



Facultad de Ciencias Exactas



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

TRABAJO FINAL de la Licenciatura en Química y Tecnología
Ambiental

“SIMULACIÓN DE INCIDENTES EN EL TRANSPORTE DE MATERIALES PELIGROSOS EN GRAN LA PLATA”

MICAELA BELÉN DEL SOLE

DIRECTORA: E. YANINA SANCHEZ

TUTORA: KARINA BALBI

2019

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo marca un cierre de una etapa muy importante en mi vida. En el camino que tuve que recorrer para llegar hasta aquí, me encontré con muchas dificultades, que de no ser por las personas que aparecieron para ayudarme no podría estar escribiendo este trabajo final, MI TRABAJO FINAL. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justa y consecuente con ellas, expresándoles mis agradecimientos.

Debo agradecer de manera especial a Yani por su confianza, generosidad al compartir sus conocimientos, su apoyo y predisposición para conmigo, desde el primer momento. A Kari, por incentivarme a conocer este mundo de la simulación y por su acompañamiento a lo largo de todo el trabajo. También agradecer a todas las personas e instituciones que estuvieron dispuestas a colaborar con el desarrollo del mismo.

Agradezco a mi mamá, por ser un ejemplo de trabajo, perseverancia y fortaleza, por ser mi apoyo incondicional y mi sostén emocional.

A mis abuelos, por apoyarme y alentarme en este camino que decidí seguir a pesar que sea lejos de casa, y esperarme siempre alegres y darme todo su cariño cada vez que regresaba.

A mis hermanos simplemente por estar y ser sostén.

A mi Tío por estar dispuestos siempre a ayudar y hacer que la transición de Lincoln a La Plata fuera más fácil.

Gracias a mis amigas de toda la vida, por ser un GRAN apoyo y acompañarme en la aventura de vivir en una ciudad desconocida, lejos de nuestro hogar. Poder contar con ellas en momento buenos y no tan buenos.

Gracias a mis primeros amigos de la universidad que, sin ellos, hubiera costado MUCHISIMO más.

También agradecer a mis amigos “ambientalitos” por ser mi incondicional compañía en estos últimos años de la carrera. Por hacer esta experiencia única e inolvidable.

¡Simplemente GRACIAS A TODOS, no sería quién soy sin ustedes!

RESUMEN

La estimación del riesgo frente a una amenaza tecnológica y en un contexto de vulnerabilidad cuantificable, puede ofrecer información útil para identificar las áreas que deben ser atendidas. La visualización cartográfica de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos representa una forma de comunicación necesaria para el éxito de las decisiones entre los actores de la gestión del riesgo. En este trabajo se identifican y analizan las zonas de riesgo frente a eventos accidentales en el transporte de metanol con camiones cisterna en una intersección de vías de alto tránsito en Gran La Plata, Argentina. Para ello, se simulan escenarios de amenaza representativos de la región, mediante el procesamiento de bases de datos meteorológicas y criterios de selección, con el software ALOHA. Luego, se aplica un índice local de vulnerabilidad social (ILVS) que proyecta a nivel de radio censal una clasificación sociodemográfica de la población potencialmente afectada. A continuación, con una integración de estas dos salidas, se estima el nivel de riesgo georreferenciado a partir de una matriz de riesgo. Los resultados muestran las áreas asociadas a mayores riesgos de exposición a metanol, las que pueden encontrarse tanto en zonas de alta como de baja amenaza, entendiendo que la vulnerabilidad es el otro componente de peso en la ecuación y que amerita un abordaje desde la mitigación, para la prevención de desastres.

ÍNDICE

Introducción 1

| | |
|---|-----------|
| 1. Gestión de riesgos: amenaza, vulnerabilidad y riesgo..... | 1 |
| 2. Riesgos de amenazas tecnológicas..... | 4 |
| 3. Transporte de mercancías peligrosas..... | 6 |
| 3.1 Marco Normativo..... | 7 |
| 3.2 Actores Institucionales..... | 9 |
| 4. Herramientas de simulación..... | 10 |
| 4.1 Modelos que aplican emergencias Químicas | 11 |
| 4.2 ALOHA (Areal Locations of hazardous Atmospheres) | 12 |
| 5. Descripción de la región de estudio..... | 17 |

Objetivos 19

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 1. Objetivo General..... | 19 |
| 2. Objetivos específicos..... | 19 |

Metodología 20

| | |
|--|-----------|
| 1. Amenaza. Construcción de escenarios..... | 20 |
| 1.1 Recopilación de información..... | 21 |
| 1.2 Definición de criterios para la selección de escenarios a modelar..... | 24 |
| 2. Vulnerabilidad: Aplicación del ILVS..... | 28 |
| 3. Análisis de Riesgo y Mapeo..... | 29 |

Resultados 29

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 1. Amenaza..... | 29 |
| 1.1 Tipo de Mercancía Peligrosa..... | 29 |
| 1.2 Emisión..... | 33 |
| 1.3 Meteorología..... | 37 |

| | |
|--|-----------|
| 2. Vulnerabilidad: Aplicación del ILVS..... | 41 |
| 3. Análisis de Riesgo y Mapeo..... | 42 |
| 4. Limitaciones..... | 51 |

| | |
|---------------------|-----------|
| Conclusiones | 53 |
|---------------------|-----------|

| | |
|--------------------|-----------|
| Referencias | 54 |
|--------------------|-----------|

Anexo I

Anexo II

Anexo III

INTRODUCCIÓN

1. Gestión de riesgos: amenaza, vulnerabilidad y riesgo

En la República Argentina, en el marco de la Ley 27.287 y el Decreto Reglamentario N° 383/2017, del Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil, se define a la *amenaza* como un factor externo representado por la posibilidad que ocurra un fenómeno o un evento adverso, en un momento, lugar específico, con una magnitud determinada y que podría ocasionar daños a las personas, a la propiedad; la pérdida de medios de vida; trastornos sociales, económicos y ambientales [8]. Otro concepto importante en la Gestión de Riesgo es la *vulnerabilidad*, la cual es un factor interno de una comunidad o sistema. Es la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antropogénico se manifieste [12]. Comprende las características de la sociedad acorde a su contexto que la hacen susceptibles de sufrir un daño o pérdida grave en caso de que se concrete una amenaza [8].

Al presentar los conceptos de amenaza y vulnerabilidad, podemos definir *Riesgo* como la probabilidad que una amenaza produzca daños al actuar sobre una población vulnerable [8]. Para mejor percepción del riesgo, se pueden generar *mapas de riesgo*, que son documentos gráficos que pretenden mostrar la distribución espacial o geográfica de las pérdidas esperadas de una o más amenazas. Se pueden definir como el resultado del cruce de mapas de amenazas y mapas de vulnerabilidad. Los mapas de riesgo pueden ser útiles para mostrar la situación general de riesgos que amenazan a una población determinada, la susceptibilidad de la población afectada y la capacidad que posee esa población para superar los riesgos, entre otras cuestiones [20].

Hay que tener en cuenta que existen distintos tipos de amenazas, dependiendo su origen:

- **Naturales:** están asociadas con la posible ocurrencia de fenómenos de la naturaleza como expresión de su dinámica o funcionamiento. En muchos casos no pueden ser neutralizadas debido a que su mecanismo de origen difícilmente puede ser intervenido, aún cuando en algunas ocasiones puede existir algún tipo de control.

Por ejemplo, la actividad volcánica, los terremotos, los tsunamis, los huracanes, el fenómeno de El Niño, entre otros [12].

- **Antrópicas:** su origen es intrínsecamente social. Se refiere a riesgos asociados al desarrollo de actividades humanas. Dentro de este tipo de amenazas se pueden clasificar de la siguiente manera:
 - *Netamente antrópicas*, es decir atribuibles a la acción humana sobre el medio ambiente y sobre el entorno físico y social de una comunidad, por ejemplo, deforestación, erosión, desertificación, contaminación [16].
 - *Tecnológicas o industriales*, es decir debido a procedimientos peligrosos, fallos de infraestructura o de ciertas actividades humanas, que pueden causar muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica y degradación ambiental. Por ejemplo: incendios, explosiones, fugas, derrames, intoxicaciones, fallas en sistemas y equipos, entre otros. [16]
 - *Sociales*, como guerras, acciones terroristas, vandalismo y en general conflictos civiles y militares [12].
 - *Biológicas*, debidas a la exposición a gérmenes u otras sustancias biológicas que pueden causar graves enfermedades. Corresponde a epidemias, plagas, virus que resultan afectando a las personas, animales y cultivos.

Las amenazas antrópicas son percibidas como controlables por el ser humano.

- **Mixtas:** son producto de la combinación de factores naturales y humanos o por la exacerbación o influencia negativa del hombre sobre la naturaleza [12]. Toman la forma de amenazas naturales, sin embargo, su concreción es producto de la intervención humana en los ecosistemas y ambientes naturales. Se produce en la intersección de la sociedad con la naturaleza. Así, por ejemplo, la destrucción de cuencas y la deforestación contribuyen en determinados casos a un aumento en la incidencia e intensidad de inundaciones, deslizamientos y sequías [15].

