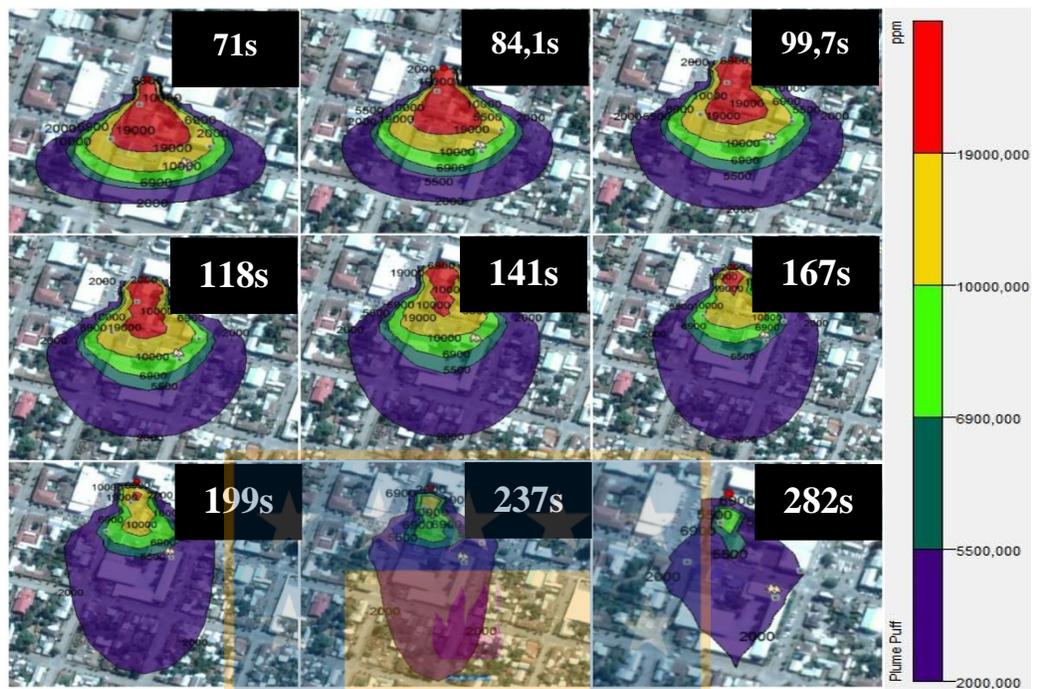


Figura 13. Tiempo de permanencia en invierno para concentraciones de 19000 ppm.

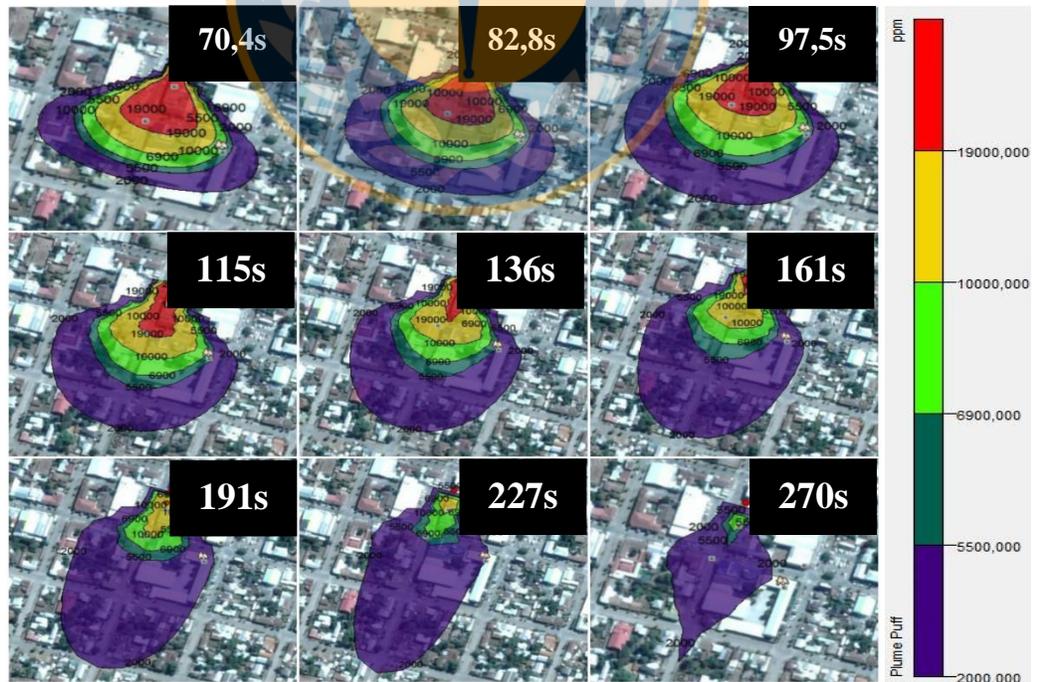


Figura 14. Tiempo de permanencia en verano para concentraciones de 19000 ppm.

Georreferenciación de estanques mediante metodología APELL y software especializado Slab View.

En el análisis realizado por medio de la metodología APELL, se identificaron 41 estanques de los cuales, 3 corresponden a estanques con clasificación de riesgo tipo “C” de 4 m^3 , 17 estanques con clasificación tipo “C” de 2 m^3 , 11 estanques correspondientes a una clasificación del riesgo tipo “B” de 4 m^3 y 10 estanques de clasificación tipo “B” de 2 m^3 . Se registraron las distancias alcanzadas en el tiempo para las concentraciones de 19000 ppm y 10000 ppm tanto para estanques de 2 m^3 y 4 m^3 , en condiciones atmosféricas estables para las estaciones del año de invierno y verano. Se determinó que la mayor distancia alcanzada para concentraciones de 19000 ppm fue de 87,47 metros en 71 segundos para los estanques de 4 m^3 y la menor distancia registrada fue de 50,44 metros en un tiempo de 109 segundos para los estanques de 2 m^3 (Figura 15), ambos en época invernal. Para las concentraciones de 10000 ppm las distancias registradas fueron de 111,81 metros en 71 segundos para estanques de 4 m^3 y 66,55 metros en 109 segundos para estanques de 2 m^3 , ambas también en época invernal (Figura 16).

Para ambos casos, se determinó que la estación de invierno mantiene las concentraciones de 19000 ppm y 10000 ppm por más tiempo, alcanzando las mayores distancias.

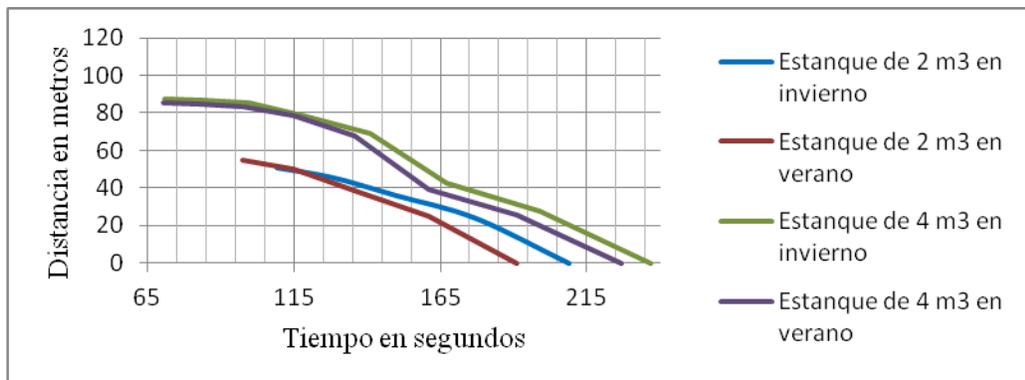


Figura 15. Distancias máximas y mínimas para concentraciones de 19000 ppm.

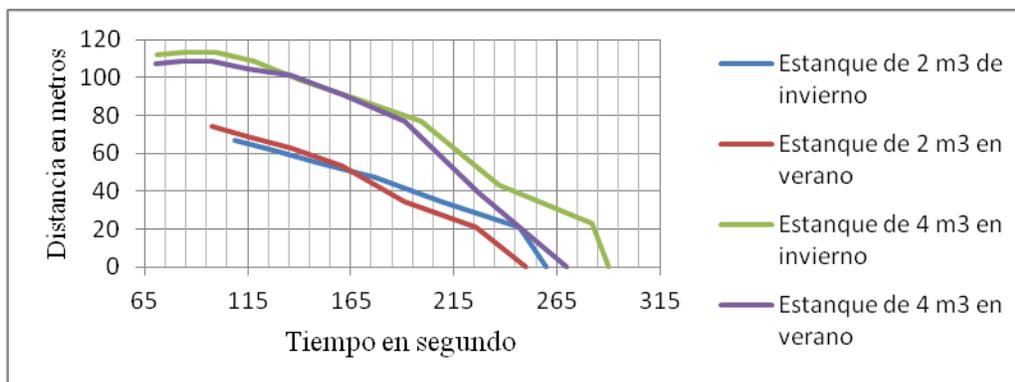


Figura 16. Distancias máximas y mínimas para concentraciones de 10000 ppm.

Tanto las concentraciones de 19000 y 10000 ppm pueden generar un riesgo para la salud de los trabajadores, siendo las concentraciones de 19000 ppm las más peligrosas ya que pueden generar deflagraciones, según los niveles de exposición aguda (AEGL). Por otra parte las concentraciones detectadas para 10000 ppm no representan un riesgo significativo para los trabajadores y la comunidad que esté próxima a la distancia máxima detectada en este estudio, ya que en ninguno de los casos las concentraciones de 10000 ppm superan los 5 minutos, lo que lleva a concluir lo antes mencionado que, según los niveles de exposición aguda, se requiere de un tiempo de 10 minutos de exposición para encontrar molestias notables en los trabajadores. De igual forma se determinó el tiempo de permanencia de las concentraciones presentes en las plumas.

Para las modelaciones realizadas en la temporada de invierno se logró determinar que las fugas de gases, son detectadas más rápidamente en estanques de 4 m³, al tiempo de 70,4 segundos de iniciada la fuga, manteniéndose hasta los 191 segundos para las concentraciones de 19000 ppm y 270 segundos para las concentraciones de 10000 ppm (Figura 17). Por otra parte las concentraciones que son detectadas en un rango de tiempo mayor son las de 2 m³, detectándose a los 109 segundos posteriores a la fuga de gas, dejando de registrarse a los 209 segundos para las concentraciones de 19000 ppm y 160 segundos para las concentraciones de 10000 ppm (Figura 18).



Figura 17. Concentraciones detectadas en el tiempo, para estanques de 4 m³.

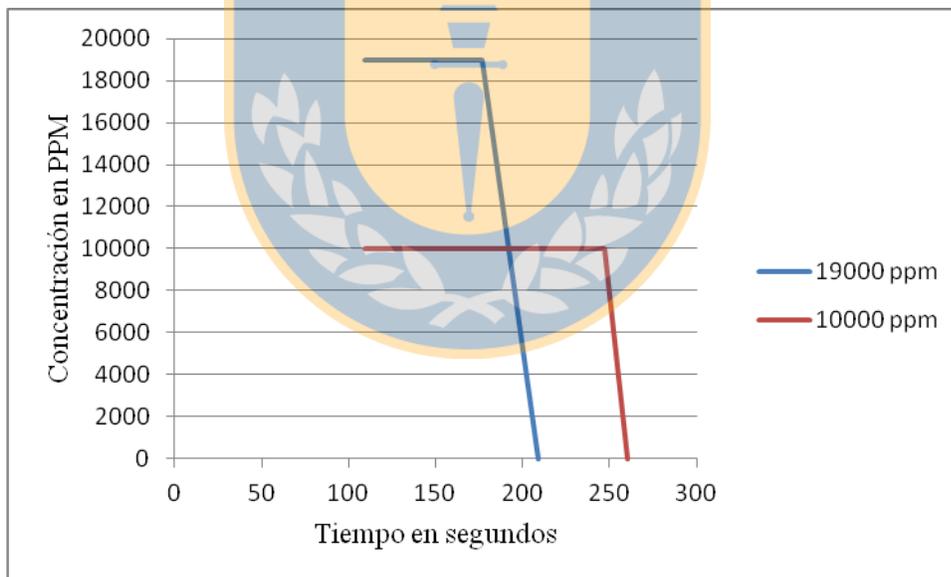
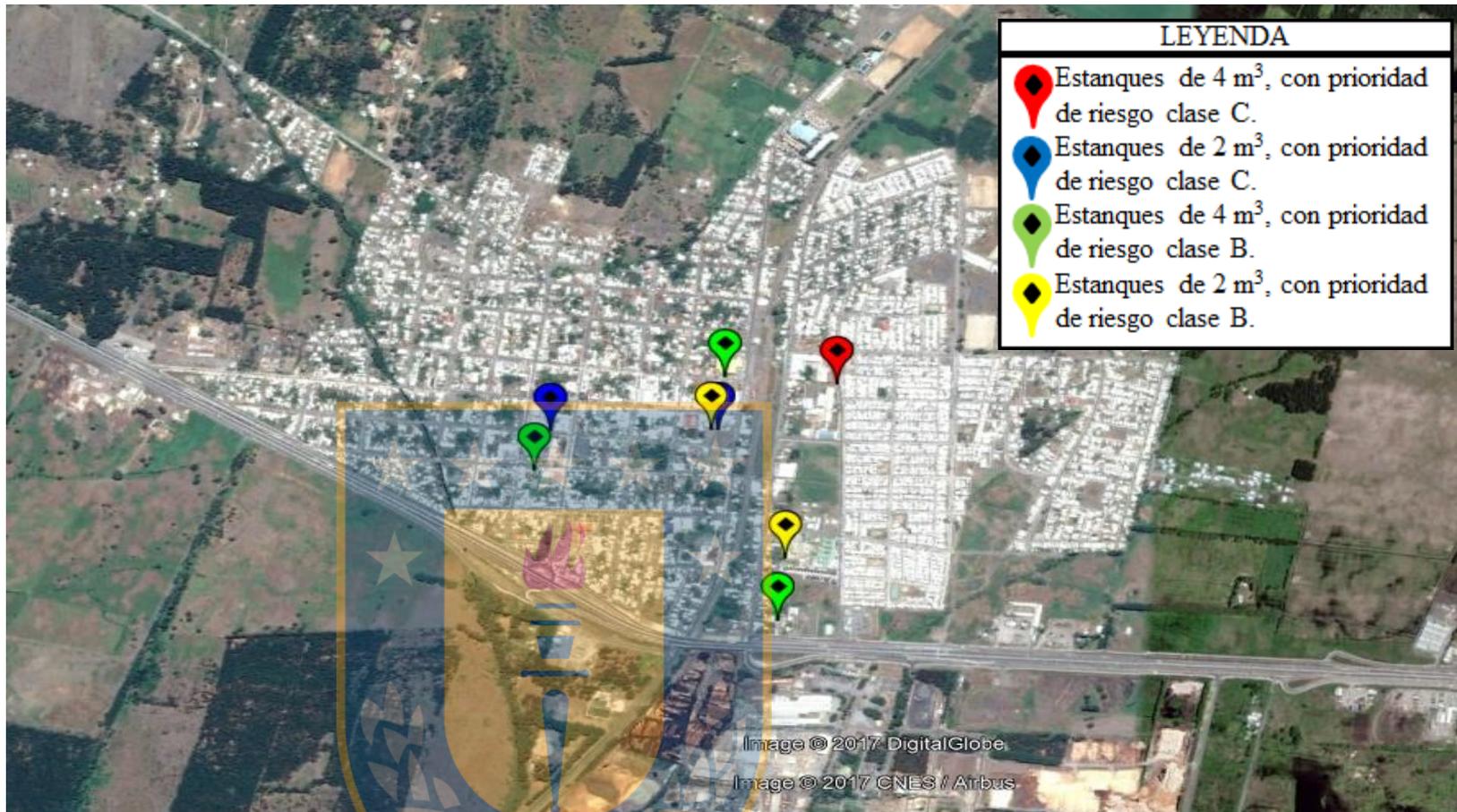
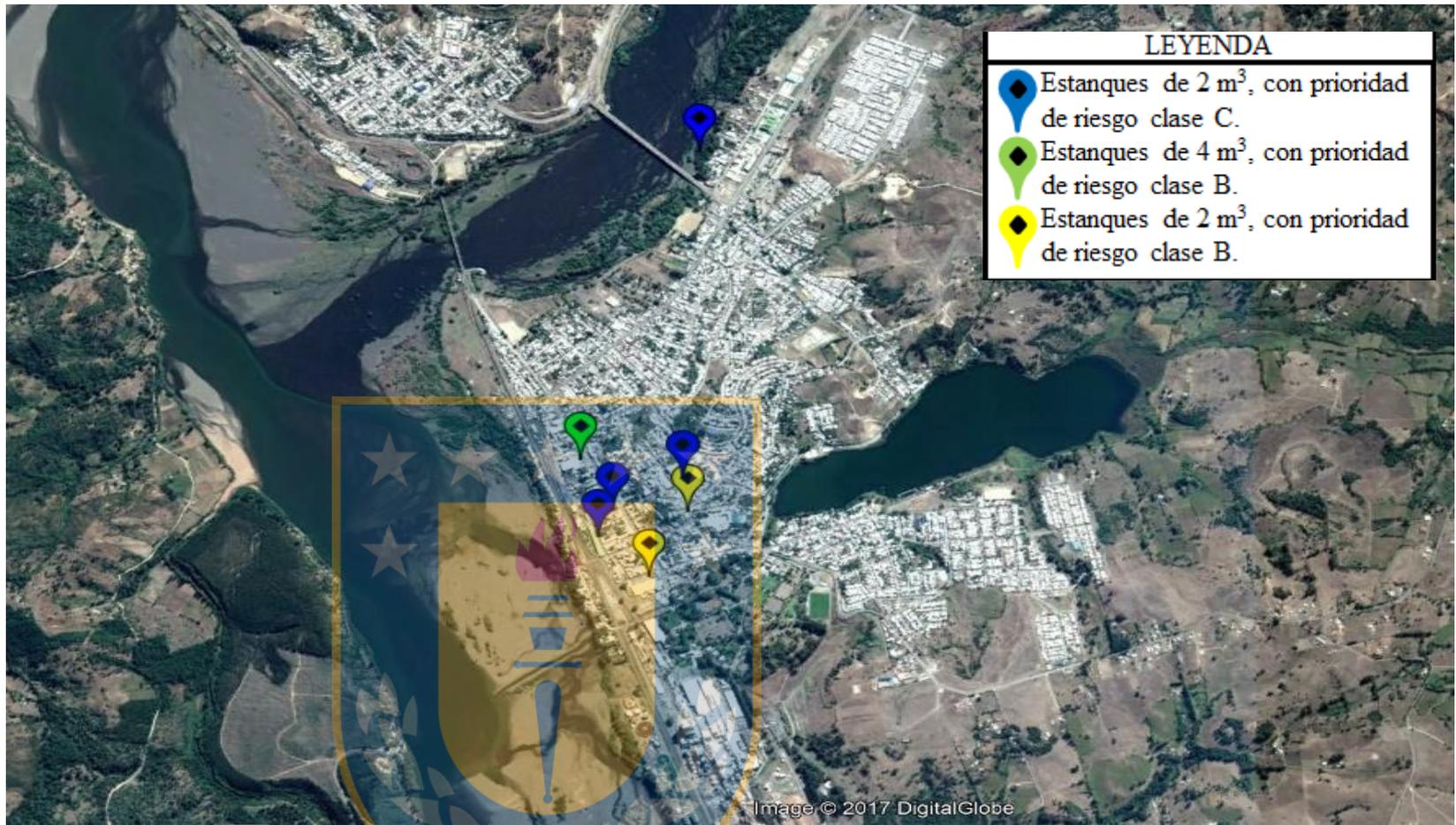


Figura 18. Concentraciones detectadas en el tiempo, para estanques de 2 m³.

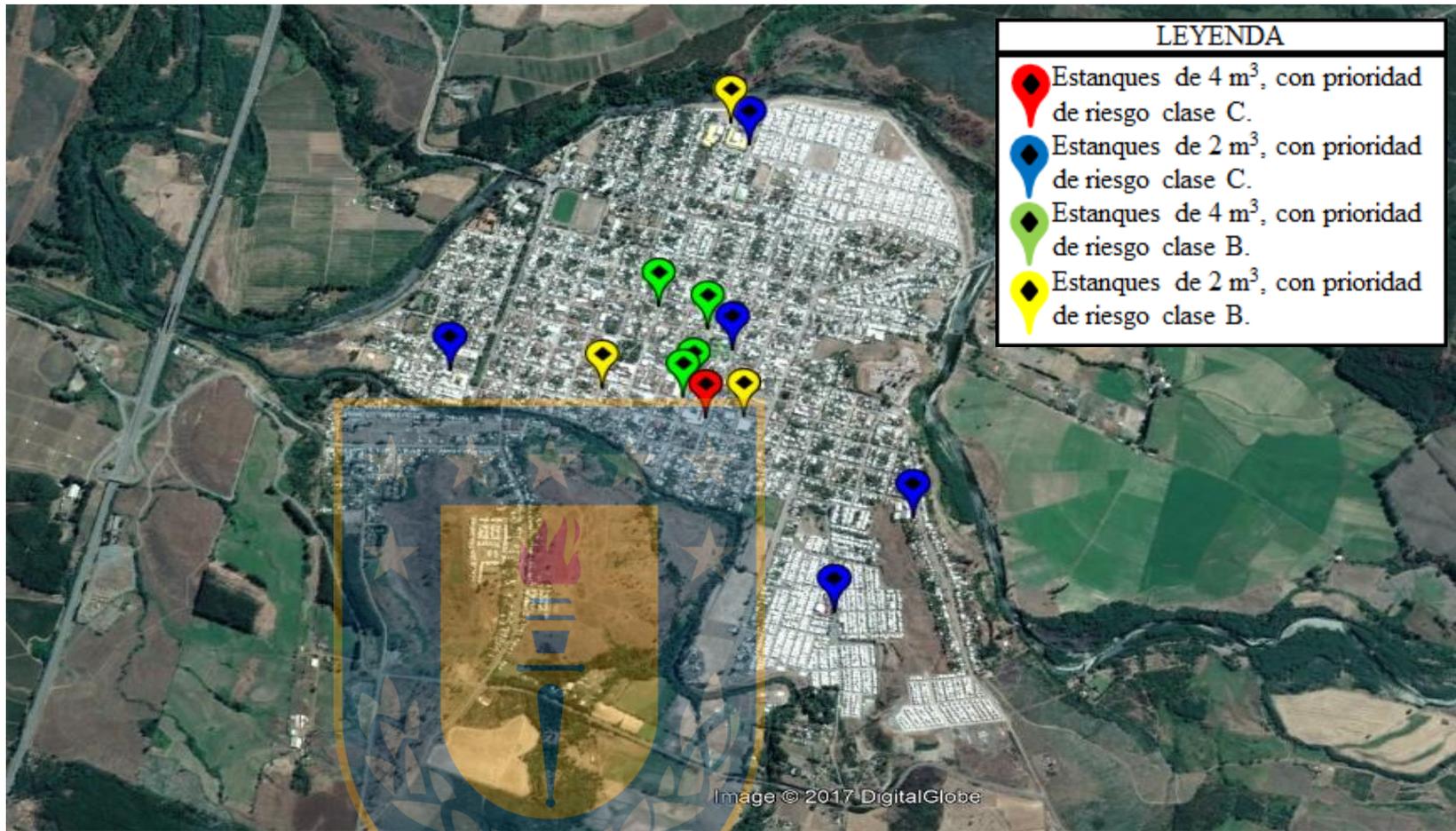
Los mapas con las ubicaciones de los estanques para cada comuna en estudio según el número de objetos de riesgo dieron como resultado que, para las ciudades de Cabrero (a), Laja (b), Nacimiento (c) y Mulchén (d), existen estanques con clasificaciones del riesgo “B” y “C”, las cuales se detallan en las siguientes imágenes de la (Figura 19).



a) Ubicación de estanques de GLP, según la prioridad de riesgo para la comuna de Cabrero.



b) Ubicación de estanques de GLP, según la prioridad de riesgo para la comuna de Laja.



c) Ubicación de estancos de GLP, según la prioridad de riesgo para la comuna de Mulchén.



d) Ubicación de estanques de GLP, según la prioridad de riesgo para la comuna de Nacimiento.

Figura 19. Ubicación de estanques de GLP, a) Según la prioridad de riesgo para la comuna de Cabrero, b) según la prioridad de riesgo para la comuna de Laja, c) según la prioridad de riesgo para la comuna de Mulchén, d) según la prioridad de riesgo para la comuna de Nacimiento.

Plan de emergencia y primera respuesta para trabajadores, ante un evento de fuga de gas GLP.

Cuidados y conocimientos acerca de los estanques de GLP:

- Los gases fugados desde las fuentes de almacenamiento pueden desplazarse hasta a una fuente de fuego y volver en forma de llama denominado deflagración.
- Los estanques expuestos al fuego pueden generar una liberación de gases inflamables desde los dispositivos de alivio de presión.
- Los estanques pueden explotar cuando se calientan.
- Los estanques con rupturas pueden proyectarse.

Ante un evento de fuga de gas proveniente de estanques de GLP se deberá:

- Contactar en primera instancia a los números de emergencia, como bomberos, carabineros y ambulancias para dar aviso de la situación.
- Eliminar todas las fuentes de ignición, tales como, cigarros, llamas, chispas o bengalas del área de trabajo.
- En el caso de que no exista riesgo, detenga la fuga cerrando las válvulas de alimentación.
- Use las redes húmedas con un ataque en rocío o niebla para reducir los vapores o desviar la nube de vapor.
- Prevenga la expansión de vapores a través de los sistemas de ventilación y áreas confinadas.
- Aislé el área hasta que el gas se haya dispersado.

Es importante identificar las zonas verdes o seguras de cada establecimiento. Con el fin de determinar una nueva zona de seguridad en el caso de que la nube formada abarque o cubra la zona de seguridad.

Ante un evento, que producto de una ignición conlleve a la aparición de fuego se deberá:

- Combatir el incendio desde una distancia máxima utilizando la red seca para líneas (mangueras).
- Una vez que el fuego se haya extinguido, continuar rociando el estanque para bajar la temperatura.
- No atacar directamente a la fuente de la fuga o válvulas, ya que puede ocurrir congelamiento.
- Si el estanque se empieza a decolorar o si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad, retirarse inmediatamente.
- Siempre permanecer alejado de los estanques envueltos en llamas.

Primeros auxilios:

- En caso de quemaduras se debe enfriar la zona afectada el mayor tiempo posible con agua fría hasta que llegue el personal médico.
- En caso de congelamiento aplicar agua tibia a las partes afectadas hasta que llegue el personal médico.
- En ninguno de los dos casos se debe remover la ropa adherida a la piel.
- Mantener a la víctima calmada y dirigirla hacia un área segura donde pueda respirar aire limpio.

Plan de emergencia comunal.

A través de las municipalidades de cada comuna se deberá crear por medio de las juntas de vecinos presentes, un comité o grupo de emergencia reconocido por la población en donde viven.

Funciones de los comités de emergencias:

- Llamar a los servicios de emergencia como bomberos, carabineros y ambulancias.

- Informar a la comunidad de la situación, identificando e informando de la ubicación de las fuentes de peligro.
- Evacuar a toda la comunidad del área procurando ir siempre a zonas altas a favor del viento.
- Mantener alejado al personal no autorizado.

Esta última medida facilitará el trabajo de bomberos, carabineros y personal de la salud que se encuentre en el lugar.

Las distancias máximas de trabajo sugeridas por la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia (GRE), podrá ser encontrada en el Anexo 7.



CONCLUSIONES.

De la información analizada y los resultados obtenidos, sobre los riesgos por inhalación, la clasificación del riesgo y las modelaciones efectuadas para fugas de gases desde estanques de GLP, se puede concluir lo siguiente:

- El riesgo por inhalación que pueden alcanzar las personas en puestos de trabajo que poseen una mayor relación con el uso del GLP, es siempre *moderado*.
- Para el análisis realizado en el Programa APELL el mayor número de objetos riesgosos se encuentran en la comuna de Mulchén.
- En la mayoría de los casos no existe un nivel de riesgo alto, debido a que en gran parte de los puntos analizados se obtuvo un nivel de riesgo *limitado*. Como queda reflejado en el mapa georreferenciado para cada comuna.
- En las modelaciones realizadas con el programa Slab View, se determinó que no existe riesgo por intoxicación debido a que los tiempos de exposición son menores a los indicados por los niveles (AEGL).
- Existen concentraciones de 19000 ppm que pueden ocasionar deflagraciones y una eventual explosión.
- La estabilidad atmosférica regula el comportamiento de la pluma de GLP. Siendo la estabilidad atmosférica “estable” en la estación de invierno la condición más peligrosa.
- Las temperaturas bajas que corresponden a la estación de invierno generan que las concentraciones perduren más tiempo en el ambiente.
- Identificar y posicionar los estanques de GLP en mapas georreferenciados puede facilitar el trabajo de los servicios de emergencia y los comités de emergencia propuestos en este estudio. Además de ser de gran ayuda para mantener un registro actualizado de los estanques en futuros estudios.

REFERENCIAS

Alfayate, J., González, M., Orozco, C., Pérez, A. y Rodríguez, F. (2004). Contaminación Ambiental: Una visión desde la química. Madrid, España: Parainfo.

Amparo, G. (2007). Conflictos ambientales amenazan la salud de la población y la biodiversidad del Planeta. Revista de Derecho. Universidad del Norte.

Aparicio, L., Bandoni, J., Carrari, C. y Tonelli, S. (2004) Utilización de modelos de dispersión atmosférica para la estimación de dosis de exposición. *Mecánica Computacional*, 23, 1743-1759.

Cavallé, N. NTP 935 Agentes Químicos: Evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (I): Aspectos Generales. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2012.

Damiano, G., Santandreu, A. y Bravo, M. (2014). Manual para la implementación del programa TransAPELL para el transporte de material peligroso en el sector minero. Lima, Perú: Rapid L.A.

Doval, M. 2003, “Zonas de planificación para accidentes graves de tipo toxico: Guía Técnica”, Dirección General de Protección Civil – Universidad de Murcia. Murcia. España.

Emol. (2016, 10 de enero). Cilindros de gas explotaron en la ruta 68 luego de que el camión que los transportaba volcara a la altura de A. Vespuccio. El Mercurio [en línea]. Año 2016. Recuperado de <http://www.emol.com/noticias/Nacional/2016/12/10/834931/Camioncargado-con-cilindros-de-gas-volco-en-la-Ruta-68-generando-un-incendio.html> [2016, 12 de diciembre].

Ermak, D. (1990). "User`s Manual for Slab: An Atmospheric dispersion model for denser-than-air releases". US Department of Energy by Laurence Livermore National Laboratory. Livermore. USA.

García, J. (1999). Plan de emergencia contra derrames y fugas de productos químicos peligrosos. Revista Mapfre. España.

López, A., Vázquez, R. y Díaz, C. (2012). Aprendizajes del accidente de San Juan Ixhuatepec-México. Informe tecnológico México.

Lakes Environmental (2011). Slab View, Modulo Ambiental, Software para evaluar el impacto de emisiones accidentales [en línea], año 2011. Recuperado de <http://www.modelosambientales.com/slabview.php> [2016, 7 de noviembre].

Instituto Nacional de Estadísticas [INE], (2012). Resultados XVIII Censo de Población. Características demográficas, sociales, culturales y económicas de la población. Recuperado el 2 de Febrero de 2017, del Sitio web: http://indigenousnews.org/wpcontent/uploads/2013/04/resultados_censo_2012_poblacion_vivienda_tomosIyII.pdf

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1994). *Modelos de dispersión de gases y/o vapores en la atmósfera: fuentes puntuales continuas* (NTP 329). Madrid, España: Autor.

Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [ONU]. 2017. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Acerca de PNUMA/ORPALC. ONU medio ambiente [en línea]. Año 2017. Recuperado de: <http://web.unep.org/es/rolac/acerca-del-pnumaorpalc> [2017, 8 de Diciembre].

Otero, A. (2001). Medio Ambiente y educación: Capacitación en educación ambiental para docentes. México: Novedades educativas.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2003). Identificación y evaluación de riesgos en una comunidad local (Segunda Edición). México: Universidad de Guadalajara. Recuperado el 29 de junio del 2017, del sitio web: <http://transapell.net/transesp/docs/APELL%20%20Evaluacion%20de%20Riesgos%20Comunidad%20Local.pdf>

Silva, A. Barrandeguy, M. & Pincheira, Y. (2016). Riesgo hacia los trabajadores y comunidad por liberaciones accidentales de gases densos peligrosos en la ciudad de Los Ángeles. *Ciencia & trabajo*. Vol. 18 N°.56, (83-84). Recuperado el 30 de julio del 2017, del sitio web: <http://www.scielo.cl/pdf/cyt/v18n56/art02.pdf>

Silva, A. Barrandeguy, M. & Quintana, J. (2017). Modelación de riesgos hacia los trabajadores y la comunidad por fugas de gas licuado de petróleo, utilizando software Slab View en la ciudad de Los Ángeles. *Dirección de Bibliotecas, Universidad de Concepción*. Chile. (22, 41) recuperado el 1 de diciembre del 2017, sitio web disponible en: <http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/2336/Quintana%20Alarc%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sousa, M, Tejedor, J. (2012). NTP N° 937. Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III): Método basado en el INRS. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2012.

Storch, J. y Gracia, T. (2008). Seguridad Industrial en plantas químicas y energéticas: fundamentos, evaluación y riesgos de diseño (Segunda Edición). España: Díaz de Santos S.A.

Villafañe, D. (2013). Estudio de la dispersión e incendio de nubes inflamables de gas (GNL y GLP). (Tesis de doctorado). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

ANEXOS.

Anexo 1: Solicitud de datos a empresas CMPC Nacimiento.

Los Ángeles, 13 de septiembre de 2017

Sra.
Sonia Acevedo Estuardo.
Presente.

Junto a un saludo cordial, me dirijo a usted por el siguiente motivo:

A través de un grupo de trabajo me encuentro realizando un proyecto de investigación denominado “Riesgo por fugas accidentales de gases densos hacia trabajadores de distintas comunas de la Provincia del BíoBío”.

Estamos en busca de sitios que utilicen y/o almacenen sustancias químicas para las cuales una posible liberación accidental pueda generar gases tóxicos que sean agente de riesgo por inhalación, tanto para la salud de los trabajadores como para la comunidad.

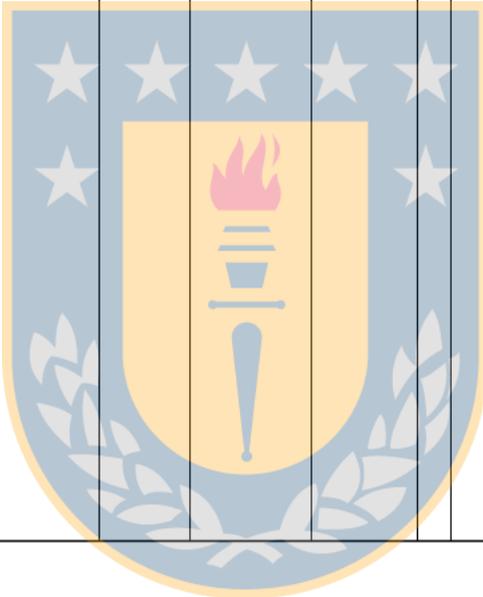
Es por ello que solicito a Ud. Información que pueda manejar y facilitar respecto a las sustancias que empresa CMPC fabrique y/o almacene en la ciudad de Nacimiento. En relación a la ubicación espacial (mapa y geo-referenciación), los procesos involucrados, capacidades de uso y/o almacenamiento de estas sustancias y que se caractericen por ser más pesadas que el aire, tales como anhídrido sulfuroso, argón, dióxido de carbono, dióxido de azufre, gas licuado de petróleo, entre otras.

Esperando una favorable respuesta, se despide atentamente.

Rodolfo Contreras Jorquera
Departamento de Ciencias y Tecnología Vegetal
Escuela de Ciencias y Tecnología
Universidad de Concepción
Campus Los Ángeles
Los Ángeles

Anexo 2: Formulario para la evaluación del riesgo mediante metodología APELL.

COMUNIDAD..... V = vida VI = velocidad
 OBJETO/ÁREA..... A = ambiente Pb = probabilidad
 P = propiedad Pr = prioridad

Objeto (1)	Operación (2)	Peligro (cantidad) (3)	Tipo de riesgo (4)	Objeto amenazado (5)	Consecuen- cias (6)	Severidad (7 - 10)				Pb (11)	Pr (12)	Comentarios (13)
						V	A	P	VI			
												

Anexo 3: Coordenadas de los estanques de Gas Licuado de Petróleo en la Provincia del Biobío.

Ficha estanques GLP cabrero

N°	coordenadas	Dirección	Volumen	Tipo de central	Tipo de estanque	Observación
1	18H0731186/5898244	General Cruz #380	4	Comercial	Aéreo	Unimarc
2	18H0731339/5897505	Avenida Oriente	2x4	Comercial	Subterráneo	ACHS
3	18H0730731/5897943	Av. Vial	4	Comercial	Subterráneo	Mormones
4	18H0731459/5898231	Las Violetas #569	2x4	Comercial	Subterráneo	Liceo Manuel S.
5	18H0731175/5898082	Rio Claro #145	2	Comercial	superficial	Galería Sinaí
6	18H0731158/5898082	Rio Claro #146	2	Comercial	Superficial	Departamento
7	18H0730767/5898065	Colegio San José	2	Comercial	Aéreo	Colegio San José
8	18H0731351/5897695	Túcapel esq. Las Violetas	2	Comercial	Superficial	Consultorio

Ficha estanques GLP Laja

N°	coordenadas	Dirección	Volumen	Tipo de central	Tipo de estanque	Observación
1	18h0702800/5871605	Baquedano #230	2	Domiciliario	Subterráneo	Iglesia Mormones
2	18h0702527/5871620	Balmaceda #320	2	Comercial	Superficial	Colegio José A.
3	18h0702472/5871499	O'Higgins #10	2	Comercial	Subterráneo	Mercado
4	18h0702417/5871849	Balmaceda #640	4	Comercial	Superficial	Supermercado
5	18h0702651/5871315	Balmaceda #62	2x2	Comercial	Superficial	Supermercado
6	18h0702880/5873230	Av. Los Ríos #800	2	Comercial	Superficial	Colegio Héroes C.
7	18h0702787/5871757	Baquedano	2	Comercial	Subterráneo	Liceo A-66

Ficha estanques GLP Mulchén.

N°	coordenadas	Dirección	Volumen	Tipo de central	Tipo de estanque	Observación
1	18H0742997/5821859	Sotomayor esq. Fierro	4	Comercial	Subterráneo	Mormones
2	18H0743109/5821505	Villagrán esq. Aníbal Pinto	4	Comercial	Superficial	Unimarc
3	18H0743279/5821366	Villagrán esq. Pantoja	2	Comercial	Subterráneo	Acuenta
4	18H0743165/5821754	Villagra #455	4	Comercial	Subterráneo	Hotel Mulchén
5	18H0743070/5821457	Villagrán esq. Villagra	4	Comercial	Subterráneo	Santa Isabel
6	18H0742789/5821506	Villagrán esq. Gana	2	Comercial	Superficial	Gana
7	18H0742261/5821600	Unzueta #052	2	Comercial	Superficial	Esc. Gral. E1081
8	18H0743146/5821365	Villagrán #785	4	Comercial	Subterráneo	Esc. Mulchén
9	18H0743334/5822559	Arriagada esq. Balmaceda	2x2	Comercial	Subterráneo	Liceo N. Mundo
10	18H0743272/5822657	Sin dirección	2	Comercial	Subterráneo	Gim. Municipal
11	18H0743249/5821660	San Martín esq. Pedro Lagos	2	Comercial	Aéreo	Hospital
12	18H0743570/5820497	Las Araucarias #0820	2x2	Comercial	Superficial	Esc. Villa la Granja
13	18H0743855/5820907	O'Higgins #021	2	Comercial	Subterráneo	Esc. Alejandro M.



Ficha estanques GLP Nacimiento.

N°	coordenadas	Dirección	Volumen	Tipo de central	Tipo de estanque	Observación
1	18h0706775/5846390	Octavio Jara Wolf #219	2	Comercial	Superficial	CECOF
2	18h0704986/5847348	Av. España #1125	2	Comercial	Superficial	Colegio Teresiano
3	18h0705411/5846416	El Palqui #915	2	Comercial	Superficial	ACHS
4	18h0705139/5846934	Montri esq. Quilapan #553	4	Domiciliario	Superficial	Condominio
5	18h0705155/5846970	Quilapan esq. Fernando Val.	4	Domiciliario	Superficial	Condominio
6	18h0707006/5846063	Caupolicán #508	2	Comercial	Superficial	Hostal El Pato
7	18h0705185/5847118	San Martín #969	2	Comercial	Superficial	Cerámica Bío-Bío
8	18h0706850/5845994	Av. Lautaro	2	Comercial	Superficial	Hostal la Montaña

Nota: la obtención de coordenadas se realizó entre los meses de febrero y marzo del año 2017.



Anexo 4: Análisis del riesgo de inhalación en puestos de trabajo mediante metodología NTP N° 937.

N°	Puesto de trabajo	Tipo de clase									FC _{VLA}	Puntuación Riesgo
		cantidad	Frecuencia	Exposición	Peligro	Riesgo potencial	Volatilidad	Procedimiento de	Protección			
1	Conductor de carga/descarga del gas	5	4	5	1	2	3	4	3	1	700	
						10	100	1	0,7			
2	Ayudante de carga/descarga del gas	5	4	5	1	2	3	4	3	1	700	
						10	100	1	0,7			
3	Aseador de vías públicas	5	1	4	1	1	3	4	3	1	70	
						1	100	1	0,7			
4	Guardia de seguridad	5	2	5	1	2	3	4	3	1	700	
						10	100	1	0,7			
5	Jardinero	5	2	5	1	2	3	4	3	1	700	
						10	100	1	0,7			
6	Asesora del hogar	5	3	5	1	2	3	4	4	1	1000	
						10	100	1	1			
7	Profesional del área de la salud	5	2	5	1	2	3	4	3	1	700	
						10	100	1	0,7			
8	Profesional del área educacional	5	2	5	1	2	3	4	3	1	700	
						10	100	1	0,7			
9	Funcionarios de supermercados	5	2	5	1	2	3	4	3	1	700	
						10	100	1	0,7			

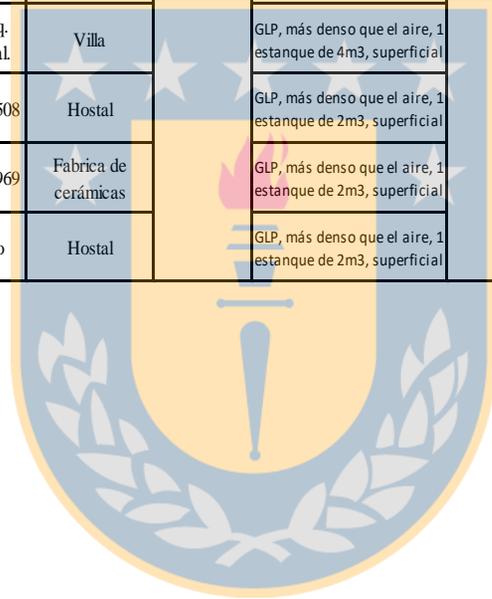
Anexo 5: Análisis del riesgo mediante metodología APELL

Nº	UTM	Ubicación	Objeto	Operación	Peligro	Tipo de riesgo	Objetos amenazados	Consecuencias	Severidad		Pb	Pr	Comentarios/sugerencias
									V	VI			
Cabrero	1	18H0731186/5898244	General Cruz #380	Supermercado	GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 4m3, aéreo	Fuga de gas	Trabajadores >25; auxiliares >4; administrativos >7; clientes >100	Mareos, nauseas, dolor de cabeza, asfixia simple por desplazamiento del oxígeno, efectos sobre el sistema nervioso central.	3	3	3	B	Seguir conducto regular de plan de emergencia
	2	18H0731339/5897505	Avenida Oriente	Mutual	GLP, más denso que el aire, 2 estanque de 4m3, subterráneo		Trabajadores >25; clientes >50		3	3	3	B	Instalación de mecanismos de protección como barreras
	3	18H0730731/5897943	Av. Vial	Iglesia	GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 4m3, subterráneo		Aseadores >5; Jardineros >2; Público >15		2	3	2	B	Seguir conducto regular de plan de emergencia
	4	18H0731459/5898231	Las Violetas #569	Establecimiento educacional	GLP, más denso que el aire, 2 estanque de 4m3, subterráneo		Docentes >10; Auxiliares >5; administración >5; estudiantes >500		3	3	3	C	Instalación de estanques muy proximas al establecimiento
	5	18H0731175/5898082	Rio Claro #145	Galería comercial	Almacenamiento de GLP GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial		Trabajadores de tienda >15; auxiliares >2; guardias >3; clientes >50		3	3	2	C	Seguir conducto regular de plan de emergencia
	6	18H0731158/5898082	Rio Claro #146	Departamentos	GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial		Guardias >3; asesoras del hogar >5; Residentes >30		3	3	3	B	Seguir conducto regular de plan de emergencia
	7	18H0730767/5898065	Colegio San José	Establecimiento educacional	GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, aéreo		Docentes >10; Auxiliares >5; administración >5; estudiantes >500		3	3	3	C	Instalación de mecanismos de protección como barreras
	8	18H0731351/5897695	Tucapel esq. Las Violetas	Consultorio	GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial		Profesionales >25; Auxiliares >6; guardias >3; administrativos >15; clientes >50		3	3	3	B	Instalación de mecanismos de protección como barreras