También, según Wilches-Chaux [1] , existen distintas vulnerabilidades a las que una sociedad se puede enfrentar y las clasifica de la siguiente manera:

- **Vulnerabilidad natural:** los seres humanos necesitan ciertas condiciones ambientales y sociales para poder desarrollarse. La vulnerabilidad natural de los ecosistemas de los distintos países se incrementó diferencialmente, provocando la

resistencia de la población a condiciones ambientales severas y a veces haciéndola más vulnerable frente a ellas.

- **Vulnerabilidad física:** se refiere a la localización de la población en zona de riesgo físico, condición provocada por la pobreza y la falta de oportunidades para una ubicación de menor riesgo (condiciones ambientales y de los ecosistemas, localización de asentamientos humanos en zonas de riesgo).
- **Vulnerabilidad económica:** se observa una relación indirecta entre los ingresos en los niveles nacional, regional, local o poblacional y el impacto de los fenómenos físicos extremos. Es decir, la pobreza aumenta el riesgo de desastre (vulnerabilidad de los sectores más deprimidos, desempleo, insuficiencia de ingresos, explotación, inestabilidad laboral, dificultad de acceso a los servicios de educación, salud, ocio).
- **Vulnerabilidad social:** se vincula a las condiciones de vida generales de una comunidad e incluye aspectos relacionados a los niveles de educación, acceso a salud, equidad social, seguridad, etc [20].
- **Vulnerabilidad política:** concentración de la toma de decisiones, centralismo en la organización gubernamental y la debilidad en la autonomía de los ámbitos regionales, locales y comunitarios, lo que impide afrontar los problemas. (autonomía en el poder de decisión y de solucionar problemas).
- **Vulnerabilidad técnica:** se refiere a las inadecuadas técnicas de construcción de edificios e infraestructura básica utilizadas en áreas de riesgo (incapacidad de control y manejo de las tecnologías frente a los riesgos).
- **Vulnerabilidad ideológica:** alude a la forma y concepción del mundo, y el medio ambiente donde se habita y con el cual se relaciona, como así también a la posibilidad de enfrentar los problemas. La pasividad, fatalismo, presencia de mitos, aumentan la vulnerabilidad de la población.
- **Vulnerabilidad educativa:** falta de programas educativos que proporcionen información sobre el medio ambiente, sobre el entorno, los desequilibrios y las formas adecuadas de comportamiento individual o colectivo en caso de amenaza o de situación de desastre (conocimiento de las realidades locales y regionales para hacer frente a los problemas).
- **Vulnerabilidad cultural:** refiere a la forma en la que los individuos y la sociedad conforman el conjunto nacional, y el papel que juegan los medios de comunicación

en la consolidación de estereotipos o en la transmisión de información relacionada con el medio ambiente y los potenciales o reales desastres (influencia de la personalidad de los habitantes que se identifican con un modelo de sociedad, influencias de los medios masivos de comunicación frente a los riesgos).

- **Vulnerabilidad ecológica:** relacionada a la convivencia con el medio ambiente, con altos riesgos para las comunidades que los explotan o habitan, sin la dominación por destrucción (vulnerabilidad de los ecosistemas frente a los efectos directos o indirectos de la acción humana).
- **Vulnerabilidad institucional:** obsolescencia y rigidez de las instituciones, en las cuales la burocracia, la prevalencia de la decisión política, el dominio de criterios personalistas, impiden respuestas adecuadas y ágiles a la realidad existente y demoran así el tratamiento de los riesgos o sus efectos.

En este trabajo, el estudio se focalizará en los *riesgos de amenazas antrópicas*, en particular los riesgos de *amenazas tecnológicas*, debido a la alta densificación de la industria, de la edificación y de los medios de transporte de carga, que exponen a los centros urbanos y a los puertos a este tipo de riesgos [9].

Para estudiar el riesgo se trabajó con la vulnerabilidad social ya que contempla una amplia gama de susceptibilidades a nivel individual y comunidad: como falta de acceso a recursos, necesidades insatisfechas, creencias y costumbres [72-74]. El uso de un índice de vulnerabilidad social puede ayudar a abordar las prioridades en los programas de gestión de desastres [75, 76].

2. Riesgos de amenazas tecnológicas

Las amenazas y los riesgos tecnológicos derivan de la interacción dinámica entre la sociedad y la naturaleza, en el marco de la expansión urbana y de la industrialización; es decir, se trata de amenazas y riesgos cuya producción es intrínsecamente social. Se refiere a riesgos asociados al desarrollo de actividades humanas, particularmente a actividades industriales o de manufactura. Sin embargo, esto no se limita únicamente a estas actividades, ya que también se pueden agregar actividades como la extracción de materias primas, transporte de compuestos químicos, generación de energía, o almacenaje de materiales peligrosos. Por lo tanto, este tipo de eventos está conectado con fallos en sistemas tecnológicos o industriales, descuido, falta de mantenimiento, errores de operación, fatiga de materiales o mal funcionamiento mecánico [12].

Otro punto que es importante de acotar, es que este tipo de eventos es percibido como eventos controlables por el ser humano. Esta percepción se construye, en parte, por la confianza que se tiene en que los sistemas de control y seguridad que se implementan dentro de los procesos industriales, que están en óptimas condiciones para poder afrontar cualquier situación que esté fuera de los parámetros de seguridad [10].

Sin embargo, muchas veces los sistemas de seguridad y control no alcanzan y allí ocurren *desastres* o *emergencias*. La diferencia entre ambos conceptos es la capacidad de respuesta frente a estos eventos.

El *desastre* es entendido como una interacción entre una amenaza y una población vulnerable que, por su magnitud, crea una interrupción en el funcionamiento de una sociedad y/o sistema a partir de una desproporción entre los medios necesarios para superarla y aquellos medios a disposición de la comunidad afectada [8].

Por otra parte, la *emergencia* se define como un daño provocado por un evento adverso de origen natural o provocado por los seres humanos que, por su magnitud, puede ser atendida por los medios disponibles localmente [8].

Es decir que, cuando una amenaza se concreta sobre una población vulnerable al comienzo puede tratarse de una *emergencia*, si es que la misma se puede atender con medios o recursos locales o próximos. Si ocurre que estos últimos no alcanzan para tratar la emergencia, ésta se convierte en *desastre*.

Por otra parte, en una *catástrofe*, en comparación con un desastre, la mayor parte de la comunidad residente es impactada, las bases de operaciones de las organizaciones de emergencia son golpeadas y se hace imposible la ayuda externa, ya que varias comunidades cercanas son afectadas, el evento es de carácter regional. Las catástrofes implican una atención mediática más amplia en el tiempo y externa a la comunidad. [20]

En la Gestión de Riesgo, lo que se busca es detectar amenazas y trabajar sobre ellas, para que cuando estas generen daño sobre una población vulnerable, se pueda hablar de emergencias y no de desastres.

Este trabajo se centrará en detectar las amenazas debidas a *incidentes en el transporte de materiales peligrosos*, con el objetivo de evitar desastres. Ahora bien, es necesario hacer la diferencia entre *accidente* e *incidente*. Se dice que un accidente es un incidente que ha dado lugar a un daño, deterioro de la salud o a una fatalidad. La principal diferencia, es que el primero provoca algún daño a las personas, a la propiedad; la pérdida de medios de vida; trastornos sociales,

económicos y ambientales, mientras que en un incidente puede ocurrir o no un daño. Ambos son acontecimientos repentinos e inesperados. [13]

Se entiende por “*incidentes con mercancías peligrosas*” a las amenazas originadas por la operación (almacenamiento, fabricación, fraccionamiento o manipuleo) de sustancias peligrosas, tanto en instalaciones fijas como en tránsito que pueden o no producir daño. [11]

Se considera *mercancías peligrosas* a todas aquellas que puedan agravar las consecuencias de un accidente dado que añade, a los daños derivados, los inherentes a la misma mercancía por su propia naturaleza. El Reglamento General para el Transporte de mercancías peligrosas por Carretera (Decreto 779 / 95 – Anexo S, que reglamenta la Ley Nacional N°24449), las define como aquellas que, siendo imprescindibles para la vida moderna, son consideradas peligrosas por presentar riesgos para la salud de las personas, la seguridad pública o el medio ambiente. En un sentido más estricto, se dice que cuando se transportan con un determinado medio de transporte, pueden constituir un riesgo importante para la salud de las personas, la seguridad pública y el medio ambiente. [2]

3. Transporte de mercancías peligrosas

Las instalaciones fijas que operan con materiales peligrosos se dividen en puertos y polos de industria química y petroquímica. Argentina presenta polos petroquímicos que operan en conjunto con instalaciones portuarias destinadas al manejo de materiales peligrosos tales como Dock Sud, Bahía Blanca, Ingeniero White, Zárate y Campana, Ensenada – Berisso, Luján de Cuyo y Neuquén. Estas instalaciones, no sólo constituyen amenazas a las poblaciones circundantes por las características de los procesos que se efectúan en ellas, sino también por el traslado de los materiales peligrosos (insumos o productos) desde o hacia las instalaciones fijas [11, 20].

El Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) es la zona urbana común que la conforman la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y 40 municipios de la Provincia de Buenos Aires. Se trata de una megaciudad que se extiende desde Campana hasta La Plata, con límite físico en el Río de la Plata e imaginario en la Ruta Provincial 6, y recorre una superficie de 13.285 km². Según el censo de 2010, cuenta con 14.800.000 habitantes, que representan el 37% de los habitantes de la Argentina. Como megalópolis, se mantiene en constante crecimiento, por lo que sus límites son cada vez más difusos desde una mirada territorial [37].