N°	UTM	Ubicación	Objeto	Operación	Peligro	Tipo de riesgo	Objetos amenazados	Consecuencias	Severidad		Pb	Pr	Comentarios/sugerencias
									V	VI			
1	18H0742997/5821859	Sotomayor esq. Fierro	Iglesia	Almacenamiento de GLP	GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 4m3, subterráneo	Fuga de gas	Aseadores >5; Jardineros >2; Publico >15	Mareos, nauseas, dolor de cabeza, asfisia simple por desplazamiento del oxigeno, efectos sobre el sistema nervioso central.	2	3	2	B	Seguir conducto regular de plan de emergencia
2	18H0743109/5821505	Villagrán esq. Anibal Pinto	Supermercado		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 4m3, superficial		Trabajadores >15; auxiliares >2; administrativos >5; clientes >100		3	3	3	B	Instalación de mecanismos de protección como barreras
3	18H0743279/5821366	Villagrán esq. Pantoja	Supermercado		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, subterráneo		Trabajadores >25; auxiliares >4; administrativos >7; clientes >100		3	3	3	B	Zonas seguras muy proximas a estanques
4	18H0743165/5821754	Villagra #455	Hotel		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 4m3, subterráneo		Auxiliares >3; administración >2;		3	3	3	B	Seguir conducto regular de plan de emergencia
5	18H0743070/5821457	Villagrán esq. Villagra	Supermercado		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 4m3, subterráneo		Trabajadores >15; auxiliares >2; administrativos >5; clientes >100		3	3	3	B	Seguir conducto regular de plan de emergencia
6	18H0742789/5821506	Villagrán esq. Gana	Supermercado		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial		Trabajadores >10; auxiliares >2; administrativos >5; clientes >100		3	3	3	B	Seguir conducto regular de plan de emergencia
7	18H0742261/5821600	Unzueta #052	Establecimiento educacional		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial		Docentes >15; Auxiliares >5; administración >5; estudiantes >500		3	3	3	C	Instalación de estanques muy proximas al establecimiento
8	18H0743146/5821365	Villagrán #785	Establecimiento educacional		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 4m3, subterráneo		Docentes >15; Auxiliares >5; administración >5; estudiantes >500		3	3	3	C	Instalación de estanques muy proximas al establecimiento
9	18H0743334/5822559	Arriagada esq. Balmaceda	Establecimiento educacional		GLP, más denso que el aire, 2 estanque de 2m3, subterráneo		Docentes >15; Auxiliares >5; administración >5; estudiantes >500		3	3	3	C	Seguir conducto regular de plan de emergencia
10	18H0743272/5822657	Sin dirección	Gim. Municipal		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, subterráneo		Trabajadores >2; auxiliares >1; clientes >25		2	3	2	B	Seguir conducto regular de plan de emergencia
11	18H0743249/5821660	San Martin esq. Pedro Lagos	Hospital		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, aéreo		Profesionales >50; Auxiliares >10; guardias >5; administrativos >15; clientes >100		3	3	3	C	Seguir conducto regular de plan de emergencia
12	18H0743570/5820497	Las Araucarias #0820	Establecimiento educacional		GLP, más denso que el aire, 2 estanque de 2m3, superficial		Docentes >10; Auxiliares >5; administración >5; estudiantes >500		3	3	3	C	Instalación de mecanismos de protección como barreras
13	18H0743855/5820907	O'Higgins #021	Establecimiento educacional		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, subterráneo		Docentes >15; Auxiliares >5; administración >5; estudiantes >500		3	3	3	C	Instalación de estanques muy proximas al establecimiento

Mulchén

	N°	UTM	Ubicación	Objeto	Operación	Peligro	Tipo de riesgo	Objetos amenazados	Consecuencias	Severidad		Pb	Pr	Comentarios/sugerencias
										V	VI			
Nacimiento	1	18h0706775/5846390	Octavio Jara Wolf #219	CECOF	Almacenamiento de GLP	GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial	Fuga de gas	Profesionales >25; Auxiliares >8; guardias >5; administrativos >15; clientes >100	Mareos, náuseas, dolor de cabeza, asfixia simple por desplazamiento del oxígeno, efectos sobre el sistema nervioso central.	3	3	3	C	Seguir conducto regular de plan de emergencia
	2	18h0704986/5847348	Av. España #1125	Establecimiento educacional		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial		Docentes >15; Auxiliares >5; administración >5; estudiantes >500		3	3	3	C	Instalación de mecanismos de protección como barreras
	3	18h0705411/5846416	El Palqui #915	Mutual		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial		Profesionales >50; Auxiliares >10; guardias >5; administrativos >15; clientes >100		2	3	3	C	Seguir conducto regular de plan de emergencia
	4	18h0705139/5846934	Montri esq. Quilapan #553	Villa		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 4m3, superficial		Guardias >1; asesoras del hogar >10; residentes >50		2	3	3	B	Instalación de mecanismos de protección como barreras
	5	18h0705155/5846970	Quilapan esq. Fernando Val.	Villa		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 4m3, superficial		Guardias >1; asesoras del hogar >10; residentes >50		2	3	3	B	Instalación de mecanismos de protección como barreras
	6	18h0707006/5846063	Caupolicán #508	Hostal		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial		Auxiliares >3; administración >2;		2	3	3	B	Instalación de mecanismos de protección como barreras
	7	18h0705185/5847118	San Martín #969	Fabrica de cerámicas		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial		Trabajadores >20; guardias >2; clientes >30		2	3	2	C	Seguir conducto regular de plan de emergencia
	8	18h0706850/5845994	Av. Lautaro	Hostal		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial		Auxiliares >3; administración >2;		2	3	3	B	Instalación de mecanismos de protección como barreras

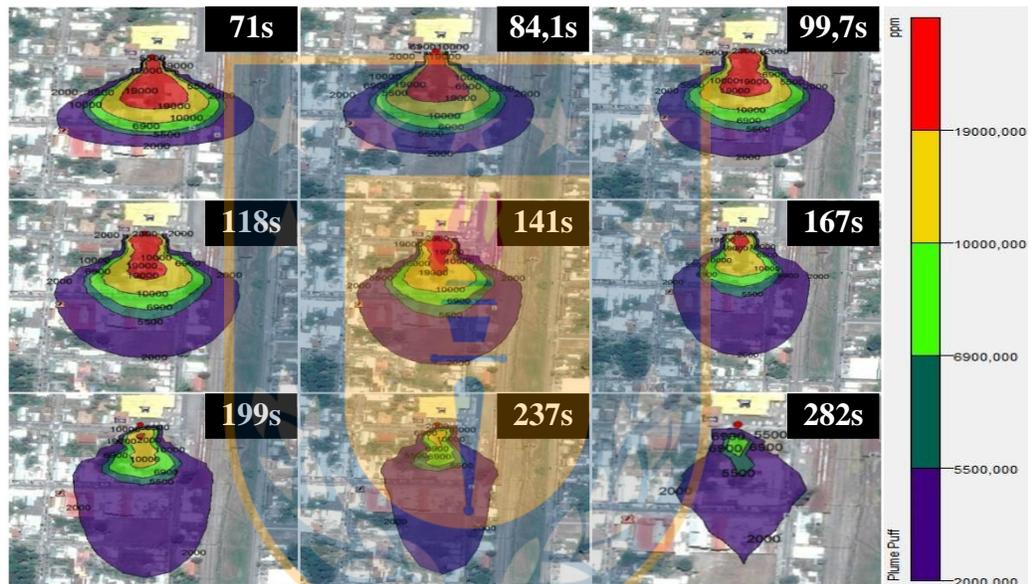


Laja	Nº	UTM	Ubicación	Objeto	Operación	Peligro	Tipo de riesgo	Objetos amenazados	Consecuencias	Severidad		Pb	Pr	Comentarios/sugerencias
										V	VI			
	1	18h0702800/5871605	Baquedano #230	Iglesia		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, subterráneo		Aseadores >5; Jardineros >2; Publico >15		2	3	2	B	Seguir conducto regular de plan de emergencia
	2	18h0702527/5871620	Balmaceda #320	Establecimiento educacional		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial		Docentes >15; Auxiliares >5; administración >5; estudiantes >500		3	3	3	C	Instalación de mecanismos de protección como barreras
	3	18h0702472/5871499	O'Higgins #10	Mercado		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, subterráneo		Trabajadores >50; auxiliares >5; clientes >100	Mareos, nauseas, dolor de cabeza, asfixia simple por desplazamiento del oxígeno, efectos sobre el sistema nervioso central.	2	3	2	C	Seguir conducto regular de plan de emergencia
	4	18h0702417/5871849	Balmaceda #640	Supermercado	Almacenamiento de GLP	GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 4m3, superficial	Fuga de gas	Trabajadores >20; auxiliares >2; administrativos >5; clientes >100		3	3	3	B	Zonas seguras muy proximas a estanques
	5	18h0702651/5871315	Balmaceda #62	Supermercado		GLP, más denso que el aire, 2 estanque de 2m3, superficial		Trabajadores >15; auxiliares >2; administrativos >5; clientes >100		3	3	3	B	Zonas seguras muy proximas a estanques
	6	18h0702880/5873230	Av. Los Ríos #800	Establecimiento educacional		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, superficial		Docentes >15; Auxiliares >5; administración >5; estudiantes >500		3	3	3	C	Instalación de mecanismos de protección como barreras
	7	18h0702787/5871757	Baquedano	Establecimiento educacional		GLP, más denso que el aire, 1 estanque de 2m3, subterráneo		Docentes >10; Auxiliares >5; administración >5; estudiantes >500		3	3	2	C	Seguir conducto regular de plan de emergencia

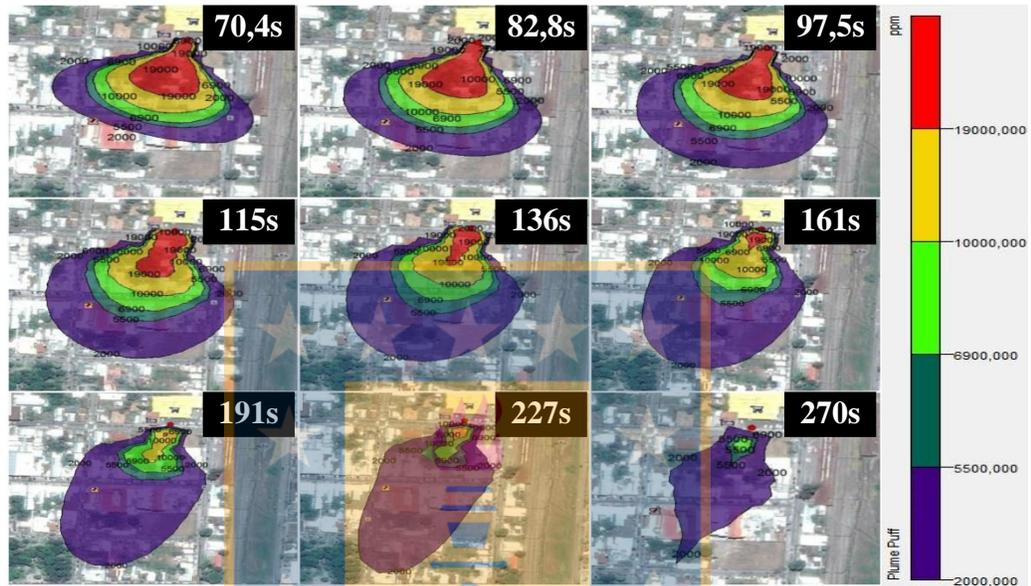
Anexo 6. Modelaciones realizadas en cuatro comunas de la Provincia del Biobío.

1. Modelaciones en la comuna de Cabrero.

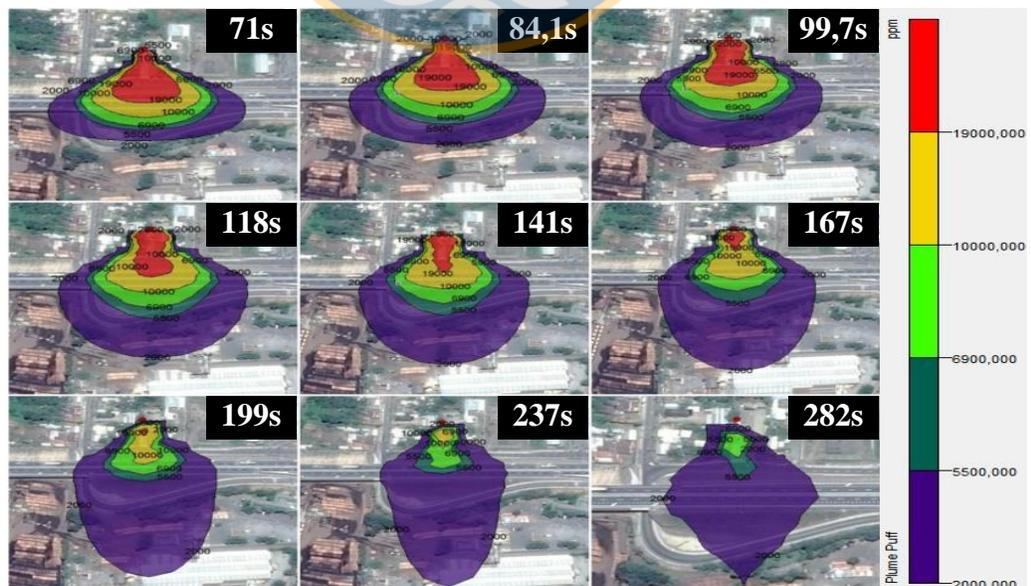
1.1 Modelación 1, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m^3 , condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180° . Ubicación en UTM 18H0731186/5898244.



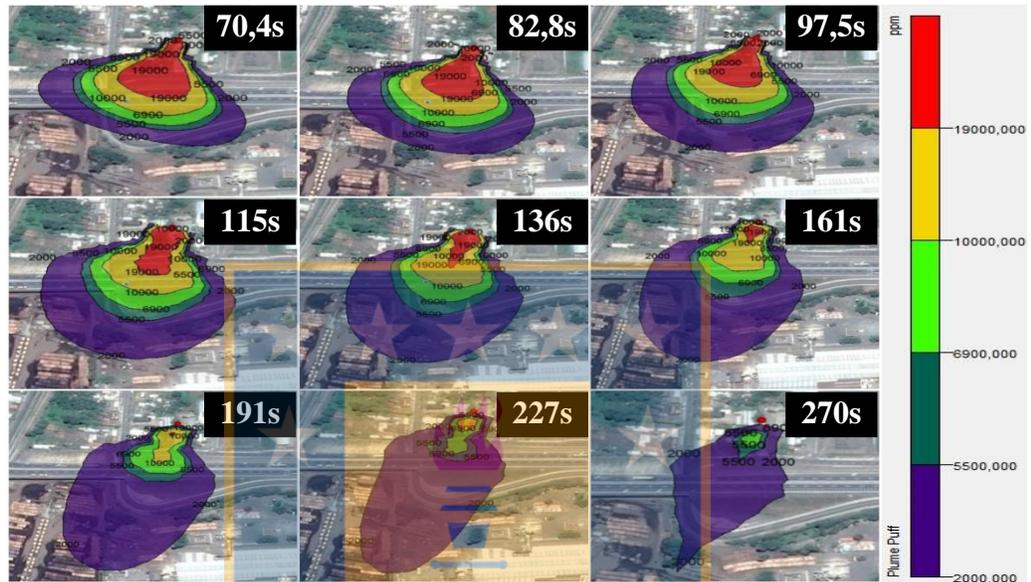
1.2 Modelación 2, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0731186/5898244.



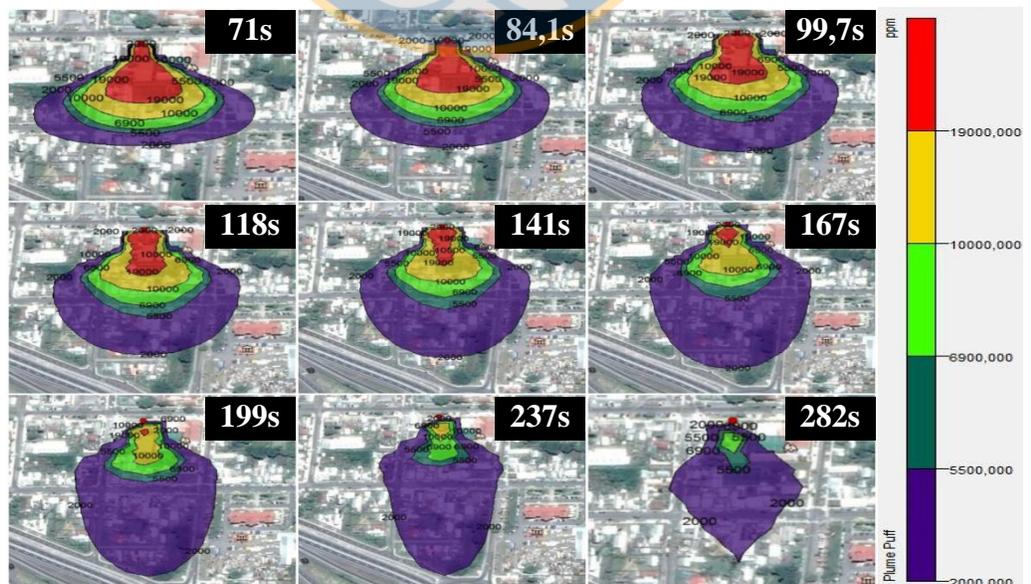
1.3 Modelación 3, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0731339/5897505.



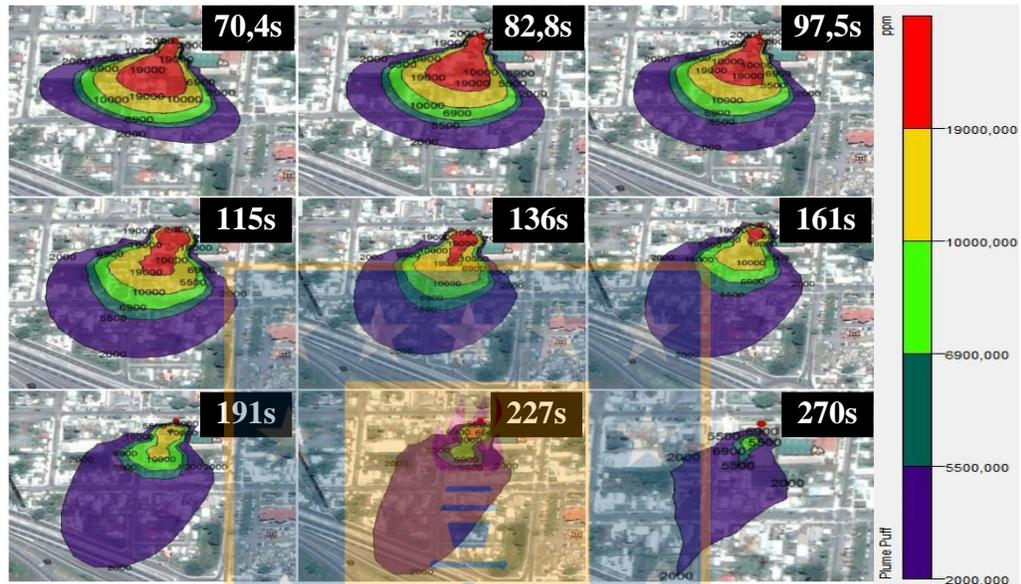
1.4 Modelación 4, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0731339/5897505.



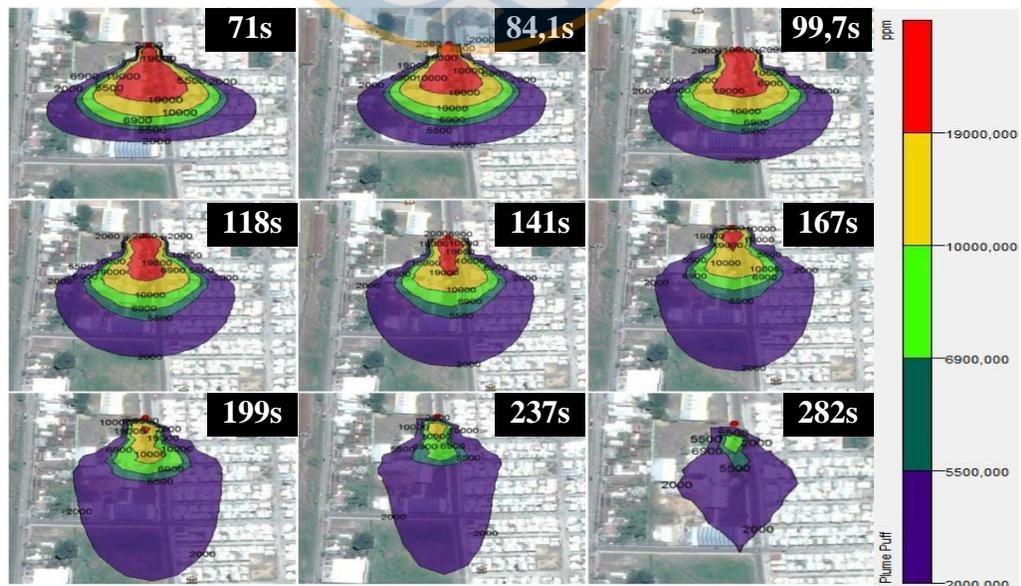
1.5 Modelación 5, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0730731/5897943.



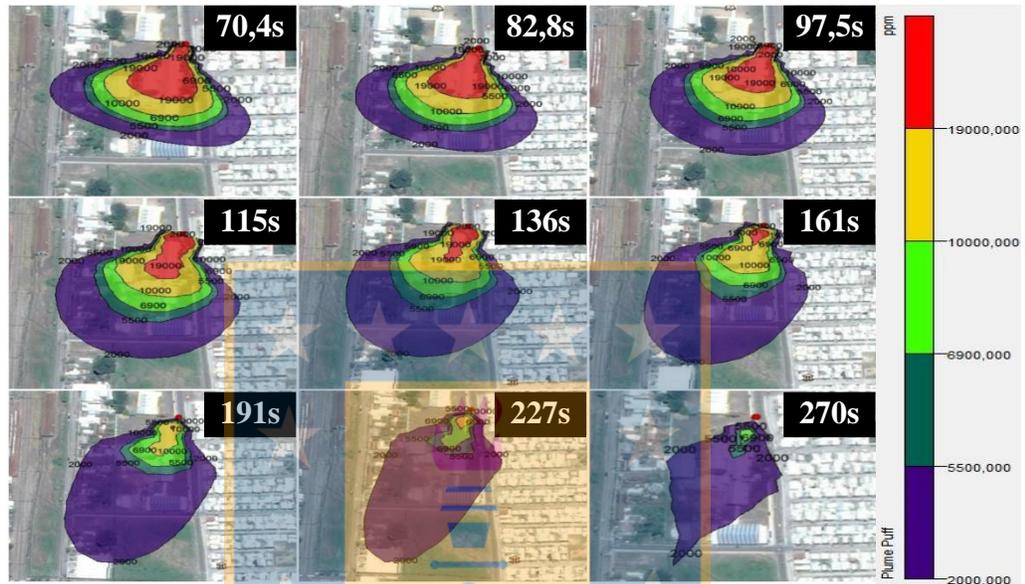
1.6 Modelación 6, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m^3 , condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200° . Ubicación en UTM 18H0730731/5897943.



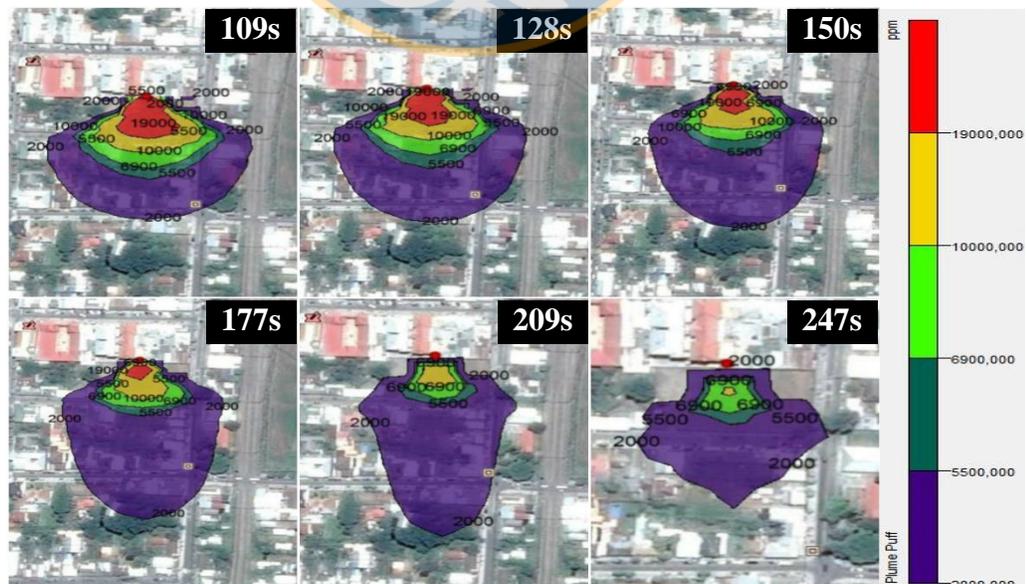
1.7 Modelación 7, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m^3 , condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180° . Ubicación en UTM 18H0731459/5898231.



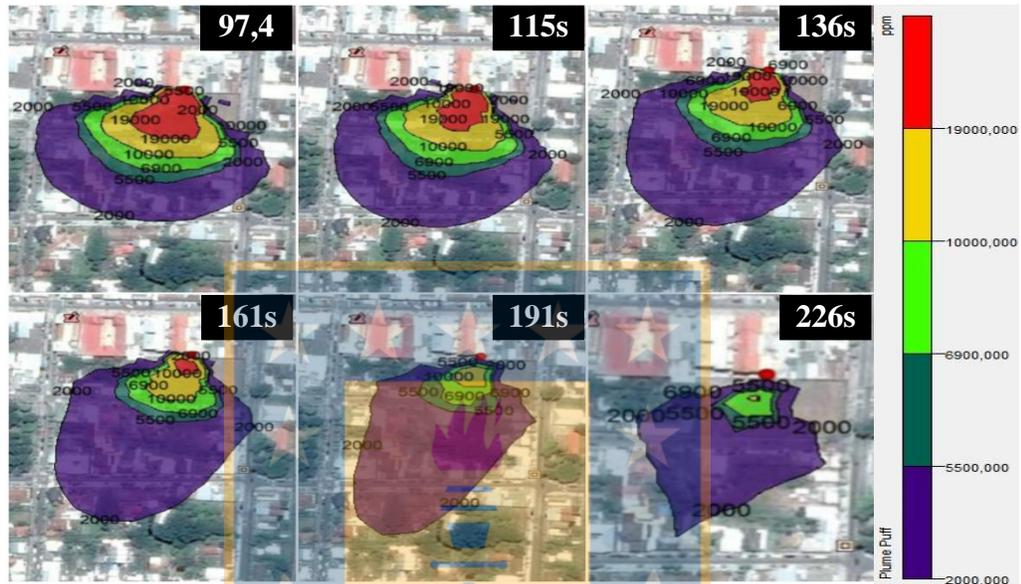
1.8 Modelación 8, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0731459/5898231.



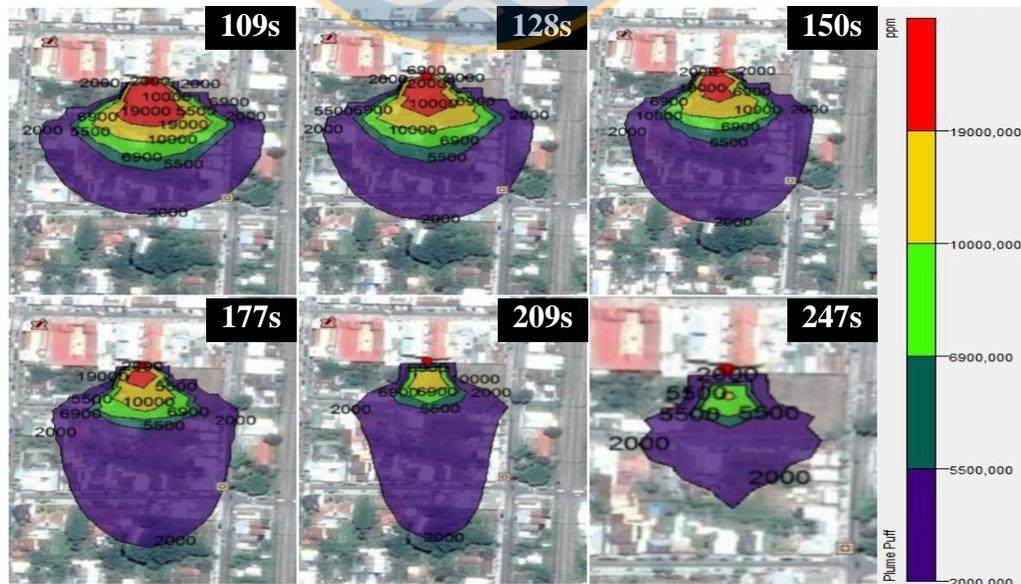
1.9 Modelación 9, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0731175/5898082.



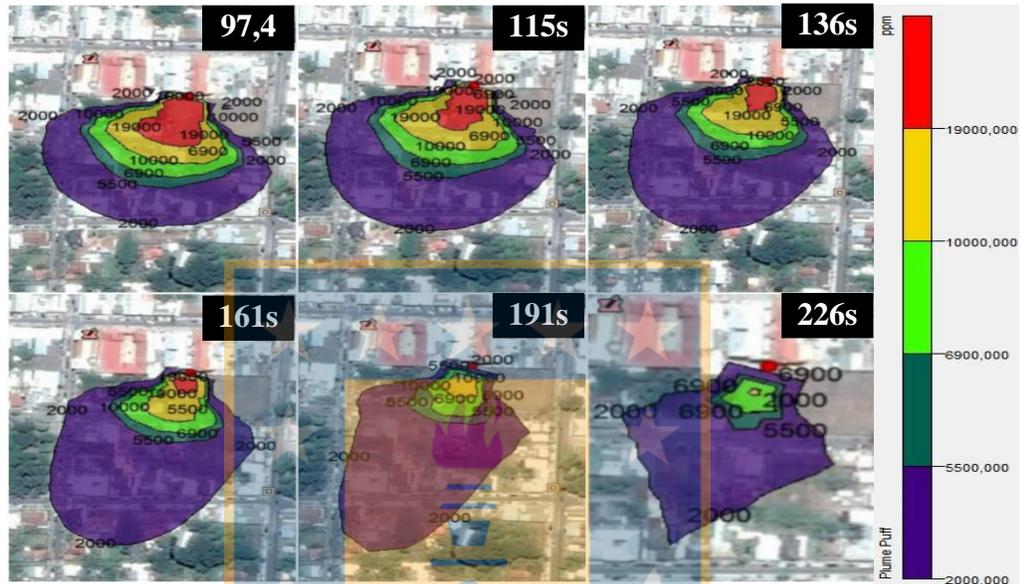
1.10 Modelación 10, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0731175/5898082.



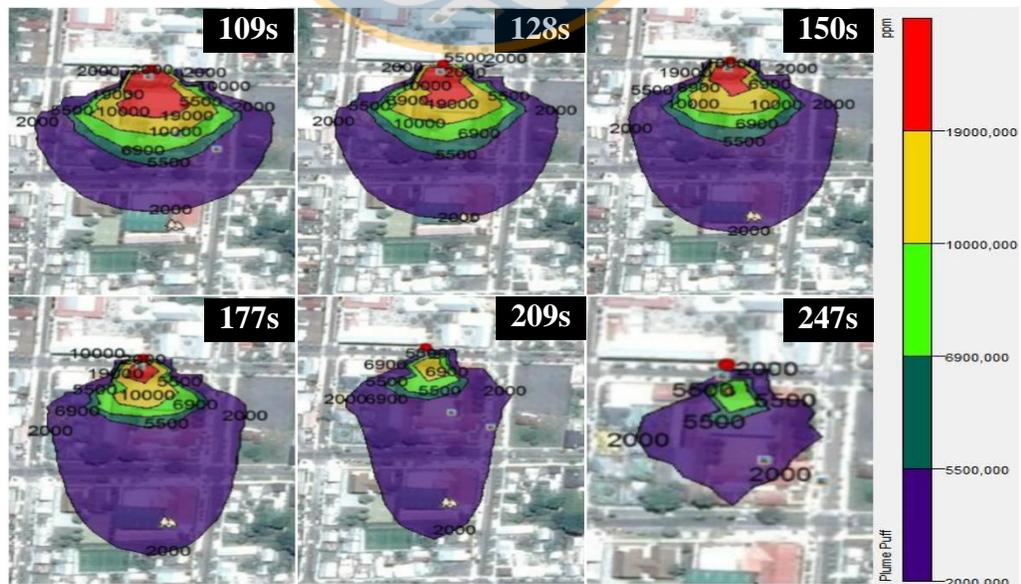
1.11 Modelación 11, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0731158/5898082.



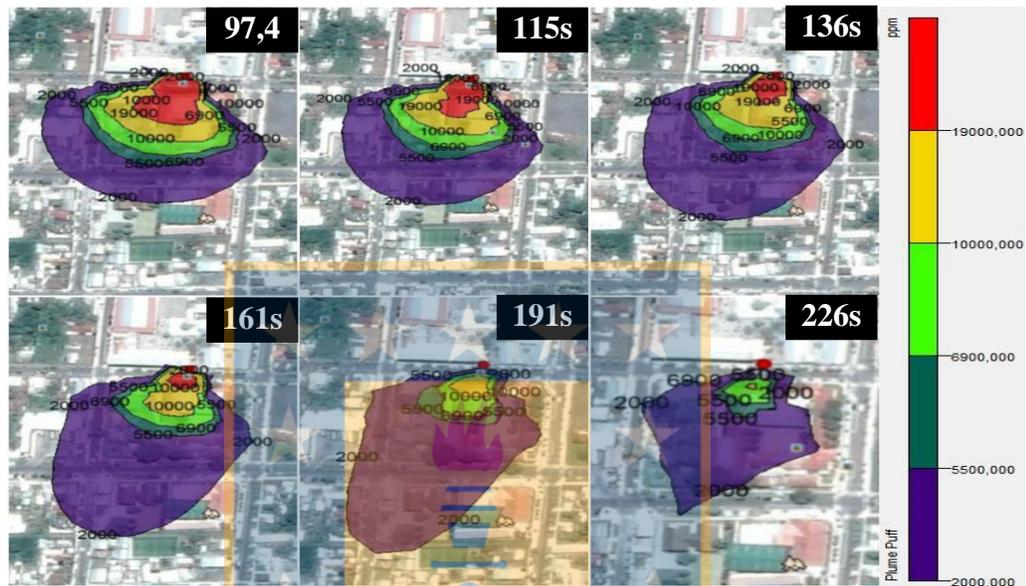
1.12 Modelación 12, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0731158/5898082.



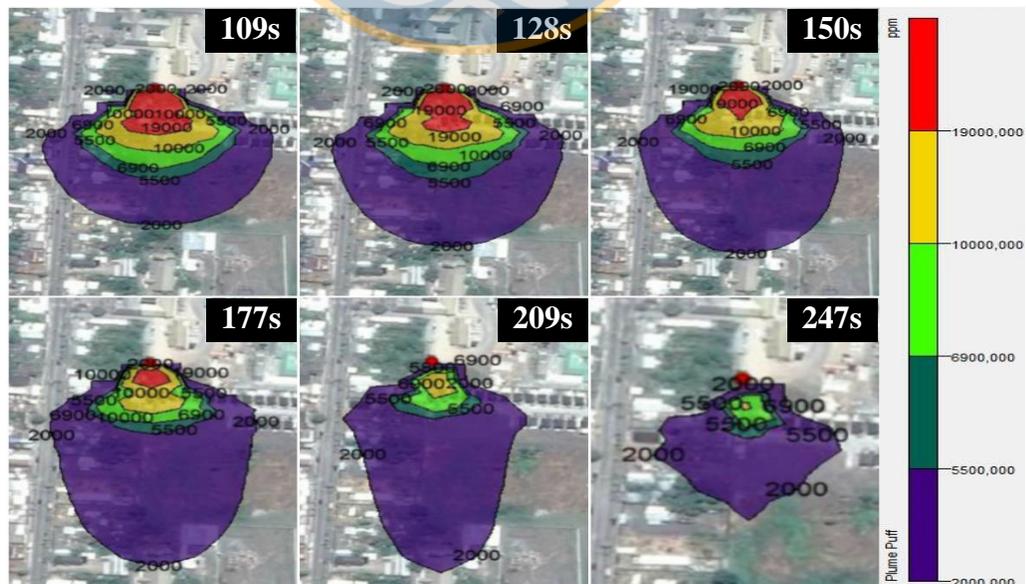
1.13 Modelación 13, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0730767/5898065.



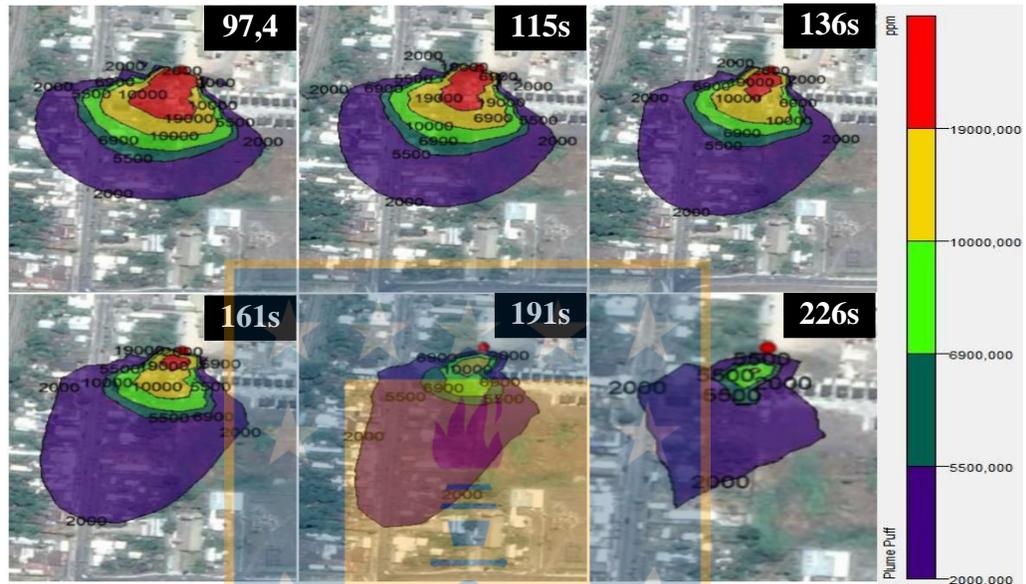
1.14 Modelación 14, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0730767/5898065.



1.15 Modelación 15, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0731351/5897695.



1.16 Modelación 16, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0731351/5897695.

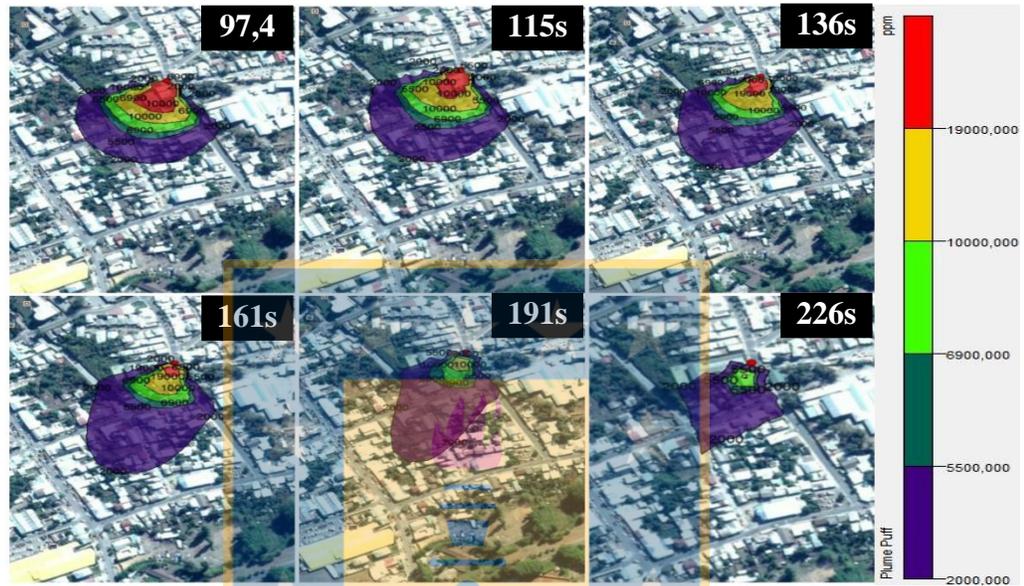


2. Modelaciones en la comuna de Laja.

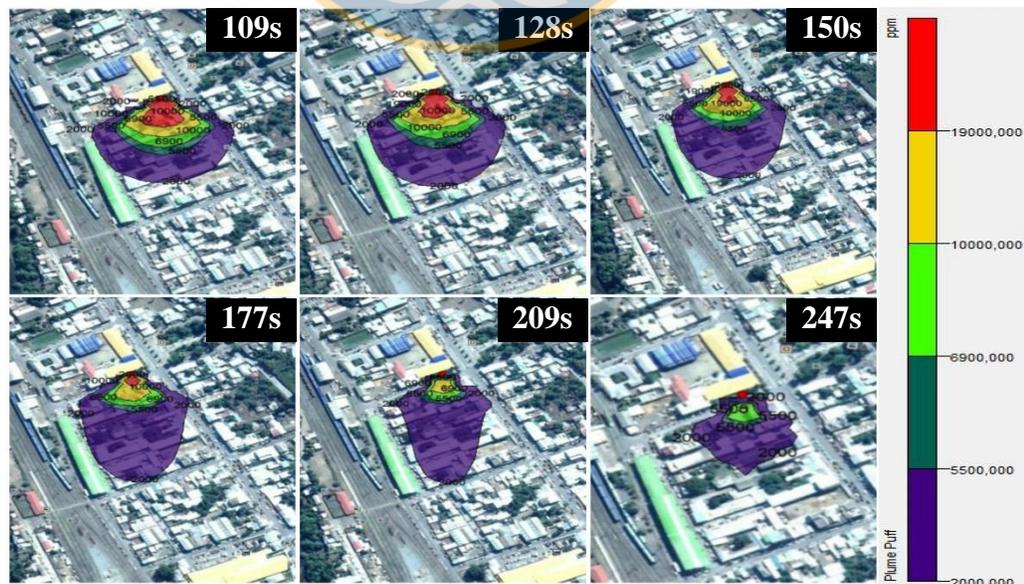
2.1 Modelación 1, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0702800/5871605.



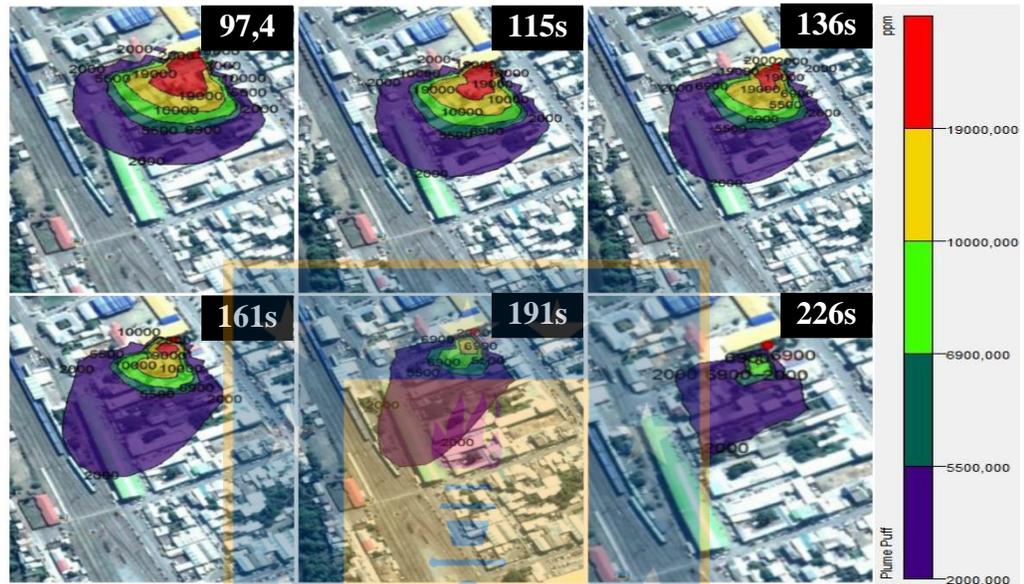
2.2 Modelación 2, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0702800/5871605.



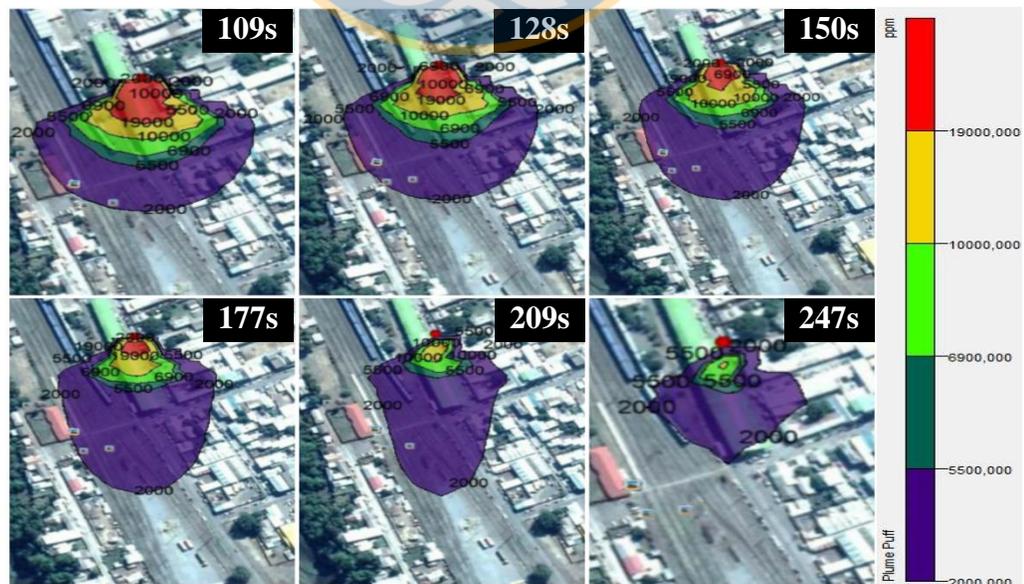
2.3 Modelación 3, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0702527/5871620.