Debido a la alta densificación de la industria, de la edificación y de los medios de transporte de carga y población que presenta la región, hace que la exposición a incidentes con mercancías peligrosas sea considerada MUY ALTA según el “Manual para la elaboración de mapas de riesgo” [20] en comparación de otras amenazas.

También el Centro de Información para Emergencias en el Transporte (CIPET) reporta en el Documento País 2012 [11] que la mayor proporción de Accidentes con mercancías peligrosas ocurren en la provincia de Buenos Aires.

Por los datos mencionados, el transporte de estas mercancías está reglamentado a fin de reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes que produzcan víctimas o daños en el medio ambiente, en los medios de transporte utilizados o en otros bienes. El objetivo de las reglamentaciones consiste en posibilitar el transporte de las mercancías peligrosas reduciendo los riesgos. Así, pues, se trata de una doble cuestión: de seguridad y de facilitación del transporte. [4]

3.1 Marco Normativo

El transporte de mercancías peligrosas por carretera está sometido a diferentes normativas.

- La **Ley Nacional Nº 24.449** (Ley de tránsito) [21], reglamentada por el **Decreto Nº 779**, de noviembre de 1995, establece el “**Reglamento General para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera**” en su anexo S [22]. Dicha norma determina, entre otros temas, que la Secretaría de Transporte de la Nación es el organismo de aplicación de este reglamento. Define las *mercancías peligrosas* como aquellas que, “*siendo imprescindibles para la vida moderna, son consideradas peligrosas por presentar riesgos para la salud de las personas, la seguridad pública o el medio ambiente*” y las categoriza de acuerdo a la Clasificación y Numeración enunciadas en las Recomendaciones para el Transporte de mercancías peligrosas de las Naciones Unidas [4] y en el Listado de mercancías peligrosas aprobado en el ámbito del MERCOSUR “Acuerdo sobre Transporte de mercancías peligrosas y sus Anexos”, que incluye los Códigos de Riesgo y las Cantidades Exentas por sustancia. En el **ANEXO I** se detalla la categorización.

Además el mencionado Reglamento fija, en las diferentes secciones que lo componen, las condiciones para los vehículos, las operaciones de manipulación y transporte de la carga, las restricciones a la circulación y estacionamiento, los requisitos que debe cumplir el personal afectado a las operaciones, la documentación obligatoria que debe acompañar al transporte, los procedimientos ante emergencias y los deberes, obligaciones y

responsabilidades del fabricante de los vehículos y los productos, del dador de la carga, del transportista y de la fiscalización.

- La **Ley Nacional Nº 24.051** (Residuos Peligrosos), reglamentada por el **Decreto Nº 831**, de abril de 1993, define Residuos Peligrosos *“a todo material que resulte objeto de desecho o abandono y pueda perjudicar en forma directa o indirecta, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general; y cualquiera de los indicados expresamente en el Anexo I de la Ley Nº 24.051 o que posea alguna de las características enumeradas en el Anexo II de la misma Ley”*.

Además, la Ley Nº 24.051 y el decreto se complementan con el **Convenio de Basilea** para el control de movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, ratificado recientemente por nuestro país, por el cual cada parte se obliga a: reducir el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos, no permitir la exportación a países que hayan prohibido la importación, no exportar a estados que no sean parte.

- La **Ley Provincial Nº 11.720 (Buenos Aires)**, Residuos especiales, regula a la *“generación, manipulación almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires”* [23]. Define los datos que debe acreditar las personas físicas o jurídicas para el transporte de residuos especiales, los requisitos que debe cumplir el vehículo y el personal afectado a las operaciones de transporte, la documentación obligatoria que debe acompañar a la carga, los procedimientos ante emergencias y las obligaciones y responsabilidades del transportista y generador del residuo.

- **Decreto 532/09**. Reglamentario de la **Ley Nº 13.927 - Ley de Tránsito de la Provincia de Buenos Aires**. El Artículo 6º de la misma, hace referencia a artículo 24 de la Ley Nacional Nº 24.449, con el nombre PLANIFICACIÓN URBANA. El Artículo 26 se refiere al artículo 56 de la Ley Nacional Nº 24.449, llamado TRANSPORTES DE CARGA. Además, en el Decreto 532/09 deja constancia que los transportes de sustancias y residuos peligrosos cumplirán con las disposiciones de las Leyes provinciales Nº 11.720 y Nº 11.347 y su respectiva reglamentación.

- **Decreto 123/09**. Reglamentario de la **Ley Nacional Nº 24.449-Ley de Tránsito y Seguridad Vial**. Determina que la antigüedad de los vehículos automotores de mercancías y residuos peligrosas debe ser de 10 años [24].

- **Ley Nacional N° 25.675, Ley General del Ambiente**, incluye entre sus objetivos el de “establecer procedimientos y mecanismos adecuados para la minimización de riesgos ambientales, para la prevención y mitigación de emergencias ambientales y para la recomposición de los daños causados por la contaminación ambiental”[70].
- **Resolución 68/19**. Reglamentaria de **la Ley Nacional N° 25.675**. Aprueba el *Protocolo de Respuesta ante Incidentes que involucren sustancias peligrosas*, en su Anexo I. y establece la creación del Comité de Crisis, que es el responsable de determinar si se activa el Protocolo de Respuesta y de coordinar el plan de acción, entre otras obligaciones. Además, la resolución determina la creación del inventario de incidentes que involucren sustancias peligrosas [7].

3.2 Actores Institucionales

De acuerdo a los protocolos que hoy en día empresas de la región aplican a incidentes en el transporte de mercancías peligrosas, los choferes acuden inmediatamente a la empresa responsable de la carga a través de un llamado a la línea de emergencias indicada en el tanque cisterna y ella interviene y contacta a:

- Operadora Ambiental, contratada por la empresa
- Bomberos
- Policía
- Defensa Civil
- Dirección Prevención Ecológica y Sustancias Peligrosas

Todos ellos pertenecientes al distrito en donde se constituye el hecho. Si es necesario los bomberos o la línea de emergencias podrían contactar a la Ambulancia. También, podría ocurrir que, debido al accidente, el chofer quede en estado inconsciente; en esa situación los encargados de llamar al 0800 serían los vecinos. Generalmente ocurre que el primero en llegar al lugar del hecho se hace responsable de la situación.

A continuación, se muestra un mapa de actores (Figura 1)

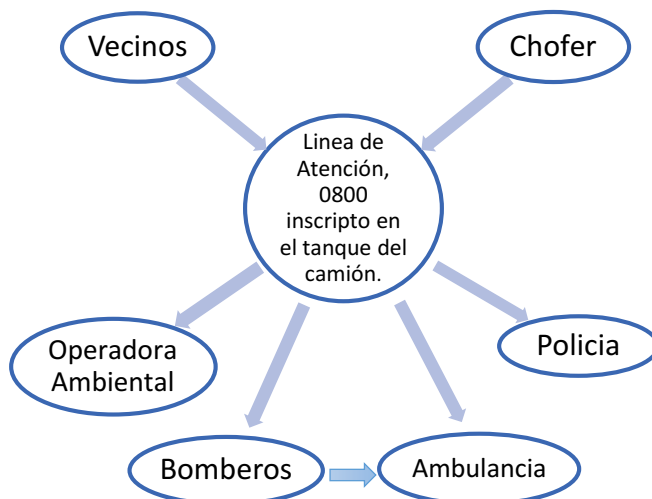


Figura 1. Mapa de Actores. Elaboración propia

4. Herramientas de simulación

Con el objetivo de evitar desastres se emplean planes de emergencias. Cada plan o los planes de emergencia(s) necesitan un ejercicio para averiguar el grado de preparación y para evaluar el alcance de las metas de un plan. Para ello, se ejercen *simulaciones* computacionales o *simulacros* prácticos. Ambos contribuyen a la preparación y a la respuesta frente a emergencias, son útiles en el adiestramiento para la Gestión de Riesgo y permiten, con base en una situación hipotética, ejecutar y probar acciones que pueden ser empleadas en casos reales de emergencia y desastres. [17]

Los *simulacros* son ejercicios de ejecución de acciones, previamente planeadas, para enfrentar las consecuencias de un supuesto evento adverso [14]. Mientras que la *simulación* es un ejercicio de manejo de información que intenta representar una situación real, a través del uso de una computadora. Se basa en un supuesto evento adverso (planificación) o en un evento ocurrido (diagnóstico) dentro de una comunidad amenazada, en un lugar y un tiempo específico [17]. Ambas son complementarias y no excluyentes.

La desventaja del simulacro frente a la simulación es que requiere de mayores recursos humanos y materiales, ejecución de operaciones y el control es más complejo. En cambio, la simulación es menos costosa y fácil de controlar durante su desarrollo, solo hay que manejar bien la información de entrada que se necesita para realizar la simulación, y la de salida para poder interpretarla de forma correcta.

Hay diferentes tipos de simulacros y de simulaciones, dentro de esta última se destaca la modelización computacional de amenazas. Existen numerosos software disponibles en la temática, algunos de los cuales se describirán en la próxima sección.