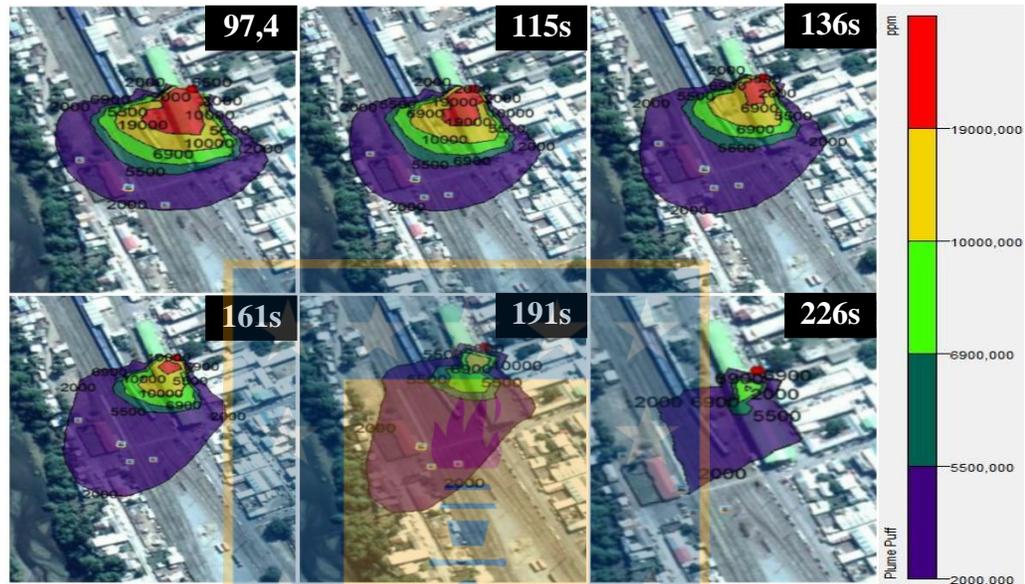
2.4 Modelación 4, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0702527/5871620.



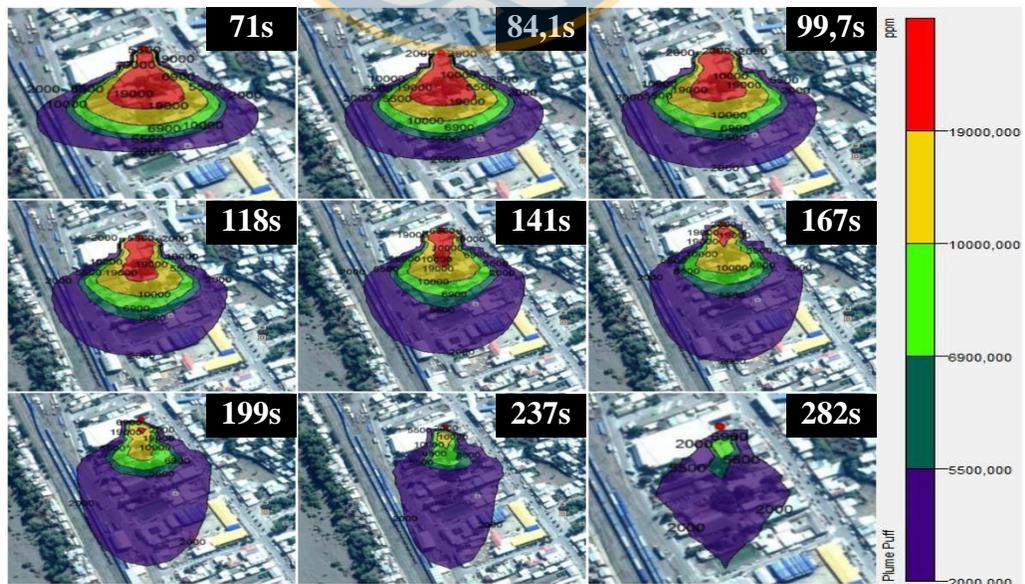
2.5 Modelación 5, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0702472/5871499.



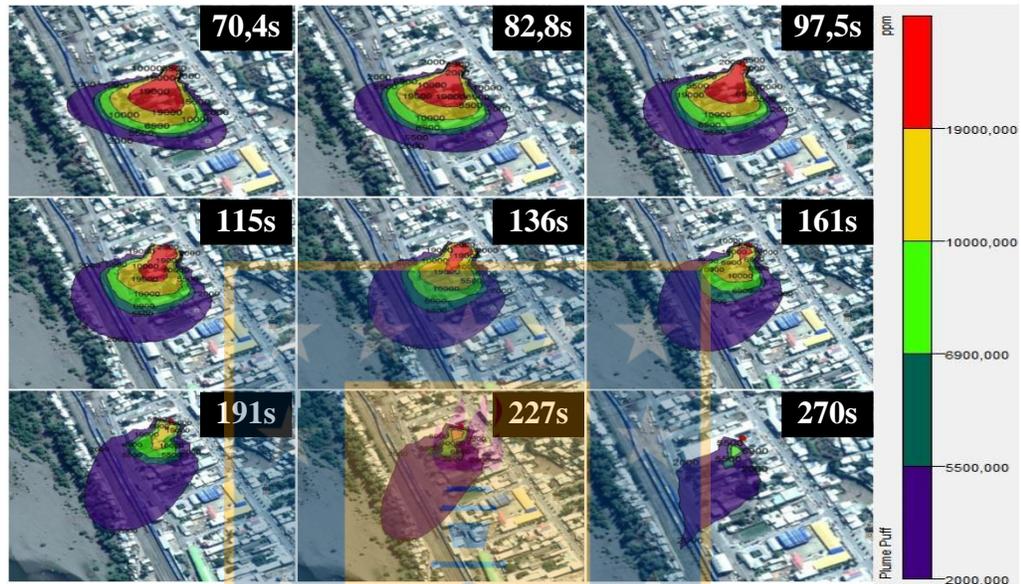
2.6 Modelación 6, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0702472/5871499.



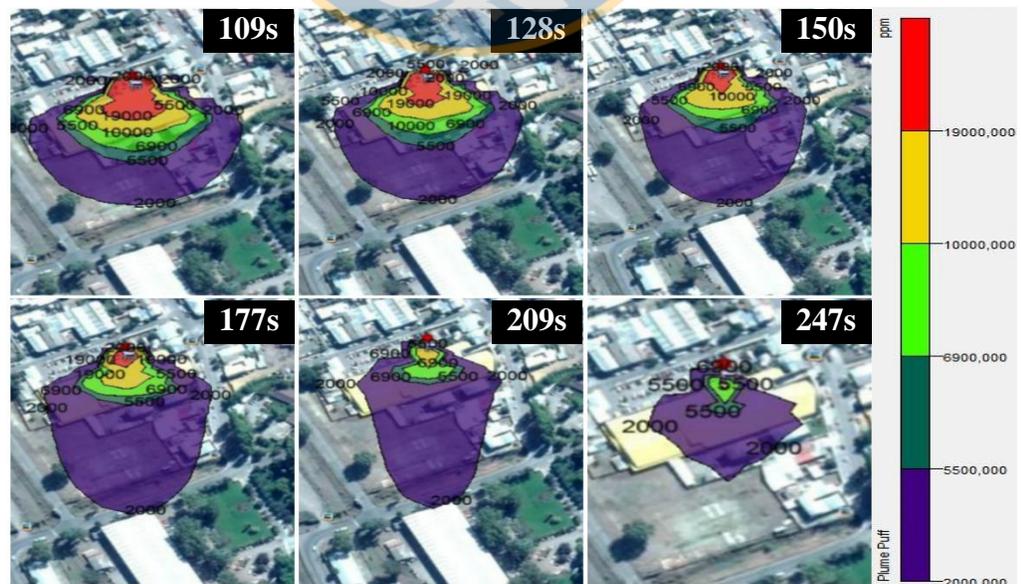
2.7 Modelación 7, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0702417/5871849.



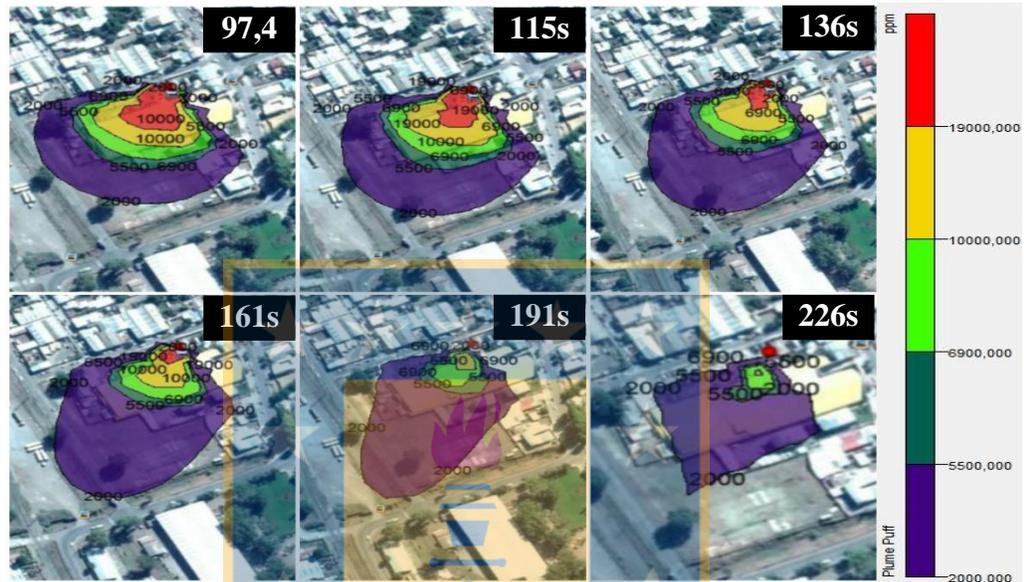
2.8 Modelación 8, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0702417/5871849.



2.9 Modelación 9, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0702651/5871315.



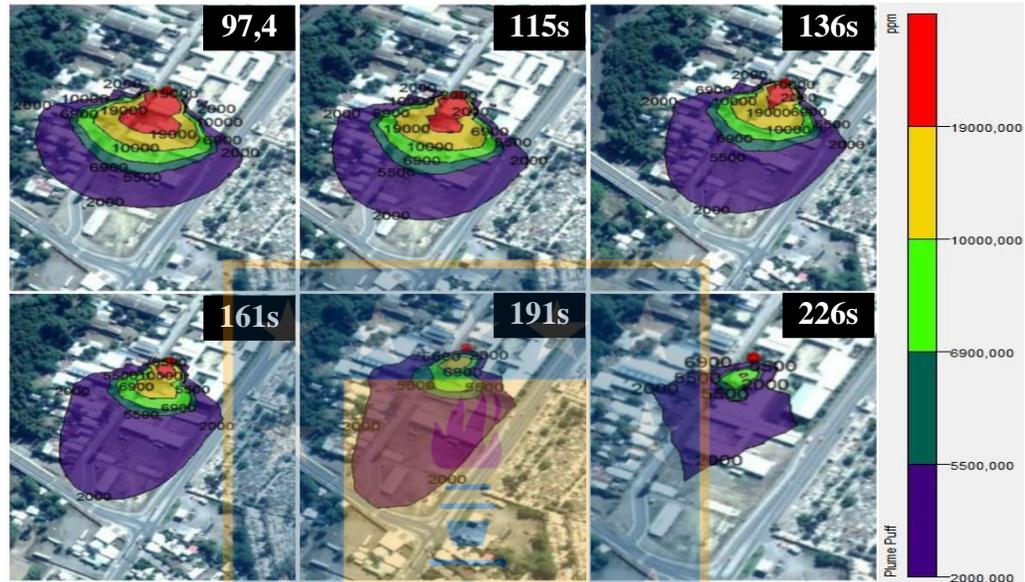
2.10 Modelación 10, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0702651/5871315.



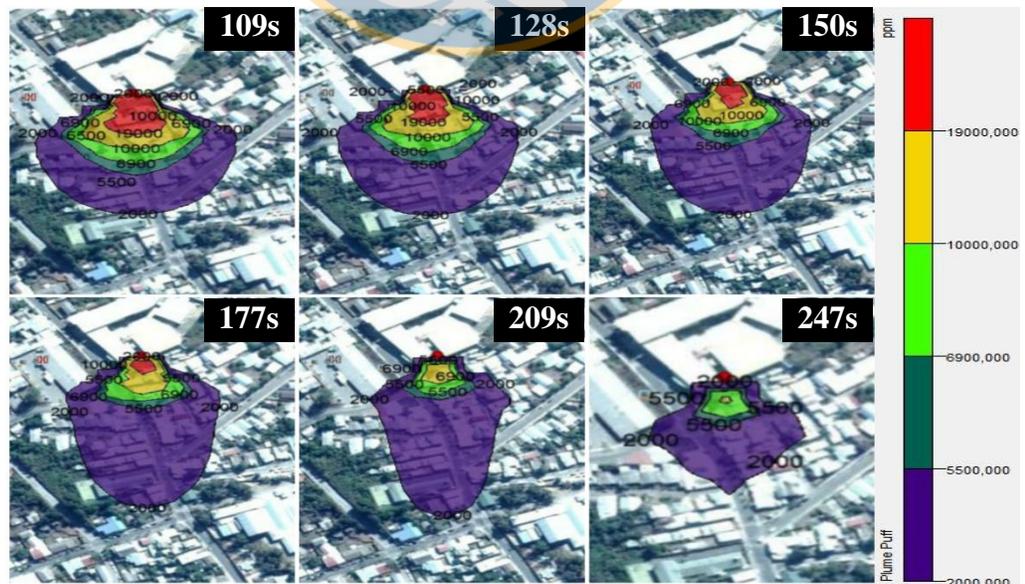
2.11 Modelación 11, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0702880/5873230.



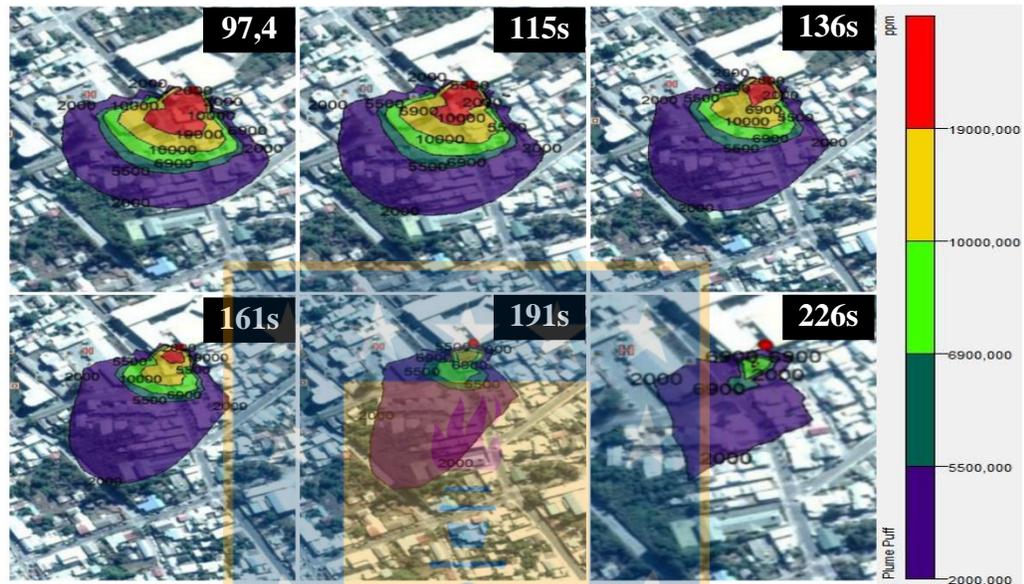
2.12 Modelación 12, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m^3 , condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200° . Ubicación en UTM 18H0702880/5873230.



2.13 Modelación 13, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m^3 , condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180° . Ubicación en UTM 18H0702787/5871757.

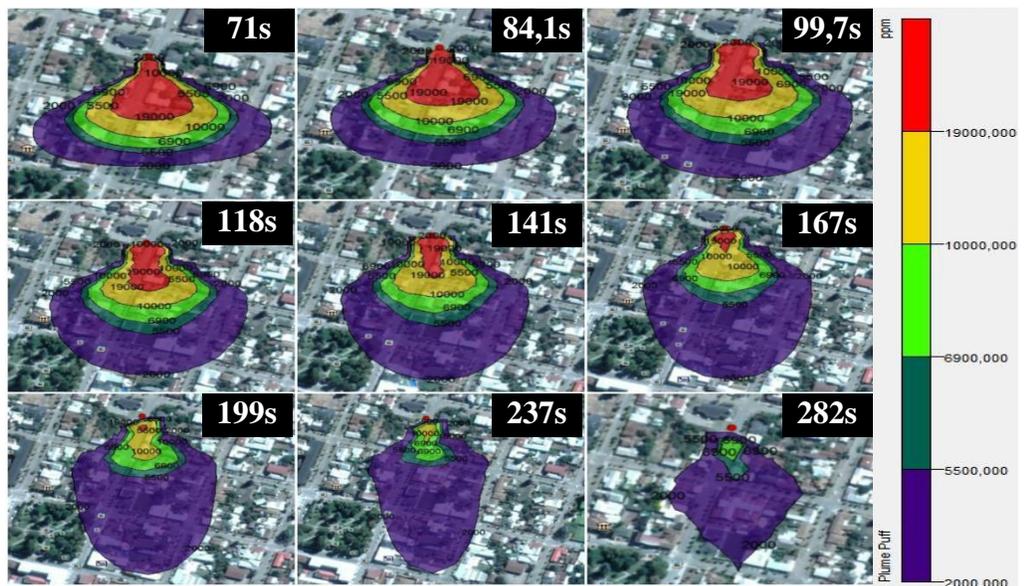


2.14 Modelación 14, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0702787/5871757.

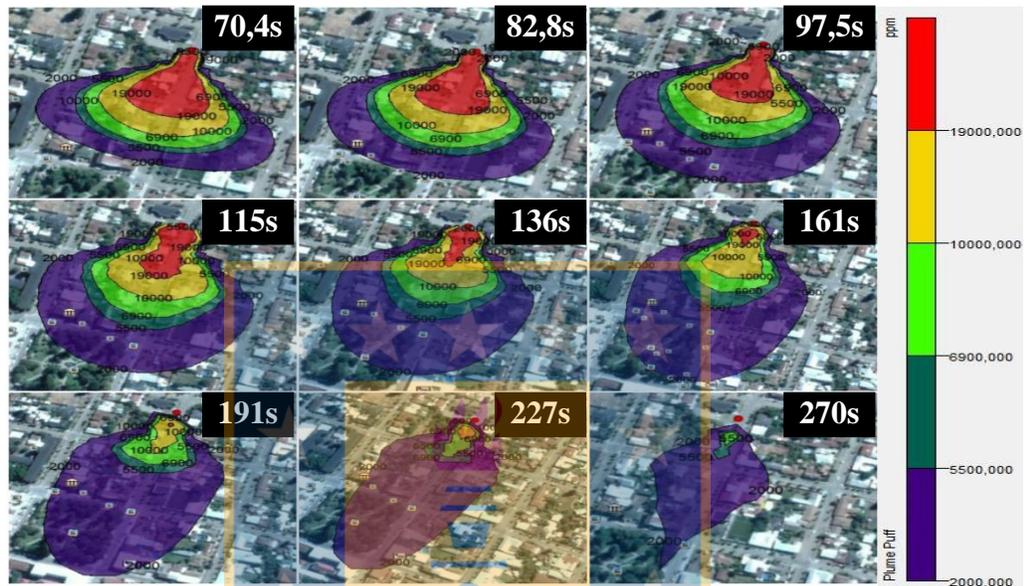


3. Modelaciones en la comuna de Mulchén.

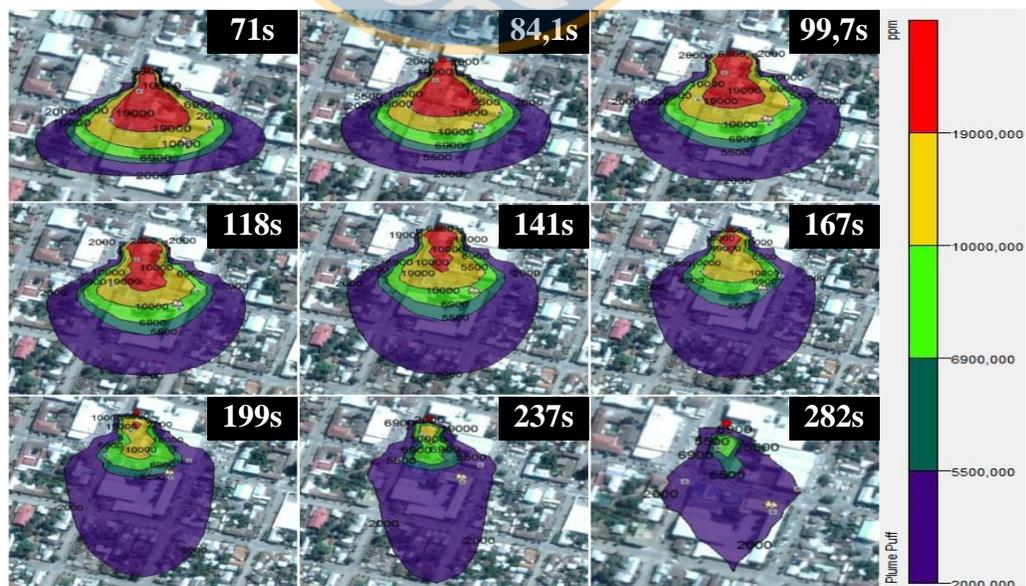
3.1 Modelación 1, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0742997/5821859.



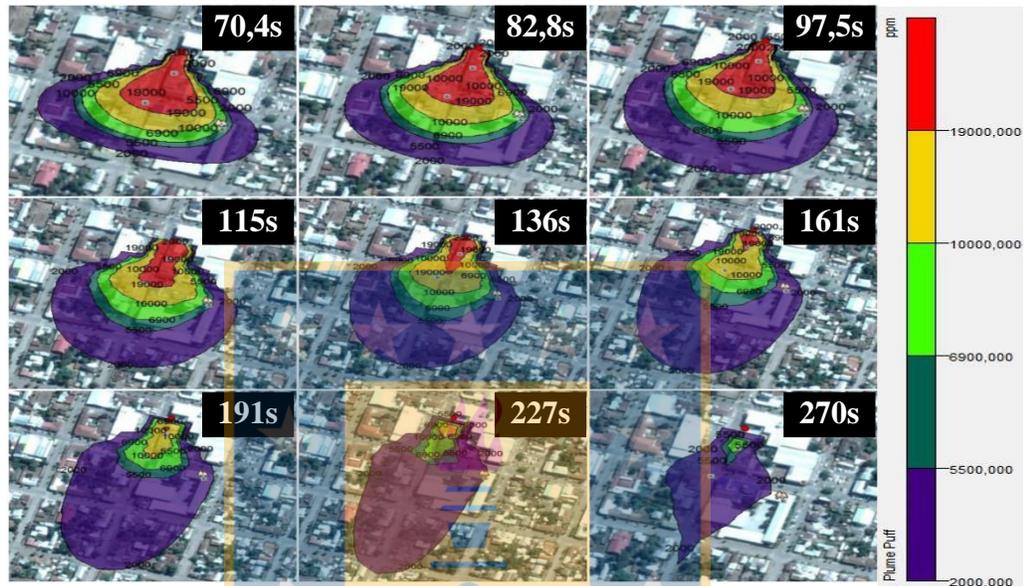
3.2 Modelación 2, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0742997/5821859.