En este trabajo por las ventajas anteriormente mencionadas, se va a realizar una simulación de incidentes con mercancías peligrosas utilizando modelos computacionales, para poder determinar el grado y área de amenaza que se presenta en un lugar y tiempo determinado, con el objetivo de luego generar mapas de riesgos.

4.1 Modelos que aplican a Emergencias Químicas

Existe una serie de modelos que sirven para evaluar escenarios de emergencias y planificar la respuesta a las mismas. En general se caracterizan por trabajar sobre un tipo específico de modelo de dispersión de aire que representa lo que ocurre a partir de fugas o liberaciones de índole accidental [18].

Algunos ejemplos de software que aplican modelos e emergencias químicas, se describen brevemente a continuación :

- o **SLAB View** (*Emergency Release Dense Gas Model*): es una interfaz gráfica del modelo SLAB, un modelo de dispersión atmosférica para gases más densos que el aire. Se considera una herramienta muy útil para predecir las zonas peligrosas y posibles impactos de emisiones accidentales, ya que permite mostrar cómo se desarrolla la liberación a través del tiempo, así como cuál será la huella global de la liberación.

- o **CBRNE Web** (*Chemical Biological Radiological Nuclear & Explosive Model*): proporciona información sobre liberación de agentes químicos, biológicos, radiológicos y nucleares, brindando soluciones de modelado de los mismos y haciendo previsión de potenciales explosivos. Agrega datos a sistemas de mando y control ya existentes. [18]

o **SEVEX View** (*Emergency Release Dense Gas Model with Complex Terrain*): es un modelo 3D para modelar gases densos que avanzan en un terreno complejo. Este modelo es extremadamente poderoso, capaz de proporcionar información muy realista respecto del entorno del accidente.

o **ALOHA** (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*)[36]: es un modelo que se usa ampliamente para planificar y responder a emergencias químicas. Permite ingresar detalles sobre una liberación química real o potencial, y luego genera estimaciones de zonas de amenaza para varios tipos de peligros. ALOHA puede modelar nubes de gases tóxicos, nubes de gases inflamables, BLEVEs (explosiones de vapor de expansión de líquidos en ebullición), incendios de chorro, incendios en piscinas y explosiones de nubes de vapor [19]. Incorpora datos como intensidad de la fuente, y aplica tanto modelos Gaussianos como de gases densos. Posee además una extensa biblioteca de propiedades químicas [18].

La principal diferencia entre los ejemplos presentados, más allá de las potencialidades propias para la modelización del fenómeno que se presentaron brevemente, es que los primeros tres son software comerciales y el último es de acceso gratuito.

Dado que posee una interfaz amigable, que la información de entrada es acotada y relativamente de fácil acceso, es que ALOHA es un software ampliamente utilizado en el sector público y privado.

4.2 ALOHA (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*)

ALOHA es utilizado principalmente en emergencias para el despliegue rápido en la etapa de respuesta, así como para su uso en la planificación previa a la emergencia. Es una marca registrada por el gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica, recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de tal país (US EPA). En la actualidad, ALOHA es aplicado por muchos organismos gubernamentales, consultoras y universidades para estimar en forma rápida la dispersión de los contaminantes y su impacto sobre la población [18].

Este software se diseñó pensando en los primeros respondedores de emergencias y desastres, considerando que no suelen tener experiencia en el modelado de la dispersión atmosférica. De este modo, ALOHA es extremadamente fácil de usar y posee menús desplegables con indicaciones, y mensajes de advertencia y precaución. Se ejecuta en sistema operativo Windows.

ALOHA posee un interesante modelo de emisión a través del cual puede predecir las tasas con que las sustancias químicas pueden escapar a la atmósfera, desde tuberías rotas de gas, fugas de tanques, chimeneas y charcos en evaporación. La dispersión de los contaminantes en aire es

estimada bien por un modelo de gases densos o por un modelo gaussiano. Cuenta con una extensa biblioteca de propiedades químicas que facilita la aplicación del software, pero también dispone de la opción de carga de nuevas sustancias y propiedades químicas. Los resultados del modelo se presentan tanto en formato de texto como gráfico. Este último representa el área de afectación a sotavento de la emisión, diferenciando zonas en donde las concentraciones pueden exceder un nivel umbral establecido por el usuario (Ej: AEGL, TEEL, ERPG, etc.). Las salidas gráficas del software, bajo la extensión de *.kml, pueden importarse desde cualquier sistema de información geográfica (SIG) y mostrarse como una capa más sobre el mapa del escenario en cuestión. ALOHA hace uso también de información meteorológica para estimar la dispersión de los contaminantes, y parte de esta puede provenir desde estaciones de monitoreo portátiles [18].

Los cómputos de ALOHA representan un compromiso entre exactitud y velocidad de ejecución: se ha diseñado para que genere buenos resultados con la suficiente rapidez y que pueda utilizarse en la etapa de respuesta a emergencias químicas.

Como cualquier modelo, ALOHA no puede ser más preciso que la información que se le suministra para trabajar. Pero, aun cuando se ingresa información fiable a la entrada del modelo, ALOHA no puede garantizar la bondad de sus resultados bajo ciertas condiciones que se describirán a continuación:

- Velocidades de viento muy bajas,
- Condiciones atmosféricas muy estables, y
- Cambios de la dirección del viento y efectos de conducción del terreno.

Finalmente, es importante aclarar que ALOHA no da cuenta de los efectos frente a incendios o reacciones químicas, material particulado, relieves complejos y de mezclas [85].

Cuando se realizan simulaciones con ALOHA hay una serie de elementos y parámetros que influyen en la dispersión de las nubes tóxicas y se necesitan conocer para poder representar de la forma más adecuada un evento. Dos de ellos son la *rugosidad del suelo* y la *meteorología*. A continuación, se detalla sobre ellos.

- ***Características topográficas y usos del suelo***

El software ALOHA requiere información acerca de la rugosidad del suelo en la zona, a sotavento durante una descarga, pues esta característica de la superficie perturba el flujo del aire.

Se conoce como rugosidad del terreno al efecto conjunto de la superficie del terreno y los obstáculos, los cuales conducen a una desaceleración del viento cerca del suelo. La vegetación y las edificaciones son ejemplos de elementos de la rugosidad, no así las colinas largas y suaves. La rugosidad de un área dada está determinada por el tamaño y distribución de los elementos de rugosidad que contiene, por tal motivo a cada tipo de terreno se le puede asociar una clase de rugosidad. En términos físicos, la rugosidad es la altura sobre el suelo en que la velocidad media del viento es igual a cero, si el perfil es logarítmico. Comúnmente esta es definida con el parámetro Z_0 [18].

La fricción entre el suelo y el aire que circula sobre éste, es una de las causas de la turbulencia atmosférica denominada turbulencia mecánica, cuanto más rugosa es la superficie del suelo, mayor es la turbulencia que se manifiesta [30]. El grado de turbulencia atmosférica influye en la rapidez con que una nube contaminante que se desplaza con el viento, se mezcla con el aire que la rodea, y luego se diluye por debajo de su NP (nivel de preocupación), es decir el umbral de concentración del contaminante por encima de la cual puede generar peligro [18].

- **Meteorología**

Parámetros meteorológicos que influyen en la mezcla y dispersión de las emisiones

La capa de aire más próxima al suelo, denominada capa límite Planetaria, se extiende desde la superficie hasta una altura que varía entre los 100 y los 3000 m en función de la estación, las condiciones meteorológicas y la hora del día [34], es desde el punto de vista fluidodinámico, la más compleja por su interacción con la litosfera e hidrosfera. Un mayor detalle de su formación y análisis se presenta en Lagzi et al. [38]

En ella se producen todos los fenómenos relacionados con la mezcla y la dispersión de los contaminantes, siendo los parámetros más significativos los que se mencionan a continuación [30]:

- La magnitud, dirección y persistencia del viento.
- La temperatura y la presión.
- La humedad y la pluviosidad.
- La radiación solar.
- La turbulencia.

Todos estos parámetros están interrelacionados, pues la radiación solar condiciona la temperatura y ésta a la densidad que, a su vez, determina la presión. Sin embargo, interesa independizarlos a fin de evaluar la influencia de cada uno en los fenómenos estudiados [30,34].

1. **La magnitud de la velocidad del viento** tiene una gran importancia en la dispersión de los contaminantes atmosféricos, de manera que, como primera aproximación la concentración de un producto fugado en la dirección del viento y en cualquier punto a sotavento resulta inversamente proporcional a esta magnitud. La velocidad varía con la altura. Por ello, es necesario referenciar la altura a la que se realiza la medida [30, 34].

La dirección del viento condiciona la dirección del transporte de las sustancias fugadas y, por consiguiente, su impacto. Para extensiones con distancia menores 10 km, la topografía, la presencia de obstáculos o la proximidad del mar, influyen considerablemente en la dirección del viento, provocando los efectos valle o montaña-valle, las brisas marinas, las corrientes predominantes en calles, todo ello como consecuencia de variaciones locales de presiones, que, a su vez, se originan por gradientes térmicos horizontales [34].

La persistencia del viento manifiesta el número de ocasiones que, en determinados periodos de tiempo, la dirección del viento permanece estable, en cada uno de los sectores definidos por las direcciones cardinales. Este parámetro es de interés para prever los probables cambios de dirección del viento que influyen de la misma manera en la dirección de la nube y, por consiguiente, en las posibles regiones a impactar [34].

2. **La temperatura** ambiente influye en la cinética de las reacciones de transformación de determinados contaminantes atmosféricos, acelerando generalmente estos procesos. Asimismo, algunos parámetros de interés dependen de la temperatura, como la densidad del aire, la evaporación, los coeficientes de transferencia de calor y de materia, entre otros.

3. **La presión atmosférica** a nivel de suelo está relacionada con la estabilidad. A distancias superiores a 100 km, se producen dos grandes fenómenos rotacionales provocados tanto por diferencias térmicas, y en consecuencia gradientes de presión, en grandes extensiones como por la fuerza de Coriolis: los ciclones (presiones bajas, condicionan situaciones de inestabilidad) y los anticiclones (presiones altas, condicionan situaciones de estabilidad).

4. **La humedad** favorece la formación de aerosoles cuando el contaminante atmosférico es higroscópico (amoníaco, cloruro amónico, cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, entre otros). En tal sentido, aumenta la densidad de una nube tóxica, alentando la formación de nubes densas (aumenta de masa molecular). Asimismo, puede actuar como medio reactante, en los procesos de transformación de los contaminantes atmosféricos.

5. **La pluviosidad** resulta importante desde el punto de vista de la eliminación de los contaminantes atmosféricos, incluso para las sustancias insolubles.

6. **La radiación solar** es el fenómeno primario más importante que dinamiza los movimientos de la atmósfera y, además, propicia las reacciones fotoquímicas atmosféricas.

7. **La turbulencia atmosférica** es el mecanismo más importante que interviene de manera decisiva en la mezcla y dispersión de las emisiones accidentales. La misma puede diferenciarse en turbulencia de origen mecánico y de origen térmico. La primera está inducida por la interacción de las masas de aire en movimiento (advección) con la superficie terrestre. Particularmente interesa conocer la distribución, altura y geometría de los obstáculos presentes sobre la superficie. La segunda, provoca los movimientos verticales del aire (convección), y está directamente relacionada al enfriamiento/calentamiento radiativo de la superficie terrestre. La turbulencia de origen térmico está condicionada por el perfil vertical de temperatura.

Clases de Estabilidad Atmosférica

El término estabilidad atmosférica hace referencia a una condición de equilibrio. Aplicando este concepto a la atmósfera, se observa que una parcela de aire está en equilibrio estable cuando, después de ser elevada o descendida, tiende a volver a su posición original (resiste los movimientos de aire hacia arriba y hacia abajo). Por lo contrario, la parcela de aire que se encuentra en equilibrio inestable, cuando comienza su movimiento de ascenso o descenso, se aleja más de su posición original (favorece las corrientes de aire verticales) [34].

Los parámetros atmosféricos son críticos para el uso de modelos de dispersión de contaminantes. En efecto, los coeficientes de dispersión que aparecen en las fórmulas Gaussianas, están determinados por el mezclado o poder dispersivo del flujo turbulento dentro de la capa límite

atmosférica. Al respecto, Pasquill propuso un método que permite asociar diferentes parámetros atmosféricos a seis categorías de estabilidad:

- A** extremadamente inestable
- B** moderadamente inestable
- C** ligeramente inestable
- D** neutral
- E** ligeramente estable
- F** moderadamente estable

5. Descripción de la región de estudio

La amplia producción, almacenamiento, transporte y utilización que en la actualidad se da a los productos químicos, lo cual se justifica por el avance tecnológico de nuestras sociedades, hace que el riesgo potencial de que ocurran accidentes que involucren mercancías peligrosas esté latente en todo momento.

La industria química ha crecido exponencialmente en las últimas décadas, acompañada de un desarrollo económico. Sin embargo, no ha ocurrido lo mismo con el establecimiento de programas de prevención, preparación y respuesta de emergencias producidos por incidentes que involucren productos químicos.

El Gran La Plata, comprendida por los Partidos de La Plata, Berisso y Ensenada, cuenta con más de 800.000 habitantes [25,26,27]. La localidad de Ensenada presenta un importante complejo petroquímico, en el cual se destaca la refinería de petróleo más importante del país, con una capacidad de procesamiento de unos 35.000 m³ día⁻¹ de crudo y cercana a ésta se ubican otras industrias subsidiarias productoras de diversos compuestos químicos. Asimismo, la región de estudio alberga numerosos establecimientos industriales que han quedado inmersos en zonas urbanas y suburbanas [18].

En este contexto, el transporte de materiales peligrosos constituye una de las actividades soporte de la actividad industrial regional, y que por las deficientes políticas de ordenamiento

territorial que se han llevado a cabo en las últimas décadas, expone a la población a riesgos asociados al transporte de mercancías peligrosas.

Las particularidades que tienen los accidentes químicos, y que la diferencia de otros tipos de desastres, es el alto potencial de riesgo de contaminación secundaria: el efecto tóxico sobre el ambiente circundante al accidente afectando a un gran número de personas, animales y vegetación. El desarrollo del proceso tóxico en los afectados, puede presentarse de forma inmediata o después de transcurrido un corto periodo de tiempo.

Con el objetivo de minimizar el desastre que podrían generar los incidentes con mercancías peligrosas, que muchas veces son daños irreversibles, se hace necesario el desarrollo de programas de prevención. Para ello existen herramientas predictivas que proponen utilizar información asequible, a un costo razonable para la toma de decisiones en el marco de la protección de la población. Dichas herramientas permiten determinar las zonas de amenaza y la población afectada por exposición a sustancias peligrosas, y de esa manera generar estrategias para optimizar el uso de los recursos frente a estos sucesos no deseados.

En este trabajo se propone estimar las zonas de amenazas asociadas al transporte de mercancías peligrosas en el partido de La Plata, aplicando el software ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres).

Sin embargo, como el software modela escenarios puntuales que requieren datos de entrada referidos a dicha situación, lo primero que se necesita para trabajar con ALOHA es definir dichos escenarios. La complejidad se encuentra en determinar situaciones que sean representativas y conservadoras para modelar.

A fin de que, en la toma de decisiones frente a un incidente, se optimicen los recursos y se proteja a la población, se recomienda trabajar con mapas de riesgos. Estos se construyen de la interacción de mapas de amenazas y de vulnerabilidad, ya que los primeros sólo dan cuenta de un nivel de amenaza en una zona y de sus dimensiones o alcance.

OBJETIVOS

1. Objetivo General

El objetivo general de este trabajo consiste en la aplicación del software ALOHA para realizar un estudio de escenarios potenciales para incidentes que involucren al transporte de mercancías peligrosas en el Gran La Plata. Además, con el objetivo de sumar conocimiento en la etapa de preparación frente a emergencias y desastres, se propone identificar y categorizar zonas de riesgo asociadas a dichos eventos, entrecruzando los mapas de amenazas generados por ALOHA con un índice de vulnerabilidad social (ILVS).

2. Objetivos específicos

1. Estudiar antecedentes de incidentes ocurridos en área de Gran La Plata con vehículos que transportan mercancías peligrosas (HAZMAT)
2. Releva las principales vías de tránsito en la región de estudio por la que circulen vehículos que transportan mercancías peligrosas, información meteorológica y la rugosidad superficial de los entornos a las vías de circulación.
3. Analizar y aplicar criterios de selección de la información relevada.
4. Simular con el software ALOHA potenciales escenarios de emisión, analizando las zonas de amenaza y la población afectada a las atmósferas peligrosas simuladas.
5. Generar un mapa de riesgo superponiendo los mapas de amenazas estimados por ALOHA y de vulnerabilidad (ILVS) utilizando el software QGIS.

METODOLOGÍA

La simulación de una descarga accidental de materiales peligrosos (amenaza) puede ofrecer información acerca de los niveles en los que una amenaza se manifestará sobre una región dada y los alcances geográficos que tendrá. Esta información es necesaria pero no suficiente si se pretende dar cuenta de los riesgos que una población potencialmente expuesta a dicha amenaza experimenta. En tal sentido, definir las zonas potencialmente expuestas a diferentes niveles de amenazas y la estimación de la vulnerabilidad social de la población, son elementos necesarios para identificar y categorizar zonas de riesgo. En esta tesis se usará el software ALOHA para simular la amenaza y el ILVS (Índice Local de Vulnerabilidad Social) para caracterizar la población potencialmente impactada. Finalmente, se estimará el riesgo a través de una matriz de riesgo que cruza los niveles de amenaza con los de vulnerabilidad social (figura 2).



Figura (2). Se definen las principales etapas para la elaboración de mapas de riesgo. Fuente [20]

1. Amenaza. Construcción de escenarios

Para la construcción de escenarios de amenaza es necesario contar con información de incidentes anteriores, información topográfica, de usos del suelo y meteorológica del sitio a simular, a fin de alcanzar una buena descripción del escenario a estudiar [39,40]. Esta información debe ser

procesada a fin de acotar la cantidad de información, y obtener escenarios que sean representativos, en este caso, de incidentes con mercancías peligrosas en el Gran La Plata.

A continuación, se desarrollará la metodología empleada para la construcción de escenarios, que se divide en dos partes: relevamiento de información y definición de criterios para la construcción de escenarios.