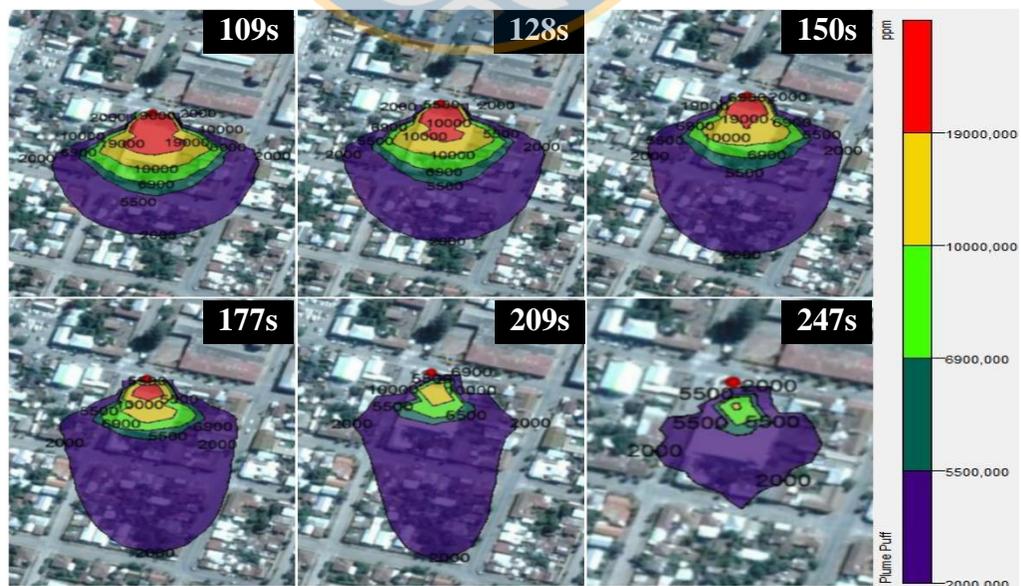
3.3 Modelación 3, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0743109/5821505.



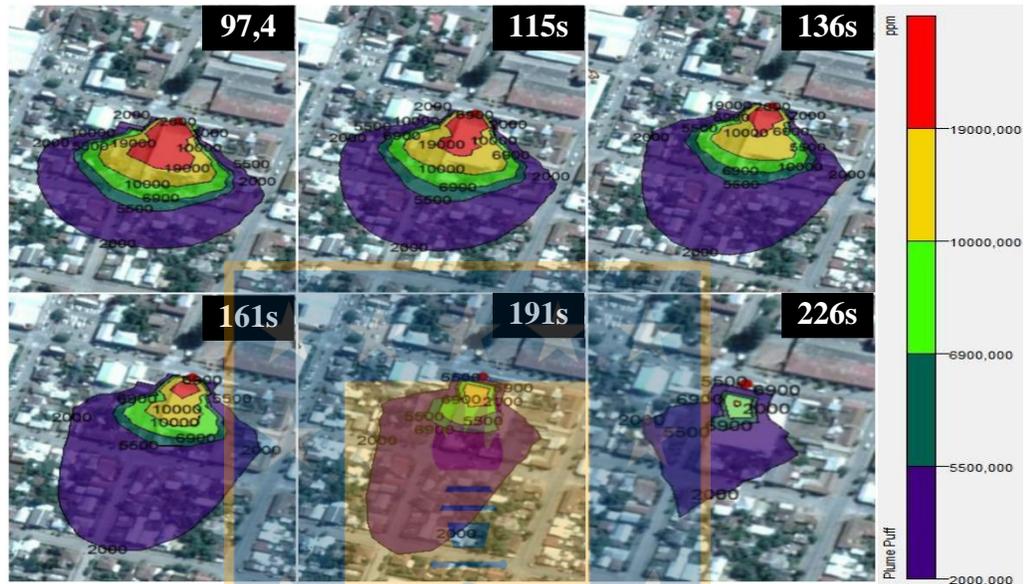
3.4 Modelación 4, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0743109/5821505.



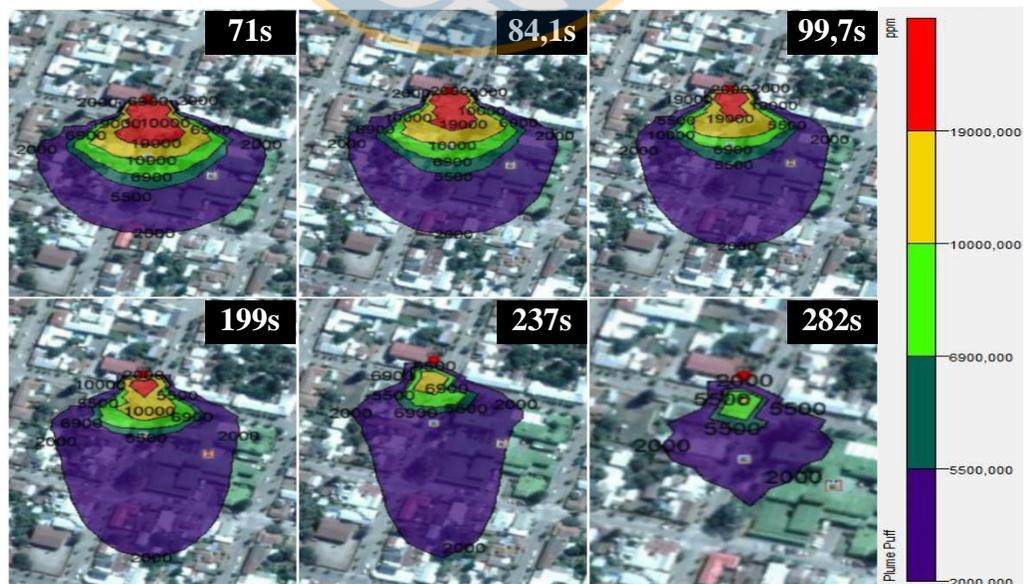
3.5 Modelación 5, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0743279/5821366.



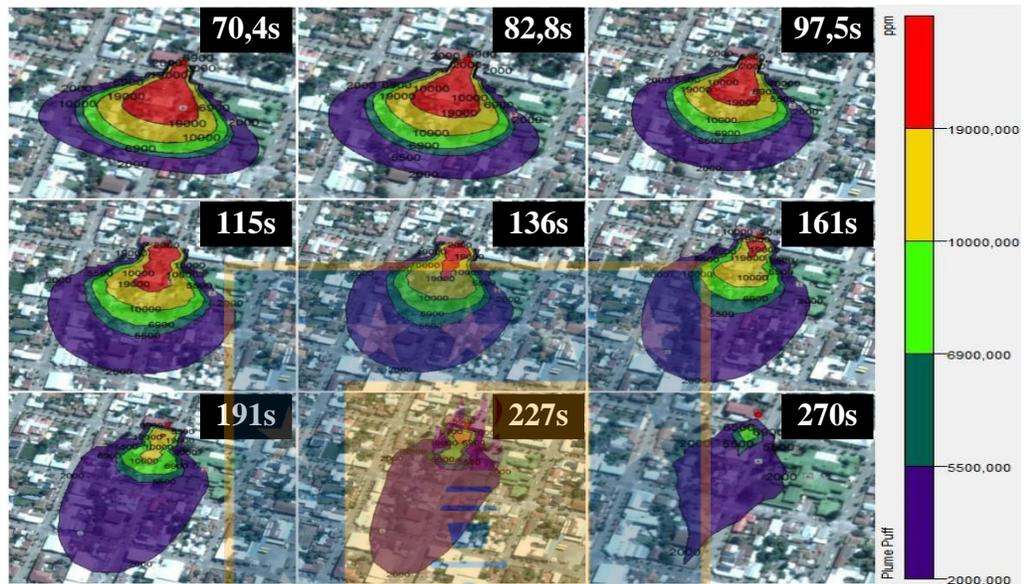
3.6 Modelación 6, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0743279/5821366.



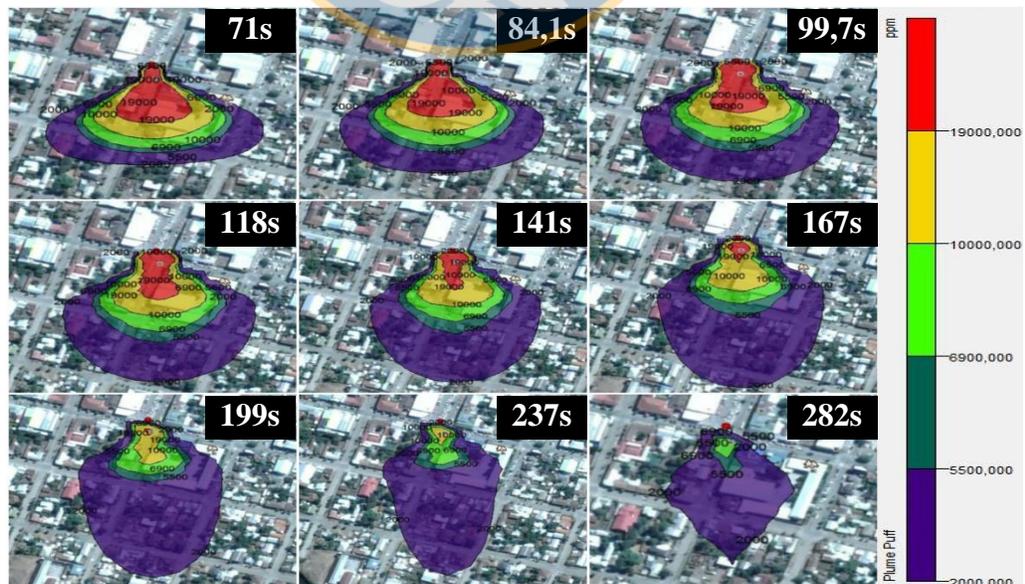
3.7 Modelación 7, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0743165/5821754.



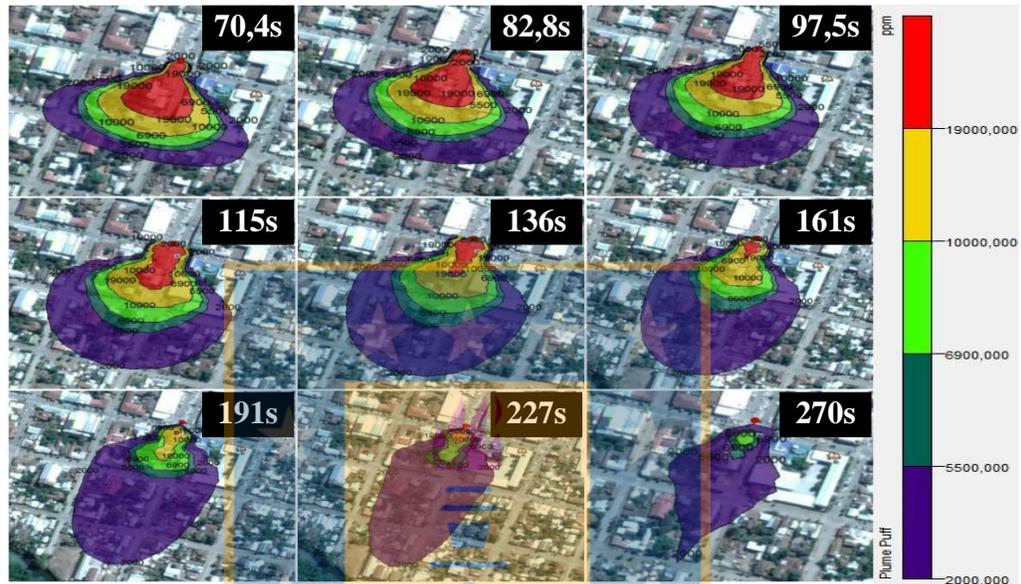
3.8 Modelación 8, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0743165/5821754.



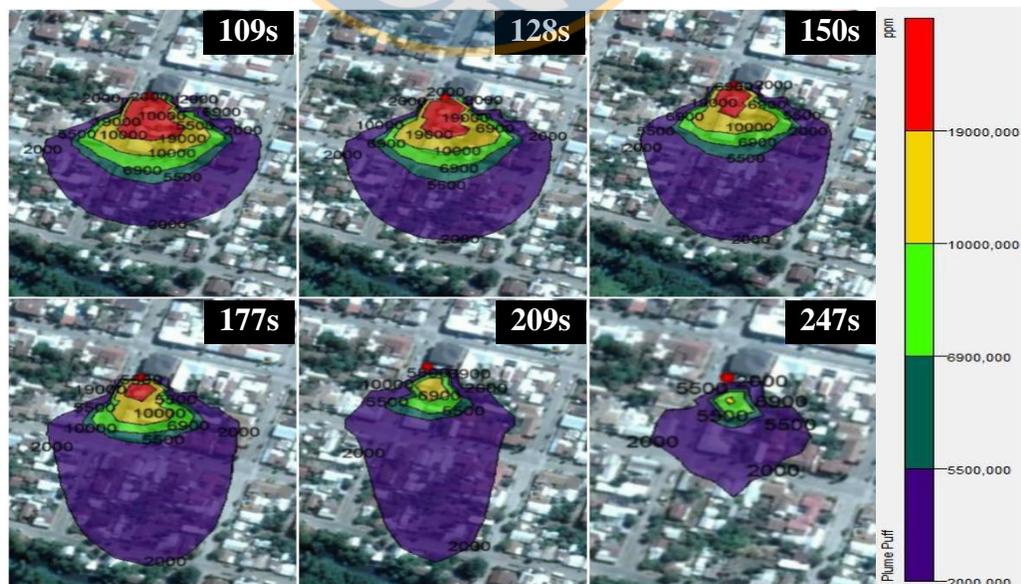
3.9 Modelación 9, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0743070/5821457.



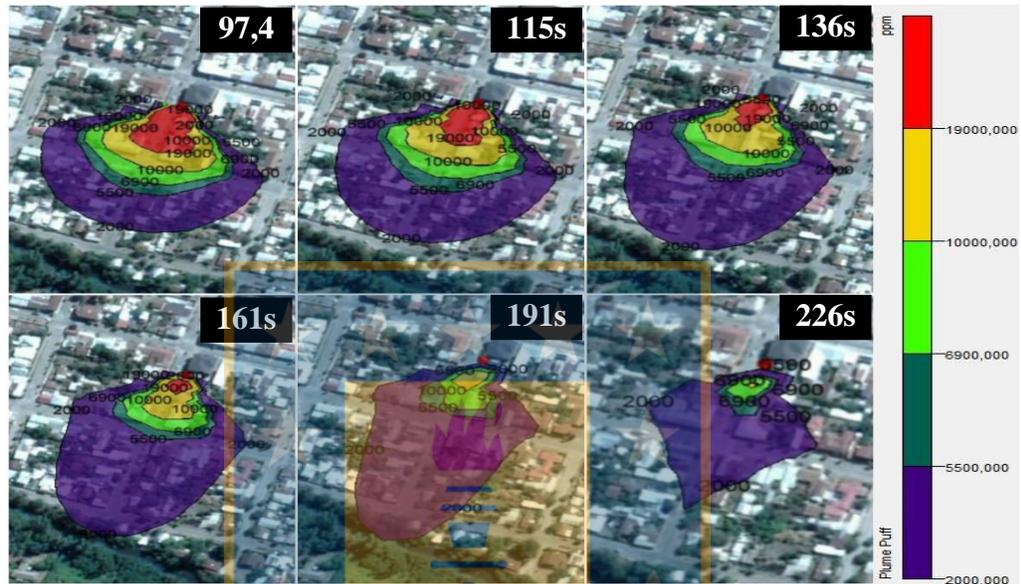
3.10 Modelación 10, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0743070/5821457.



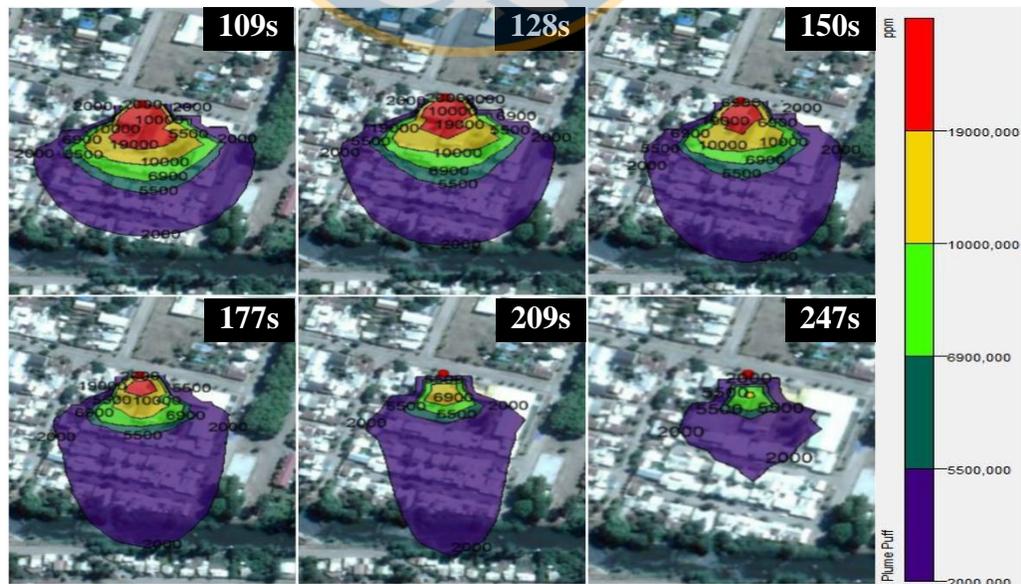
3.11 Modelación 11, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0742789/5821506.



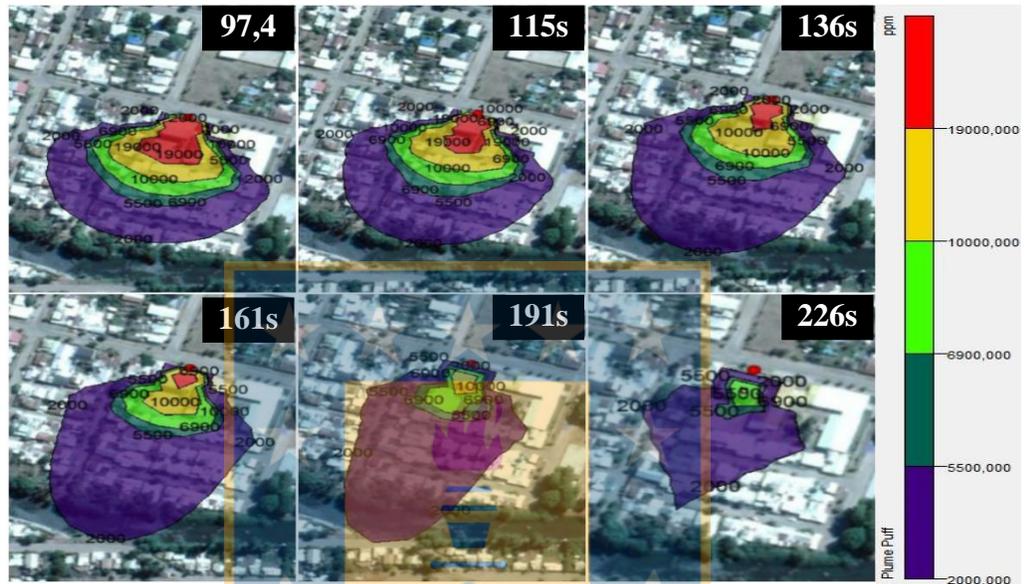
3.12 Modelación 12, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m^3 , condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200° . Ubicación en UTM 18H0742789/5821506.



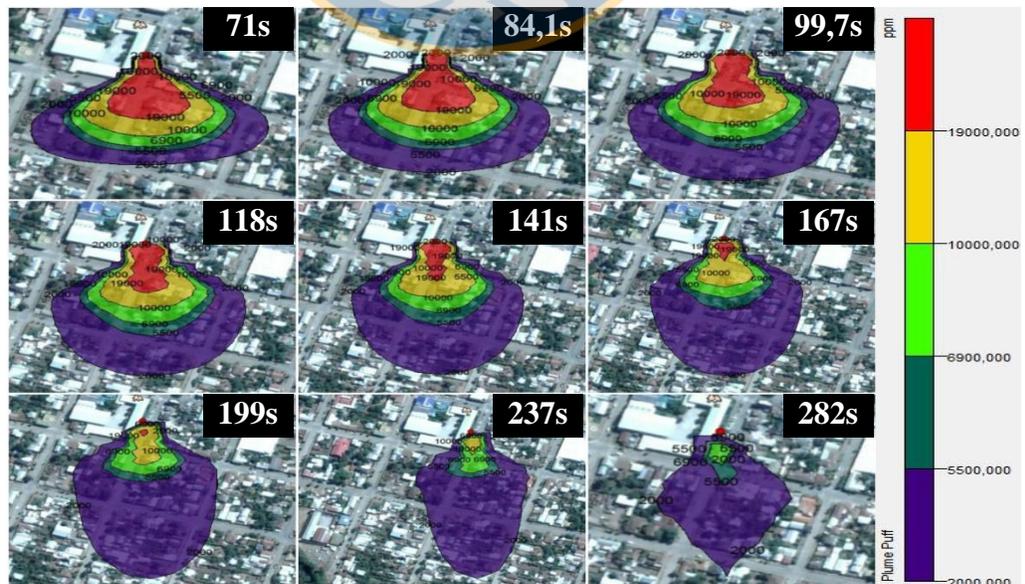
3.13 Modelación 13, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m^3 , condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180° . Ubicación en UTM 18H0742261/5821600.



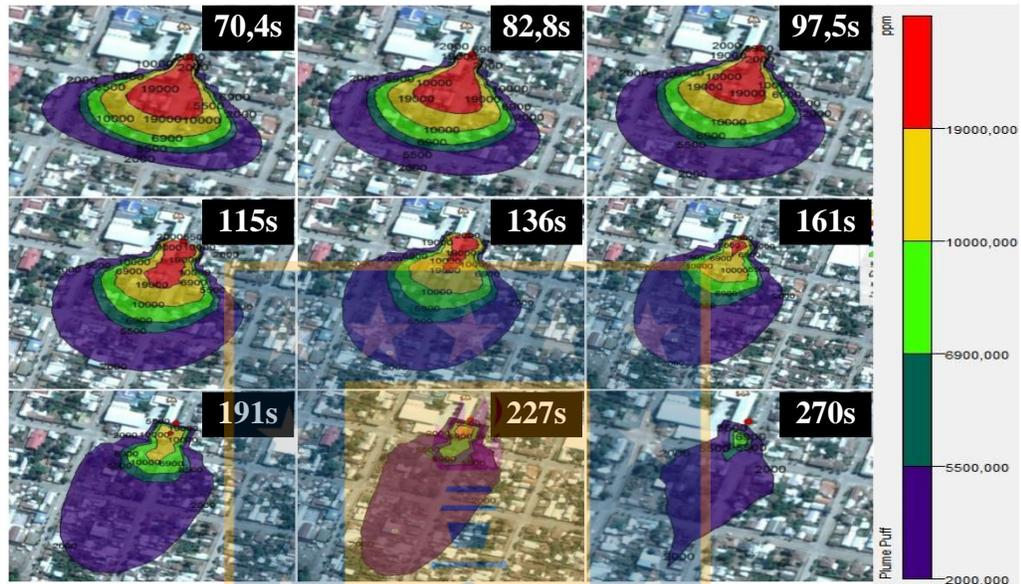
3.14 Modelación 14, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0742261/5821600.