1.1 Recopilación de información

Antecedentes de incidentes

En este punto se busca relevar y clasificar los eventos ocurridos en Gran La Plata y alrededores, con camiones que transportan mercancías peligrosas. El objetivo aquí es contar con información que dé cuenta de la frecuencia de ocurrencia, tipo de mercancía peligrosa involucrada, cantidad de individuos afectados, actores intervinientes, planes de contingencia, entre otros.

El trabajo constó de un relevamiento de artículos periodísticos en sus versiones digitales e impresas, en plataformas online y Hemeroteca de la UNLP, publicados entre enero de 2003 a diciembre de 2017. Se seleccionaron noticias a través de la búsqueda de titulares con referencia explícita a la temática de interés, considerado como sintetizador de posición editorial [71].

El corpus para este trabajo está conformado por 22 artículos, de los cuales 19 pertenecen al diario El Día y 3 al diario Hoy en la Noticia. (Ver **ANEXO II**).

Complementariamente se realizaron diversas entrevistas con actores competentes en la respuesta y la planificación a emergencias, a fin de recopilar información de eventos ocurridos en la zona de estudio, y otros datos que puedan ser de utilidad para la simulación como rutas de transporte de mercancías peligrosas (HAZMAT) en la región de estudio, bandas horarias, características de los tanques cisternas que transportan dicho tipo de sustancias.

Rutas de transporte de mercancías peligrosas

Según la Ley de Tránsito N°24.449, "la autoridad local, a fin de preservar la seguridad vial, el medio ambiente, la estructura y la fluidez de la circulación, puede fijar en zona urbana, vías o carriles para la circulación exclusiva u obligatoria de vehículos del transporte público de pasajeros o de carga". Siguiendo la normativa, las vías de tránsito permitidas para el transporte de carga en el Gran

la Plata son las que se muestran en la Imagen 1, publicadas por la Subsecretaría de Tránsito de la Nación en su página web [29].

Las vías coloreadas de verde indican las Rutas Provinciales permitidas para el transporte público de pasajeros o de carga, las rojas son Rutas Restringidas, las celestes son vías pertenecientes a la Red Municipal y las amarillas indican Rutas Nacionales aptas para la circulación del transporte pesado.

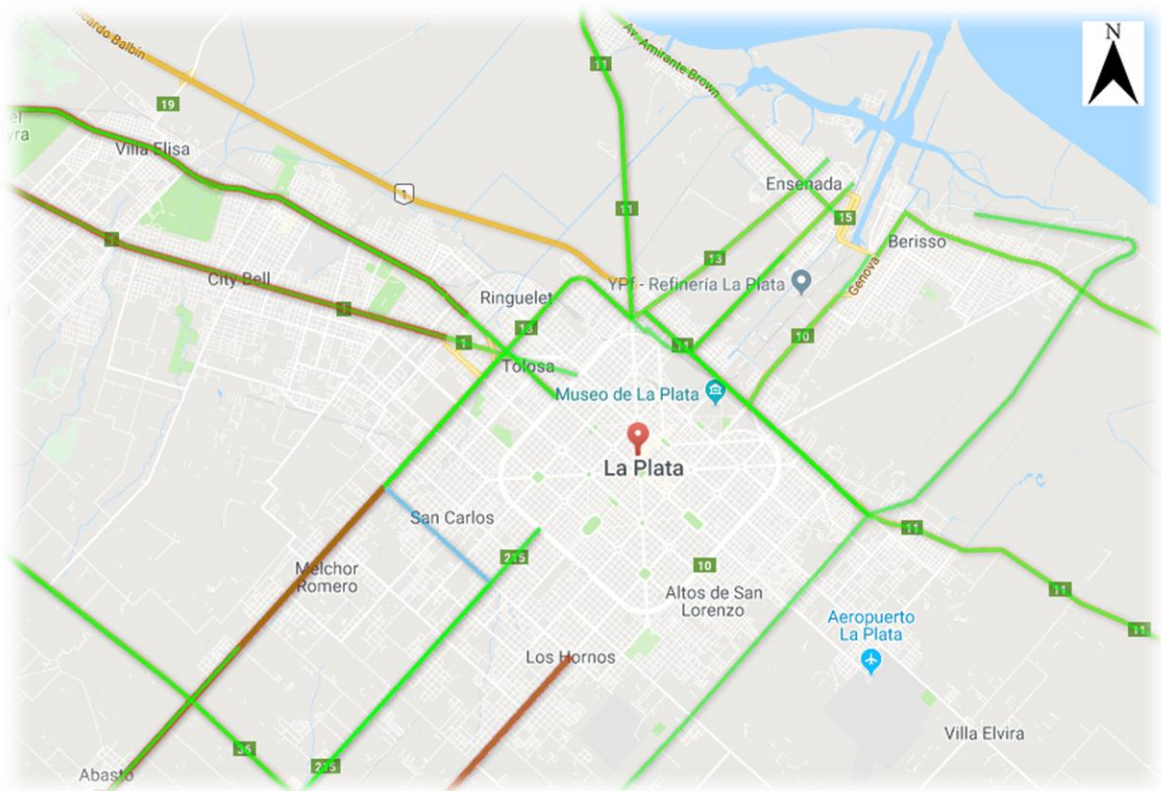


Imagen 1. Red de Tránsito Pesado. Fuente: Subsecretaria de Transporte [29]

Características topográficas y usos del suelo

El software ALOHA requiere información acerca de la rugosidad del suelo en la zona, a sotavento durante una descarga, pues esta característica de la superficie perturba el flujo del aire.

Para poder determinar el tipo de rugosidad del suelo es necesario reconocer el uso del suelo. Según el Reglamento CIRSOC 102 [31], la rugosidad del suelo se puede diferenciar en cuatro tipos, que se asocian a índices Z_0 (Tabla 1)

| TIPO | DESCRIPCIÓN | Z _{0,i} (m) |
|------|--|----------------------|
| I | Llanuras planas con pocas o ninguna obstrucción, con un promedio de alturas de las posibles obstrucciones alrededor de la construcción menor que 1,5m. Por ejemplo: fajas costeras hasta aproximadamente 6 km, llanuras sin árboles, masetas desérticas, pantanos. | 0,005 |
| II | Zonas llanas, poco onduladas con obstrucciones dispersas, tales como cercas, árboles o construcciones muy aisladas, con alturas entre 1,5 y 10 m. | 0,050 |
| III | Zonas onduladas o forestadas, zonas urbanas con numerosas obstrucciones de espacios cerrados que tienen la altura de las casas domésticas con promedio no superior a 10 m. Por ejemplo: áreas industriales, suburbios de grandes ciudades. | 0,200 |
| IV | Superficies cubiertas por numerosas obstrucciones, centros de grandes ciudades con edificación general de más de 25 m de altura. | 0,500 |

Tabla 1: Tipos de Rugosidad y valores de parámetro Z0 para cada uno. Adaptado de Reglamento CIRSOC 102. [31]

Meteorológica

Para poder ejecutar ALOHA se requieren mediciones horarias en la zona de estudio de:

- magnitud y dirección del viento [m/s],
- temperatura [°C],
- humedad relativa [%],
- cobertura de nubes [décimos], y
- estabilidad de Pasquill.

Si la base de datos es proveída desde una estación oficial del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), está deberá ser adaptada a las unidades con las que trabaja ALOHA, ya que el organismo presenta la cobertura nubosa en octavos y la velocidad del viento en km h⁻¹. En este trabajo se procedió a trabajar con una base de datos horaria proveída por el SMN, obtenida en la estación AERO La Plata (34°58'S; 57°54'O) para el período 2014-2017. La misma es completa en un 99,97%. Acorde a las buenas prácticas, el porcentaje de datos perdidos no debe ser mayor al 10%, para ser considerada una base de buena calidad.

1.2 Definición de criterios para la selección de escenarios a modelar

Los criterios de selección surgirán del procesamiento de la información recopilada en el inciso anterior. En tal sentido, su definición busca acotar los datos, y alcanzar escenarios representativos a simular.

1. Tipo de mercancía peligrosa
2. Emisión:
 - a. Localización geográfica
 - b. Horario de ocurrencia del evento
 - c. Características estructurales y operacionales de la fuente de emisión
3. Meteorología

1. Tipo de mercancía peligrosa

En virtud de los antecedentes de emergencias químicas, las sustancias que prevalecen, sus características toxicológicas, las industrias locales que la generan o utilizan durante los procesos productivos, las principales vías de tránsito por la que circulan camiones que transportan mercancías peligrosas, cantidades utilizadas, almacenadas o transportadas y la factibilidad de ser modeladas con software ALOHA, se procede a seleccionar el compuesto a investigar.

2. Emisión

a. Localización geográfica

Con el objetivo de determinar sitios puntales de simulación, se analizan las principales vías de tránsito por la que circulan camiones con la mercancía peligrosa seleccionada anteriormente. Se recurre también a datos históricos de ubicaciones en donde han ocurrido incidentes con camiones cisternas que contenían dicha sustancia.

Para ayudar a la determinación, se recorre la ruta de transporte con el objetivo de identificar sitios con potencial ocurrencia de un incidente de tránsito, ya sea por conflicto vehicular, malas condiciones de la calzada, falta de señalización de la ruta, etc.

En caso de existir, debe sumarse al análisis mapas de análisis territorial que permita cruzar información con la ya disponible.

b. Horario de ocurrencia del evento

La hora del potencial evento a simular es definida en función del horario permitido de circulación de los camiones cisterna que transportan la mercancía bajo estudio, y la franja horaria en la que se presentan las condiciones meteorológicas más probables. Esto último se describirá a continuación.

c. Características estructurales y operacionales de la fuente de emisión

Las características del tanque cisterna y de las condiciones de almacenamiento serán definidas en función del tipo de mercancía peligrosa a simular. Para su definición se recurrirá a fichas técnicas proveídas por la empresa fabricante de los mismos e información de la entidad encargada del transporte de la mercancía.

Si del análisis resulta que se utilizan tanques cisternas de volúmenes distintos con similar frecuencia, se elige para simular el de mayor tamaño. Siempre se busca llegar a resultados conservadores, por lo que los criterios a adoptar para la simulación deben ser conservador.

3. Meteorología

Los factores meteorológicos interfieren directamente en la dispersión de los contaminantes. En consecuencia, influyen en las dimensiones de la zona de amenaza estimada [35]. La extensión del área, según el escenario más probable (EMP) y el escenario más conservador (EMC) se estima siguiendo la metodología propuesta en Sánchez et al. [35], desde un punto de vista meteorológico y no desde la probabilidad de ocurrencia del tipo de emisión [40,41].

En tal sentido, una base de datos horarios (magnitud y dirección del viento, temperatura, presión atmosférica, humedad, cobertura nubosa y estabilidad de Pasquill) de una estación oficial del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es procesada siguiendo el árbol de decisiones propuesto en Sánchez et al. [35] (Figura 3)

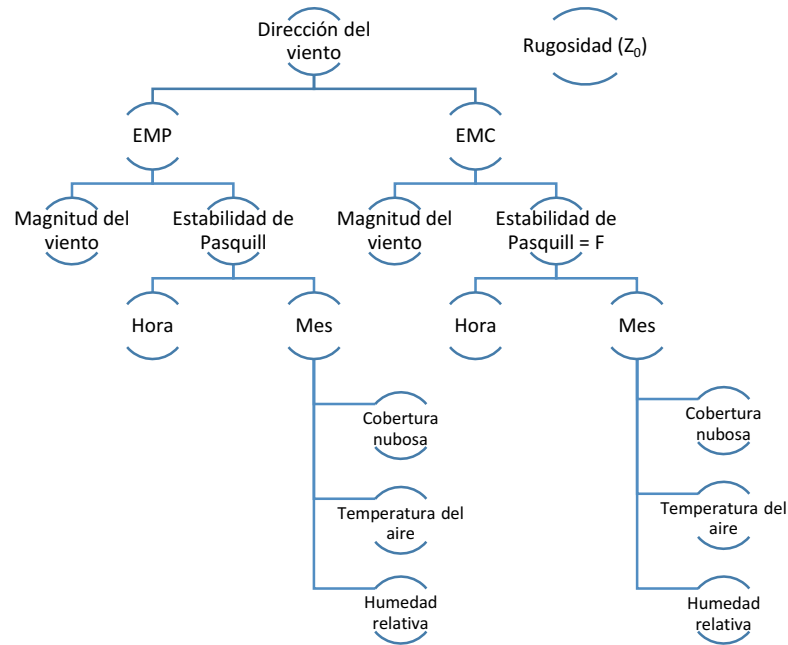


Figura 3. Árbol de decisiones basado en operaciones de preprocesamiento de bases de datos meteorológicas. EMP: el escenario más probable; EMC: el escenario más conservador. Adaptado de Sánchez et al. [35]

El tratamiento de los datos comienza determinando las direcciones anuales, estacionales y diurna-nocturna del viento más frecuente, de modo de visualizar patrones asociados a condiciones meteorológicas específicas. Cada una de estas direcciones tendrá asociada una rugosidad del terreno (Z_0) a sotavento, y una matriz de estabilidad [35,32,31]. Para la construcción de las matrices en función de las direcciones del viento, se requiere conocer las magnitudes del viento y las estabilidades de Pasquill. Esta matriz puede ofrecer información de sumo interés, tal como [30]:

- a) La frecuencia a la que se verifica cualquier combinación clase de estabilidad-velocidad de viento.
- b) La frecuencia de cada clase de estabilidad.
- c) La frecuencia de cada intervalo de velocidad.
- d) La frecuencia total (suma de la última fila o columna) es la que corresponde a la dirección de viento de la matriz.
- e) Combinaciones que no se presentan por lo que pueden descartarse de los análisis.

Un ejemplo de matriz de estabilidad se presenta en la Tabla 2.

En tal sentido, y acorde a los objetivos de este trabajo, la matriz destacará la combinación *clase de estabilidad de Pasquill - velocidad de viento* más frecuente para el escenario de estudio asociado al EMP. Para determinar el EMC, se verifica el rango de velocidad de viento más probable para la clase de estabilidad de Pasquill más estable (F).

| Velocidad(m/s) | Frecuencia de estabilidades (%) | | | | | | ΣClases |
|----------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|---------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 0-1 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 0.15 |
| 1-3 | 0.30 | 0.07 | 0.03 | 0.43 | 0.00 | 0.13 | 0.96 |
| 3-5 | 0.00 | 0.92 | 0.47 | 1.34 | 0.00 | 0.00 | 2.73 |
| 5-7 | 0.00 | 0.00 | 0.74 | 1.01 | 0.03 | 0.00 | 1.78 |
| 7-9 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.33 | 0.00 | 0.00 | 0.34 |
| >9 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.03 |
| Σ v | 0.31 | 0.99 | 1.25 | 3.14 | 0.03 | 0.27 | 5.99 |

Tabla 2: Matriz de estabilidad ejemplo, correspondiente a una determinada dirección de viento. Fuente: Ruiz Boada [30]

Finalmente, para completar la información meteorológica (temperatura, cobertura nubosa y humedad) de EMP y EMC, se realiza un gráfico de frecuencias de la clase de estabilidad de Pasquill más probable (obtenida de la matriz de estabilidad) y de la clase de estabilidad de Pasquill “F”, en función de los meses y las horas del día (Figura 4). Del procesamiento anterior se obtienen los meses y horas más probables en los que puedan presentarse las estabilidades seleccionadas para cada escenario (EMC y EMP). Con los meses definidos, se procede a determinar la cobertura de nubes, temperatura del aire y humedad. Para ello, se realiza un histograma y se calcula la moda estadística de las distintas variables para el mes anteriormente seleccionado. En caso de que el valor de la moda no se encuentre dentro del rango de frecuencia máximo del histograma, se trabaja con un valor promedio del rango de frecuencia.

Es probable que este procesamiento llevado a cabo mediante el árbol de decisiones [35], devuelva más de un escenario del tipo EMP y EMC. En tal caso, todos los escenarios resultantes deben simularse con el software ALOHA y seleccionar aquellos que ofrecen las mayores dimensiones de las zonas de amenaza. Como resultado de esta etapa metodológica, se obtiene un mapa de amenazas (.kml).

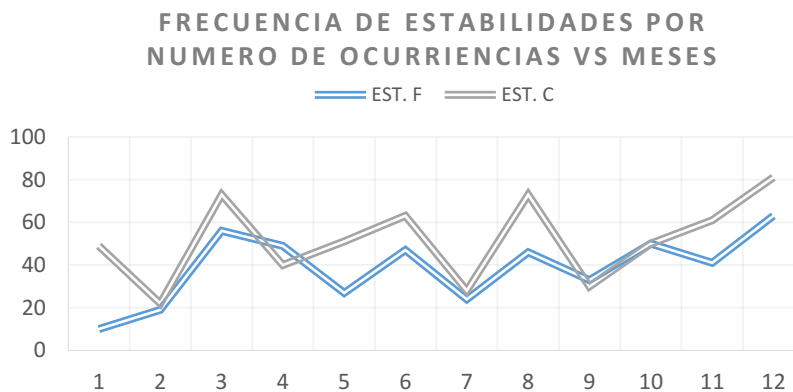


Figura 4. Gráficos de “Frecuencia porcentual de ocurrencia de clase de estabilidad de Pasquill vs Meses” para la estabilidad más probable(C) y la más conservadora(F).

2. Vulnerabilidad: Aplicación del ILVS

Con el objetivo de generar un mapa de Riesgo se busca cruzar el mapa de amenazas con un mapa de vulnerabilidad. En este trabajo se utiliza el ILVS [35, 42] que se encuentra definido de acuerdo a categorías (muy baja, baja, media, alta y muy alta) para todos los radios censales de Argentina. Actualmente está disponible en el servidor del CIM (Centro de Investigaciones del Medio Ambiente), CONICET-UNLP, como una capa (.shp). Esta se puede visualizar y analizar desde la información de la tabla de atributos con sistemas de información geográfica.

3. Análisis de Riesgo y Mapeo

El riesgo se define como la relación entre amenaza y vulnerabilidad. Para cuantificar el riesgo total en un sitio y un momento dado se utilizan matrices de riesgo, que hacen uso de una clasificación cromática en áreas censales asociado a los niveles de riesgo (alto, medio y bajo) [42].