3.15 Modelación 15, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0743146/5821365.



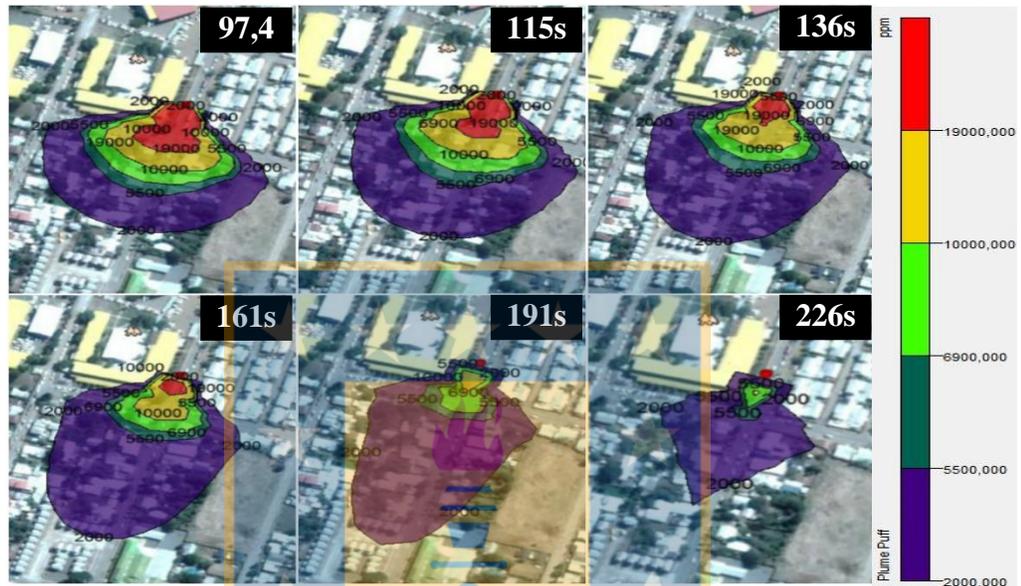
3.16 Modelación 16, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0743146/5821365.



3.17 Modelación 17, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0743334/5822559.



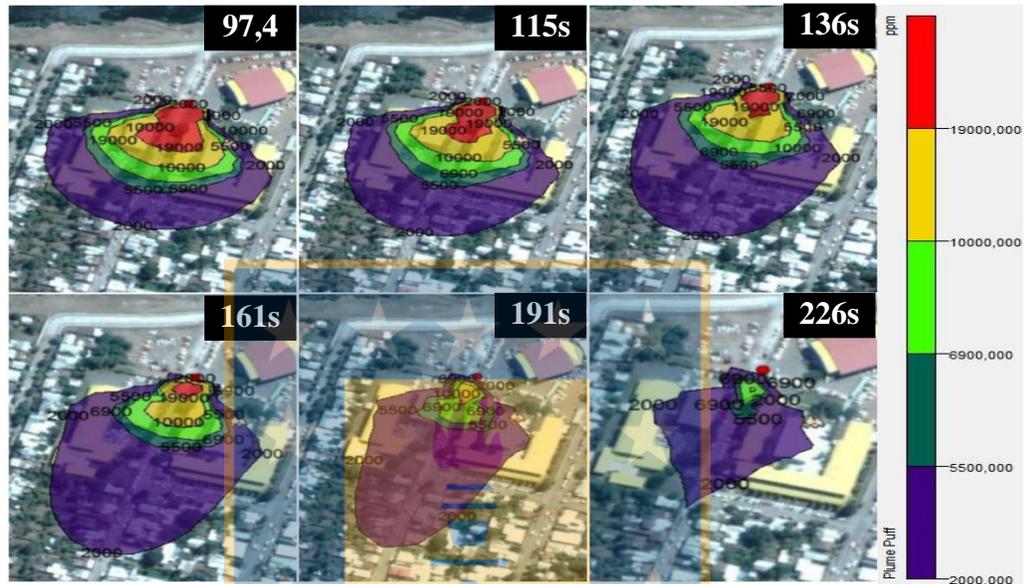
3.18 Modelación 18, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0743334/5822559.



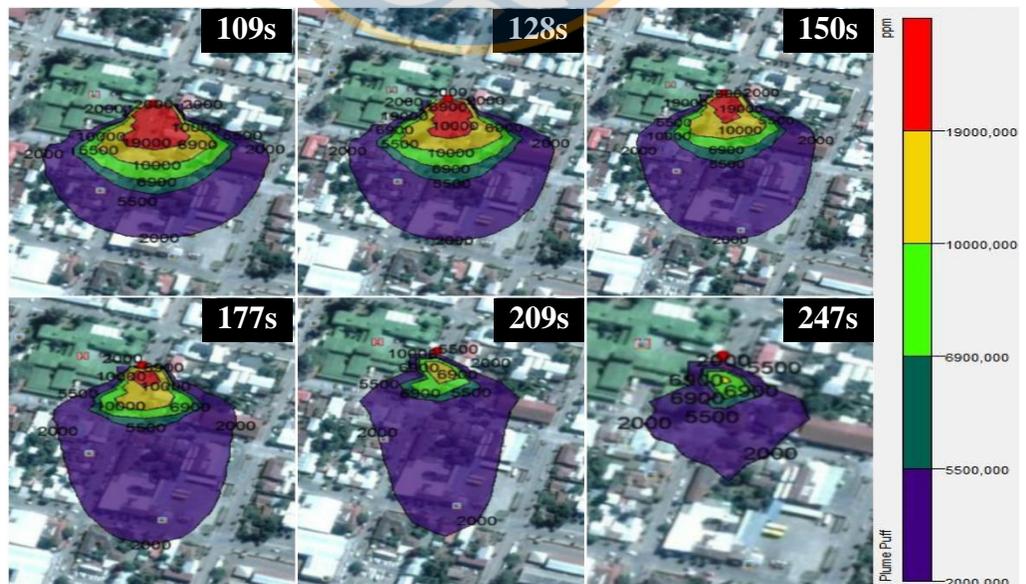
3.19 Modelación 19, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0743272/5822657.



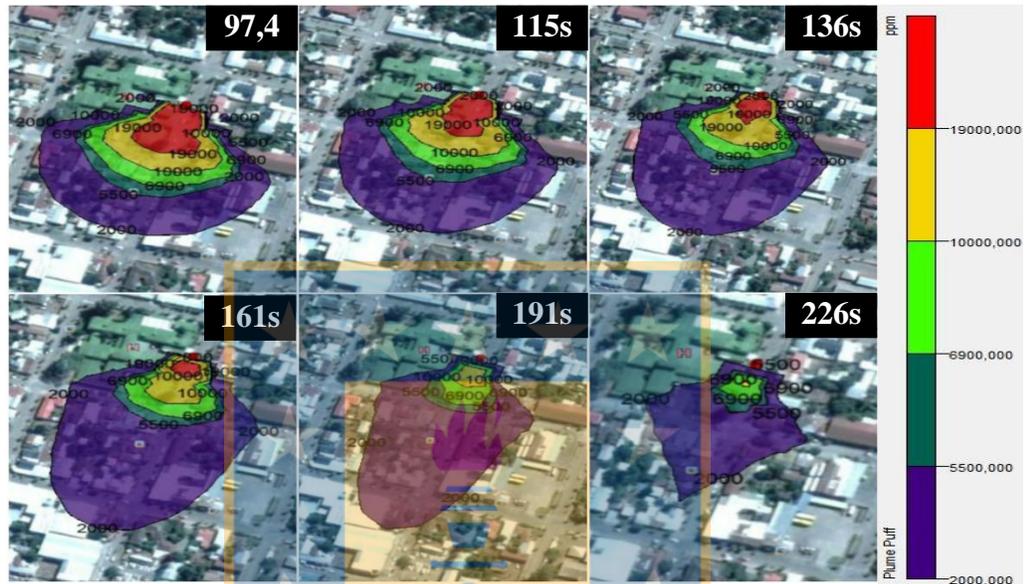
3.20 Modelación 20, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m^3 , condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200° . Ubicación en UTM 18H0743272/5822657.



3.21 Modelación 21, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m^3 , condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180° . Ubicación en UTM 18H0743249/5821660.



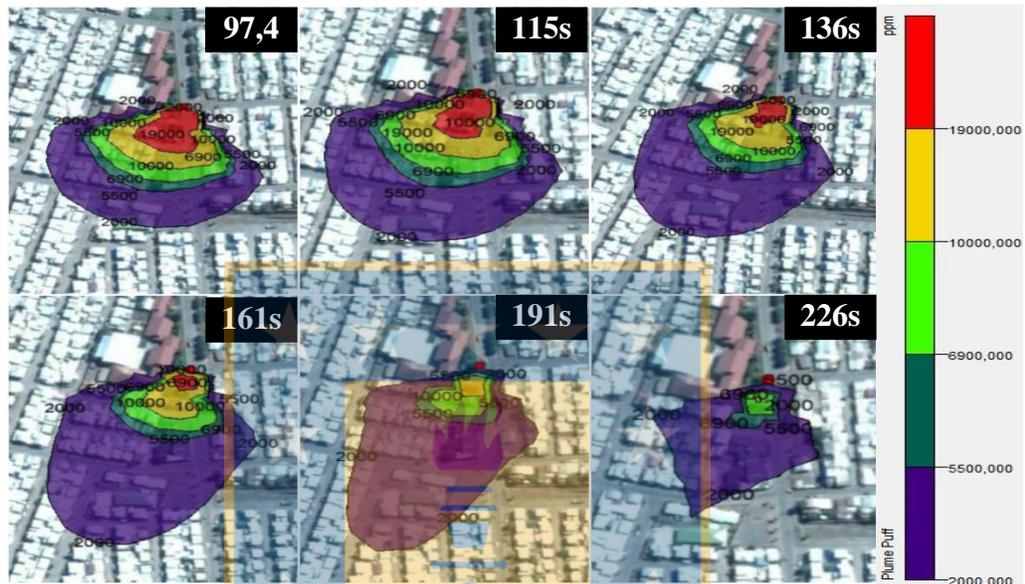
3.22 Modelación 22, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0743249/5821660.



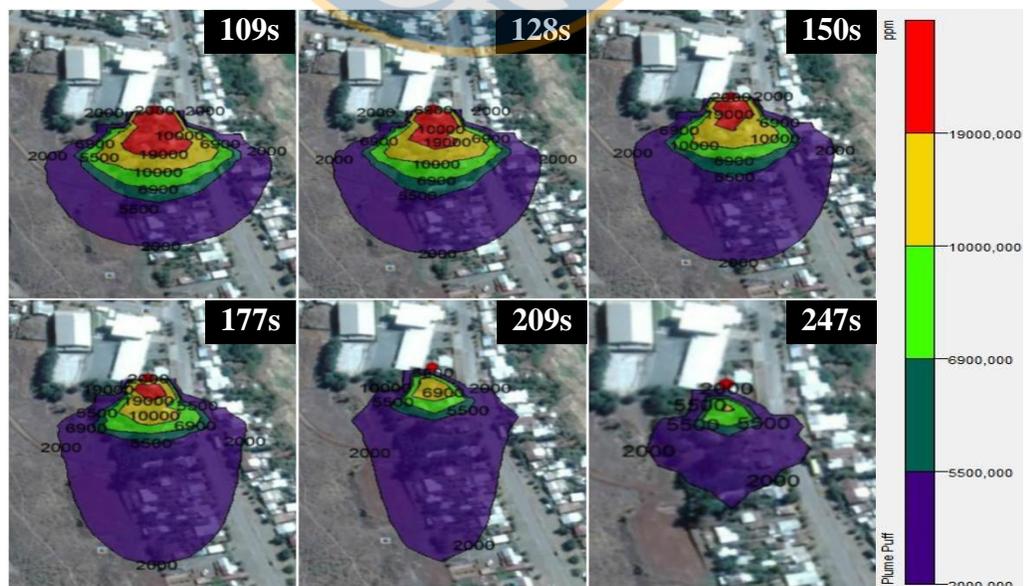
3.23 Modelación 23, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0743570/5820497.



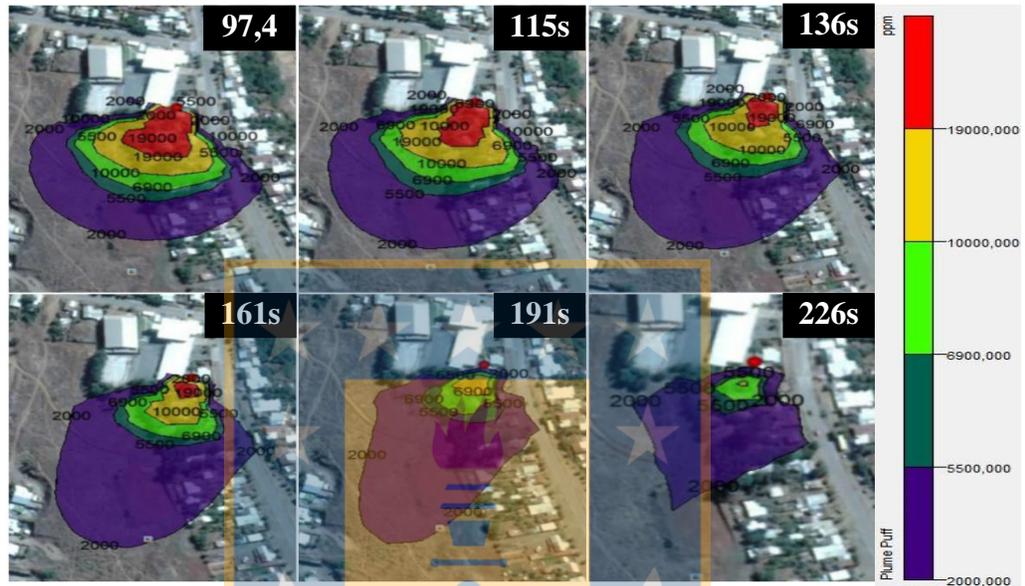
3.24 Modelación 24, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0743570/5820497.



3.25 Modelación 25, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0743855/5820907.

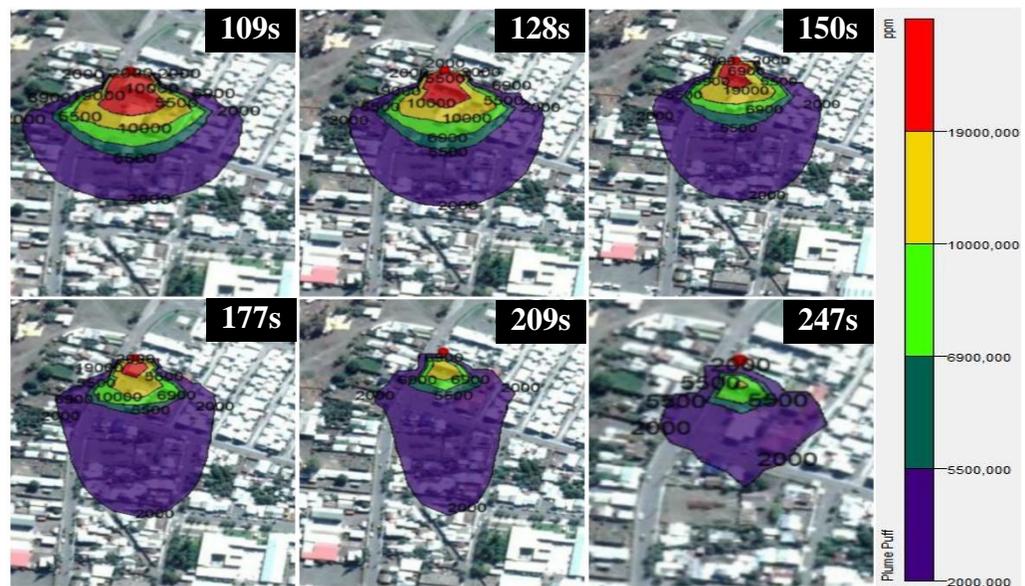


3.26 Modelación 26, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m^3 , condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200° . Ubicación en UTM 18H0743855/5820907.

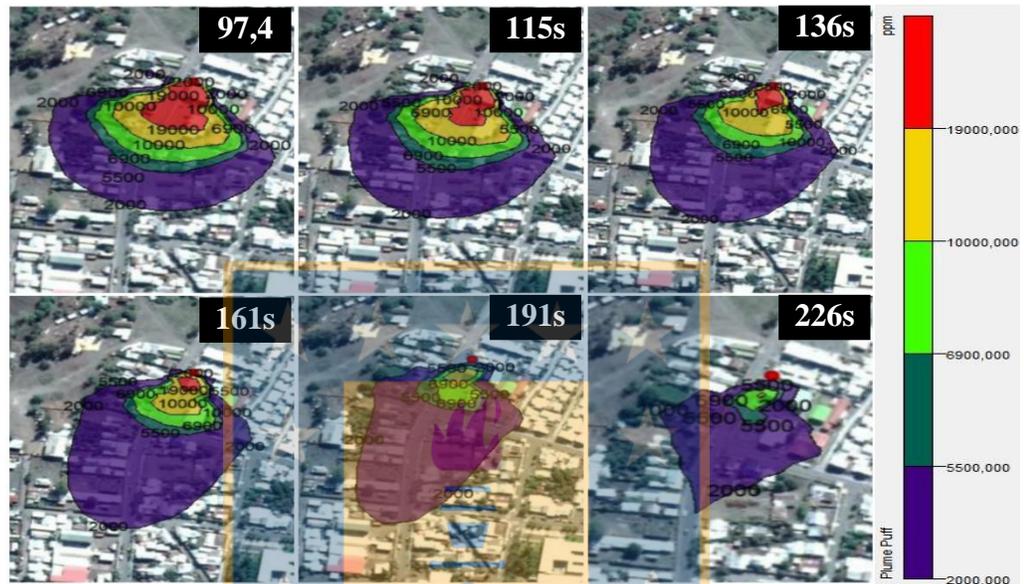


4. Modelaciones en la comuna de Nacimiento.

4.1 Modelación 1, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m^3 , condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180° . Ubicación en UTM 18H0706775/5846390.



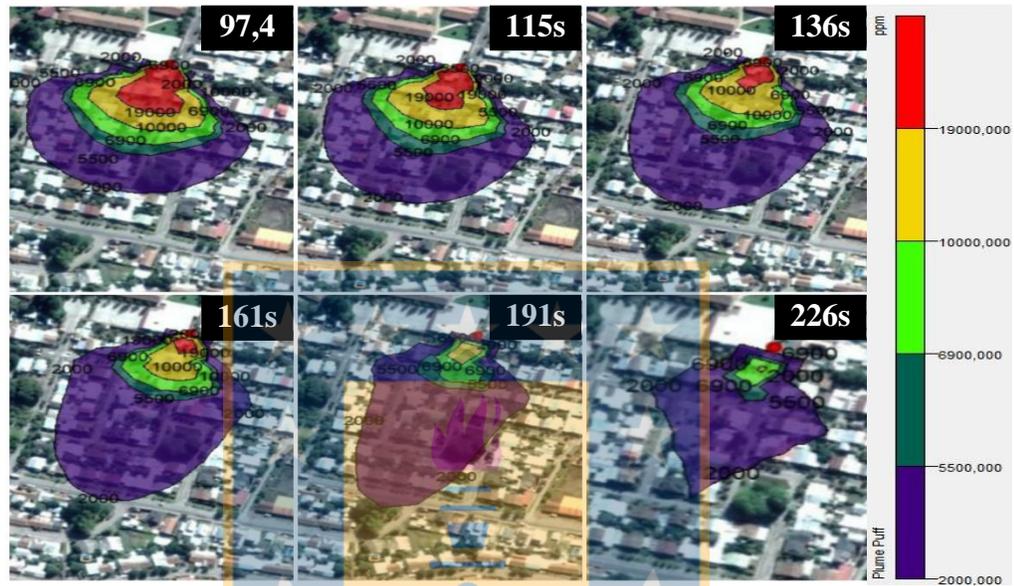
4.2 Modelación 2, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0706775/5846390.



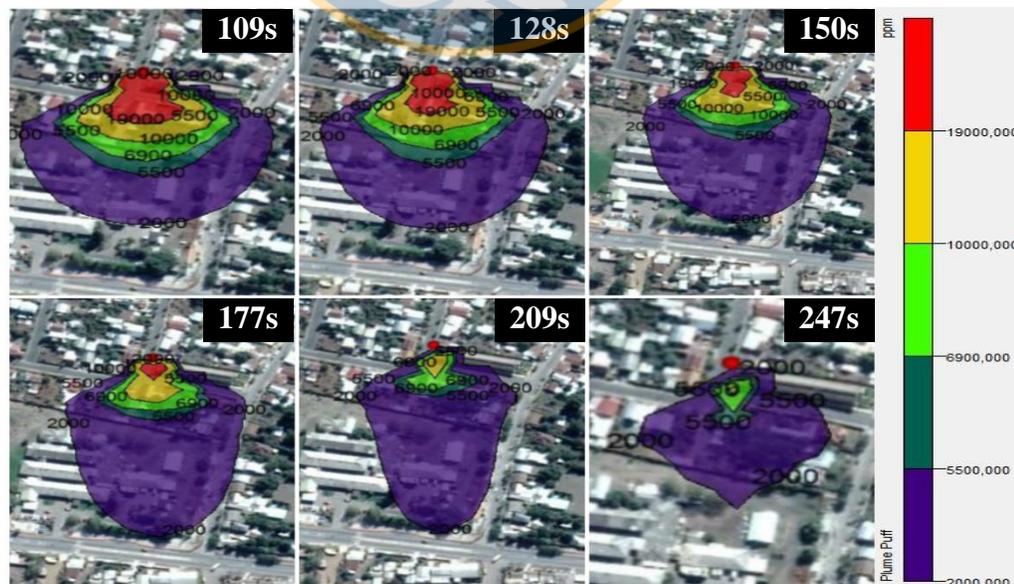
4.3 Modelación 3, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0704986/5847348.



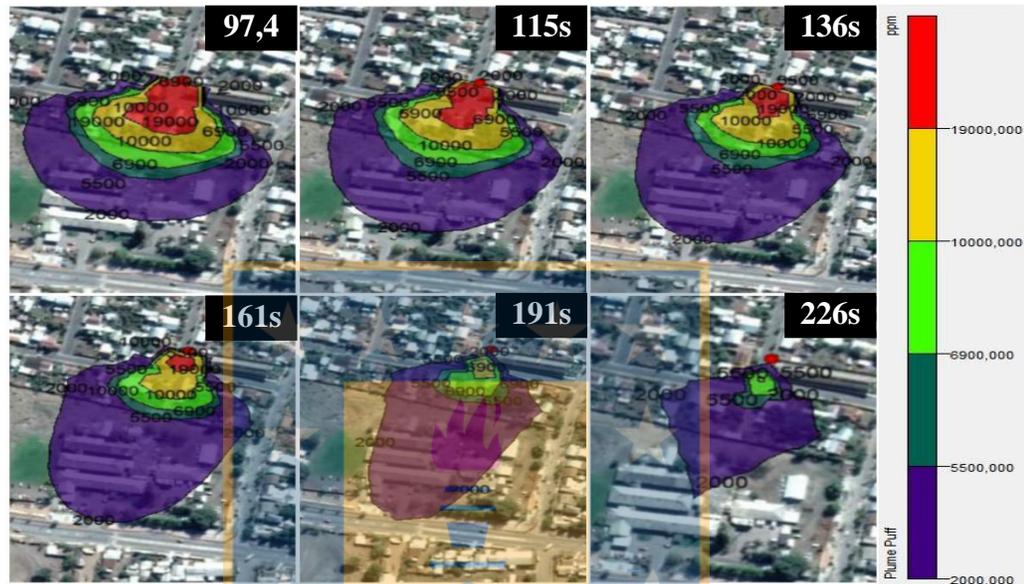
4.4 Modelación 4, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0704986/5847348.



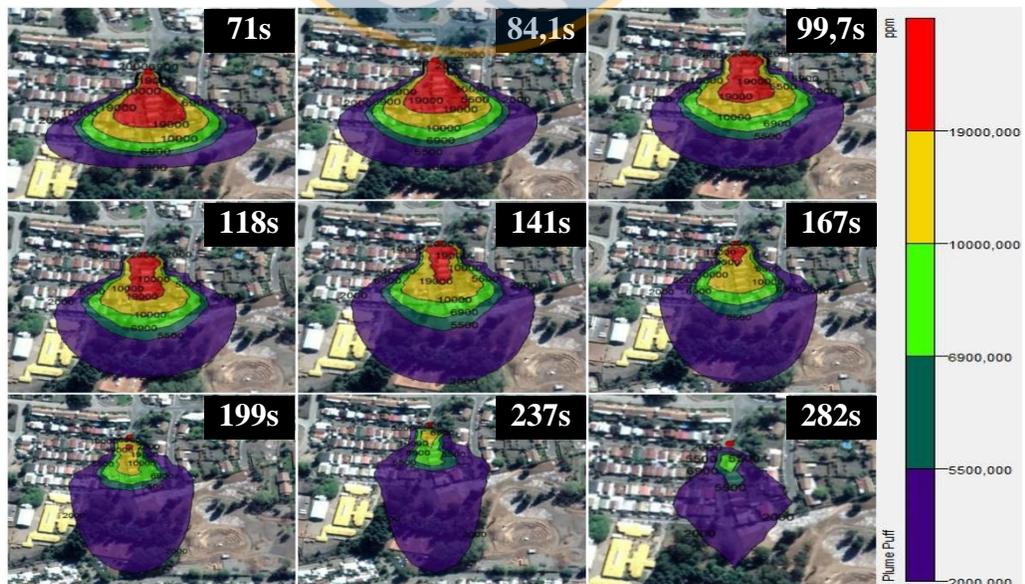
4.5 Modelación 5, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0705411/5846416.



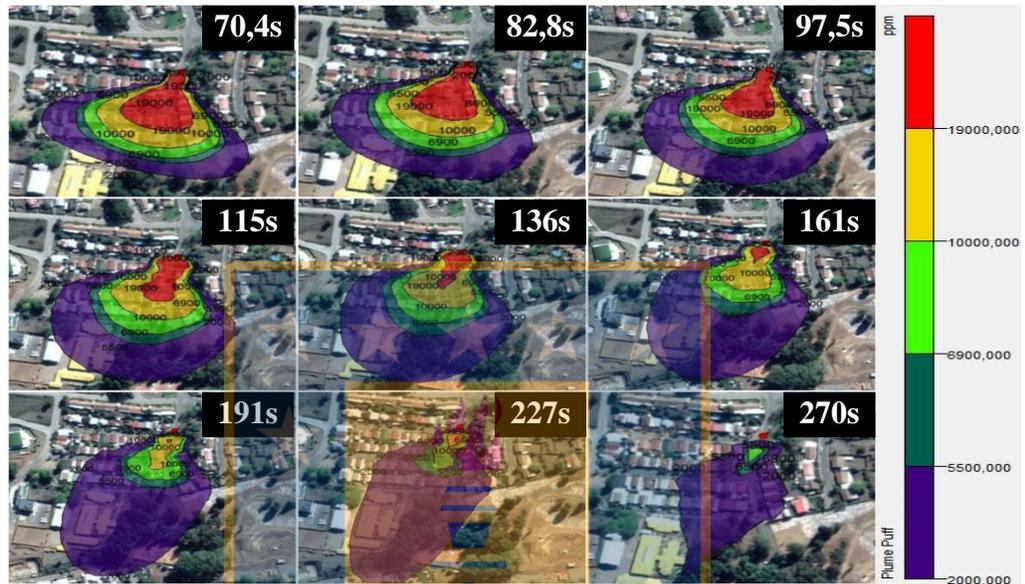
4.6 Modelación 6, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0705411/5846416.



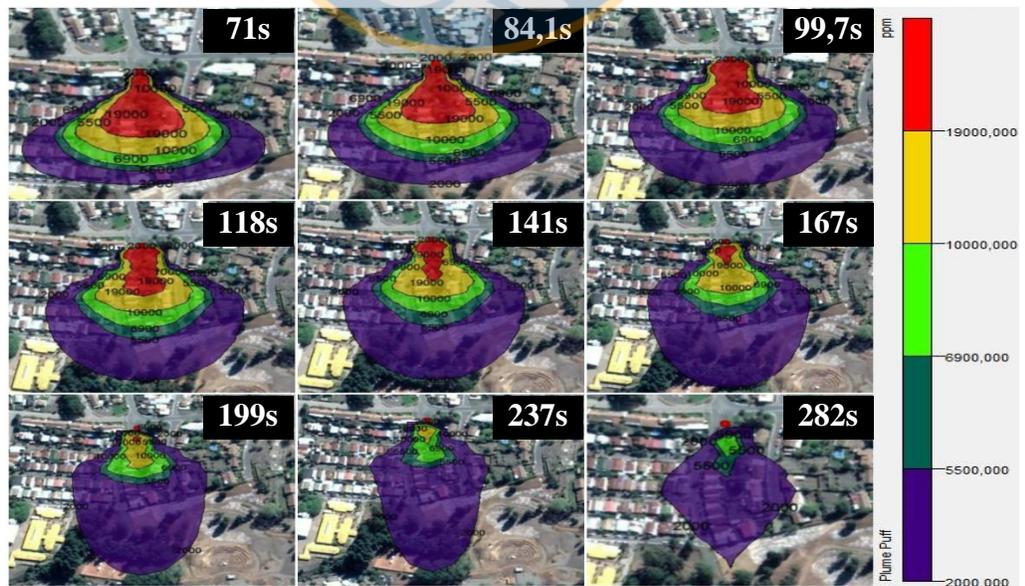
4.7 Modelación 7, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0705139/5846934.



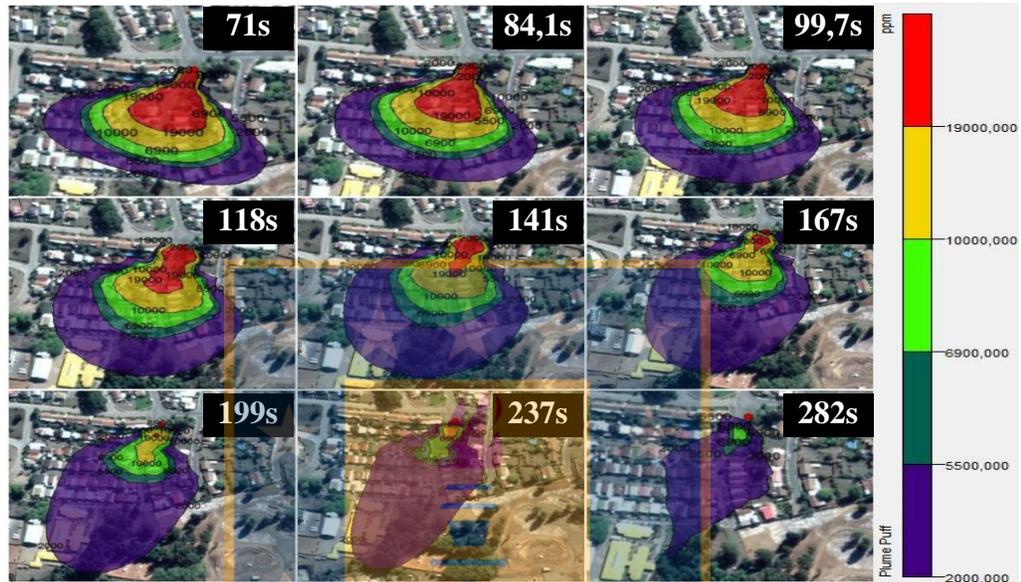
4.8 Modelación 8, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0705139/5846934.



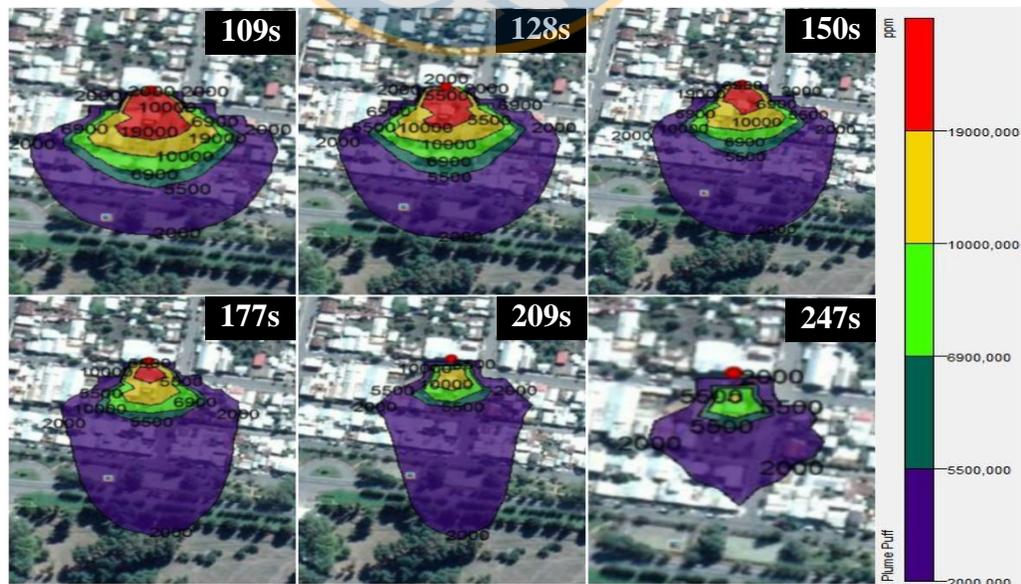
4.9 Modelación 9, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0705155/5846970.



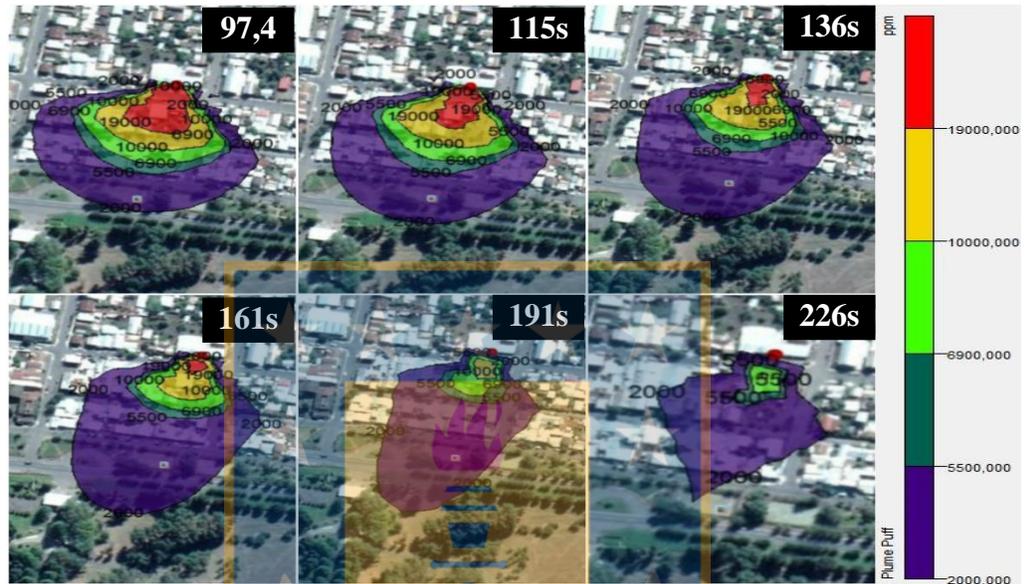
4.10 Modelación 10, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 4 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0705155/5846970.



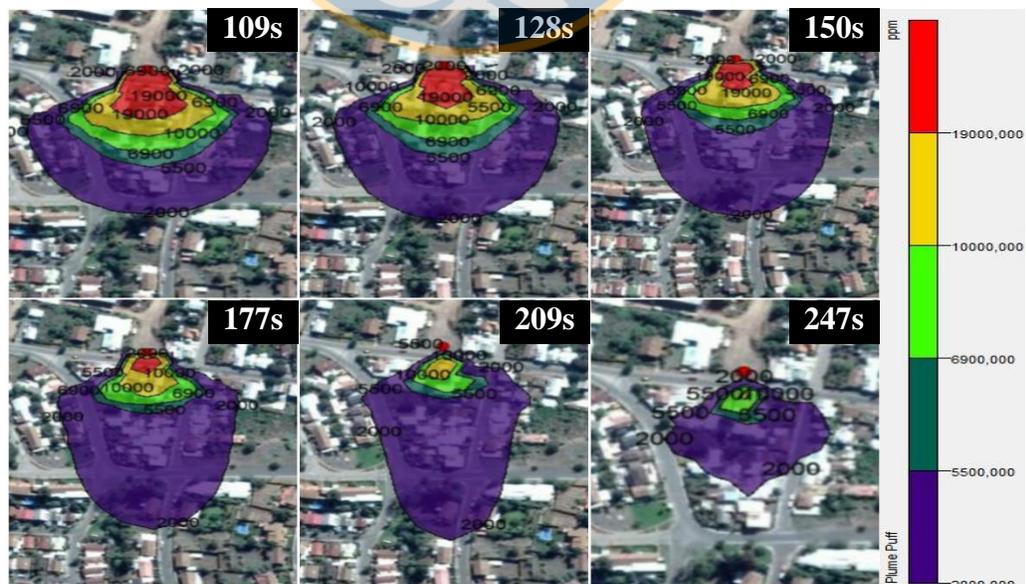
4.11 Modelación 11, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0707006/5846063.



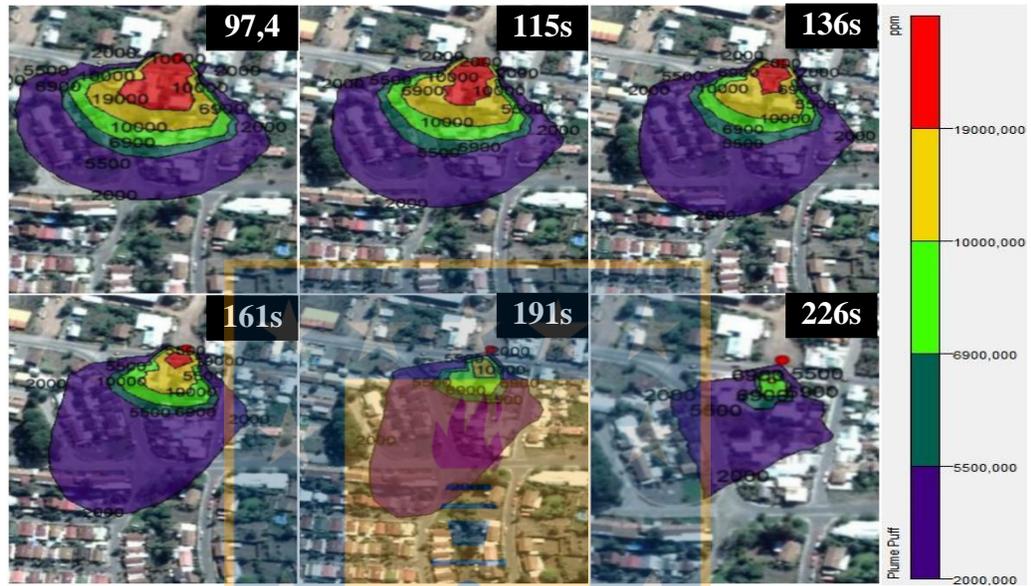
4.12 Modelación 12, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0707006/5846063.



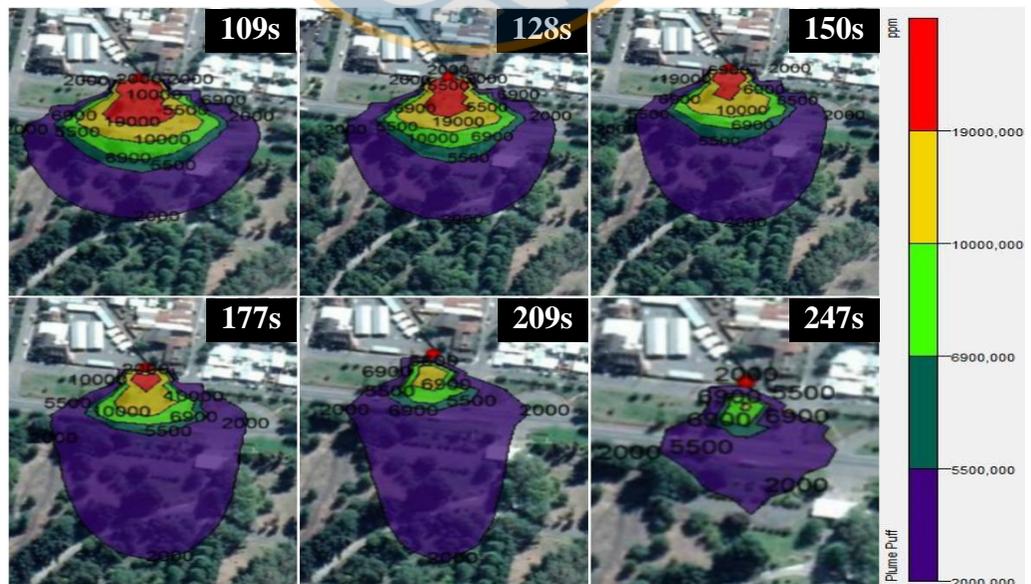
4.13 Modelación 13, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0705185/5847118.



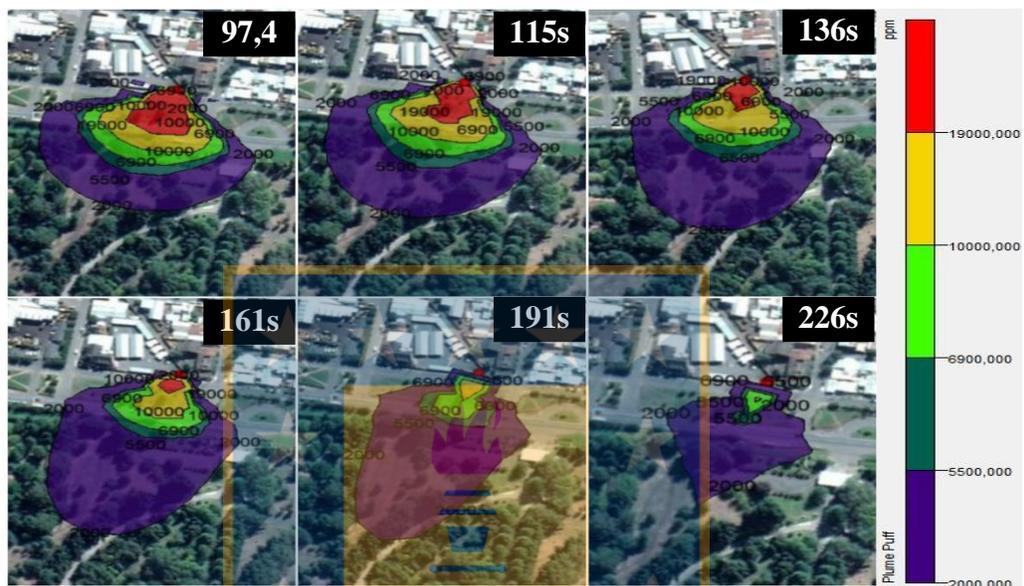
4.14 Modelación 14, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del viento 200°. Ubicación en UTM 18H0705185/5847118.



4.15 Modelación 15, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en invierno y dirección del viento 180°. Ubicación en UTM 18H0706850/5845994.



4.16 Modelación 16, Fuga de estanque con capacidad volumétrica de 2 m³, condición atmosférica estable en verano y dirección del 200 180°. Ubicación en UTM 18H0706850/5845994.



Anexo 7: Distancias aconsejables para el trabajo con fugas de GLP mediante la Guía de Respuesta ante Emergencias.

ATENCIÓN: Los datos provistos son aproximados y sólo deben ser utilizados con extremo cuidado. El tiempo puede variar de situación a situación. Se conoce que los tanques de GLP pueden entrar en BLEVE en minutos. Por lo tanto, nunca base sus decisiones con riesgo de vida en estos tiempos.

BLEVE (ÚSELO CON PRECAUCIÓN)																			
Capacidad		Diámetro		Longitud		Masa de Propano		Tiempo Mínimo de falla por contacto con fuego	Tiempo aproximado de vaciado por fuego envolvente	Radio de Bola de Fuego	Distancia de Respuesta a Emergencia	Distancia Mínima de Evacuación	Distancia Recomendada de Evacuación	Caudal de Enfriamiento de Tanques					
Litros	(Galones EE.UU)	m	(pies)	m	(pies)	kg	(libras)	Minutos	Minutos	m	(pies)	m	(pies)	m	(pies)	litros/min	USgal/min		
100	(26.4)	0.3	(1)	1.5	(4.9)	40	(88)	4	8	10	(33)	90	(295)	154	(505)	307	(1007)	94.6	25
400	(106)	0.61	(2)	1.5	(4.9)	160	(353)	4	12	16	(53)	90	(295)	244	(801)	488	(1601)	189.3	50
2000	(528)	0.96	(3.2)	3	(9.8)	800	(1764)	5	18	28	(92)	111	(364)	417	(1368)	834	(2736)	424	112
4000	(1057)	1	(3.3)	4.9	(16.1)	1600	(3527)	5	20	35	(115)	140	(459)	525	(1722)	1050	(3445)	598	158
8000	(2113)	1.25	(4.1)	6.5	(21.3)	3200	(7055)	6	22	44	(144)	176	(577)	661	(2169)	1323	(4341)	848	224
22000	(5812)	2.1	(6.9)	6.7	(22)	8800	(19400)	7	28	62	(203)	247	(810)	926	(3038)	1852	(6076)	1404	371
42000	(11095)	2.1	(6.9)	11.8	(38.7)	16800	(37037)	7	32	77	(253)	306	(1004)	1149	(3770)	2200	(7218)	1938	512
82000	(21662)	2.75	(9)	13.7	(45)	32800	(72310)	8	40	96	(315)	383	(1257)	1435	(4708)	2200	(7218)	2710	716
140000	(36984)	3.3	(10.8)	17.2	(56.4)	56000	(123457)	9	45	114	(374)	457	(1499)	1715	(5627)	2200	(7218)	3539	935