Para generar el mapa de Riesgo se superponen los mapas de amenazas y de vulnerabilidad. Las operaciones espaciales y cartográficas, de las capas vulnerabilidad y amenaza, realizadas para categorizar el riesgo en función de la matriz de riesgo presentada en Sánchez et al. [35] (Figura 5) se realizan con el software QGis [43].

| | | Vulnerabilidad | | | | |
|---------|-------|----------------|------|-------|------|----------|
| | | Muy Baja | Baja | Media | Alta | Muy Alta |
| Amenaza | Baja | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Media | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | Alta | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | | | | |

Figura 5: Matriz de riesgo definida como el resultado de las amenazas de una liberación accidental y la vulnerabilidad de la población potencialmente afectada. La matriz muestra 7 niveles de riesgo donde 2 corresponde con menor riesgo y 8 corresponde al riesgo más alto. Adaptación de Sánchez et al. [35]

RESULTADOS

Siguiendo la metodología descrita, se definen los escenarios a simular en la región de estudio.

1. Amenaza

1.1 Tipo de Mercancía Peligrosa

Acorde a la información recopilada y a la factibilidad de modelado con el software ALOHA (Sustancias puras o en solución. No mezclas [85]), se selecciona al Metanol como mercancía peligrosa de interés.

Cabe destacar, que a pesar de que son mayores los reportes de incidentes con camiones que transportan combustibles, debido a las limitaciones del software utilizado es que se hace imposible modelar dichas sustancias por ser mezclas complejas.

Respecto al mercado del metanol, puede decirse que hace algunos años, el Puerto La Plata era uno de los principales exportadores al mundo de esta mercancía, observando un transporte fluido con camiones cisterna desde la Refinería de YPF en Plaza Huincul, Neuquén (Planta productora), hacia el mencionado puerto de la región de estudio. En la actualidad, el comercio del metanol ha cambiado, encontrando una fuerte demanda en empresas productoras de biodiesel distribuidas en el país, ya que su producción implica el uso de alcohol puro [6]. Por lo que el volumen de exportación se ha reducido, acotando el transporte de metanol hacia la región de estudio solo a los fines de la semana y feriados. Esta situación se presenta ya que industrias demandantes del interior del país disminuyen el consumo y el remanente de la producción de metanol de Plaza Huincul se debe transportar al Polo petroquímico de YPF para ser almacenado o exportado. Es importante destacar que las rutas del metanol son variables en función de las demandas del mercado, pero que los volúmenes producidos y transportados se mantienen, en tal sentido se visualiza la necesidad de su estudio en rutas tradicionales y nuevas.

Identificación de la sustancia

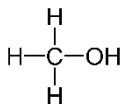
El metanol es un líquido incoloro, volátil e inflamable. Es un líquido altamente venenoso y nocivo para la salud. Presenta un ligero olor dulce a alcohol, pero no se nota antes de llegar a una concentración de al menos 2000 ppm, que es diez veces superior al límite seguro de exposición a los seres humanos (200 ppm)[50]. Es miscible en agua, alcoholes, esteres, cetonas y muchos otros

solventes; además, forma muchas mezclas azeotrópicas binarias. Es poco soluble en grasas y aceites[44].

A continuación, puede apreciarse un resumen de las características del metanol.

Fórmula Molecular: CH₃OH

Estructura Molecular:



CAS: 67-56-1

Número ONU: 1230

Riesgo Principal: ONU: 3

Riesgo Secundario ONU: 6.1

Número de Guía GRE: 131

En la Tabla 2 se muestra la Información reglamentaria.

| INFORMACIÓN REGLAMENTARIA | |
|----------------------------------|--|
| CLASIFICACIÓN: | ETIQUETADO |
| | Símbolo: F,T |
| F; R11 | Frases R: R11: Fácilmente inflamable R23/24/25: Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel. R39/23/24/25: Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión |
| T; R23/24/25-39/23/24/25 | Frases S: S7: Manténgase el recipiente bien cerrado. S16: Conservar alejado de toda llama o fuente de chispa – No fumar. S36/37: Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados. S45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta) |
| Otras regulaciones: | El metanol está listado en el Inventario Químico TSCA (EPA) |
| Límite de concentración: | C ≥ 20%: T, R23/25; 3% ≤ C < 20%: Xn, R20/22. |

Tabla 2. Información reglamentaria del metanol. Fuente [45,46].

Identificación de los Peligros

A continuación, se describen brevemente los tipos de peligros o amenazas que puede presentar la manipulación/uso del metanol

- **Incendio:** Altamente inflamable. Los vapores forman mezclas explosivas con el aire y se puede inflamar en presencia de calor, llamas, chispas y electricidad estática. Arde con una llama invisible [49]. Los vapores son más pesados que el aire, pueden viajar hasta la fuente de ignición y regresar en llamas [44-48].

- **Explosión:** Los contenedores pueden explotar con el calor del fuego. Peligro de explosión de vapores en interiores, exteriores y en conductos. Vertido a drenajes o alcantarillas puede inflamarse y explotar. Puede formar mezclas explosivas con el aire [44-48].

- **Exposición:**

- **Inhalación:** Irritación de la nariz, y tracto respiratorio. Tienes efectos anestésicos y afectos al sistema nervioso central incluyendo excitación y euforia. Produce asfixia, vértigo, tos, dolor de cabeza, náuseas, vómito, trastornos oculares, convulsiones e inconsciencia [46,48].

- **Ingestión:** Tos, dolor de cabeza, disturbios visuales, dolor abdominal, diarrea, vómito, inconsciencia. En casos graves: coma, paro respiratorio, ceguera, convulsiones, acidosis metabólica severa y muerte. Es la forma más grave de intoxicación, debido a que el metanol tiene efectos acumulativos y es eliminado muy lentamente por el organismo [46,48].

- **Contacto con la piel:** Se absorbe por la piel presentando efectos iguales a la inhalación. Un contacto repetido y prolongado puede causar irritación moderada, enrojecimiento, escozor, dermatitis inflamatoria, y posible infección secundaria [46,48].

- **Contacto con los ojos:** Puede causar irritación severa, enrojecimiento, dolor, lagrimeo, visión borrosa, sensación de quemadura y conjuntivitis [46-48].

Niveles de Preocupación (NP)

En la actualidad es una práctica común emplear una jerarquía de índices toxicológicos, como Niveles de Preocupación (NP), para la exposición a diferentes sustancias químicas en el aire. Para la estimación del daño provocado por exposiciones agudas, los índices de preferencia son los AEGL (Acute Exposure Guideline Levels). Cuando la sustancia no dispone de AEGL se recomienda utilizar el índice ERPG (Emergency Response Planning Guidelines) y en última instancia puede ser utilizado el índice TEEL (Temporary Emergency Exposure Limits) [52-56].

Los AEGLs representan límites umbrales de exposición, para el público en general, y son aplicables a los períodos de exposición de emergencia que van desde 10 minutos a 8 horas. Los procedimientos operativos de los AEGLs, definen a este índice como la concentración en el aire (expresada en ppm o mg/m³) de una sustancia por encima de la cual se prevé que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo a los hipersensibles, podría experimentar diferentes síntomas. Tres niveles diferentes de referencia se establecen y se

corresponden con aumentos en la severidad de los síntomas (AEGL 1, AEGL 2 y AEGL 3) [52,57]. Los múltiples períodos disponibles para cada nivel de daño permiten una interpolación fiable a diferentes tiempos. Los AEGL han sido publicados para varias sustancias químicas. A través del sitio Web de la EPA se puede acceder al estado actual de este proyecto [58-68].

Los AEGL han sido propuestos por la EPA y adoptados por organismos de otros países al ser reconocida su credibilidad científica. Estos niveles guía se van desarrollando para diferentes sustancias, a través de cuatro niveles [30]:

1. Inicial o de partida
2. Propuesto
3. Provisional
4. Final: se publica por el National Research Council, adquiriendo categoría de valor definitivo

El AEGL para el metanol se encuentran a la fecha en estado FINAL y sus valores son presentados en la Tabla 3.

| | 10 min | 30 min | 60 min | 4 horas | 8 horas |
|-----------------------------|---------|--------|--------|---------|---------|
| AEGL 1 (mg/m ³) | 880 | 880 | 690 | 450 | 350 |
| AEGL 2 (mg/m ³) | 14000 * | 5200 | 2800 | 960 | 680 |
| AEGL 3 (mg/m ³) | ** | 18000* | 9400* | 3100 | 2100 |

| | 10 min | 30 min | 60 min | 4 horas | 8 horas |
|--------------|---------|---------|--------|---------|---------|
| AEGL 1 (ppm) | 670 | 670 | 530 | 340 | 270 |
| AEGL 2 (ppm) | 11000 * | 4000 | 2100 | 730 | 520 |
| AEGL 3 (ppm) | ** | 14000 * | 7200 * | 2400 | 1600 |

*El valor AEGL₂ de 10 minutos y los valores AEGL₃ de 30 minutos y 1 hora son superiores a 1/10 del límite explosivo inferior (LEL) de metanol en el aire (LEL = 55000; 1 / 10 LEL = 5500 ppm). Por lo tanto, se deben tener en cuenta las consideraciones de seguridad contra el riesgo de explosión.

**El valor AEGL₃ de 10 minutos de 40000 ppm es superior al 50% del límite explosivo más bajo de metanol en el aire (LEL = 55,000 ppm; 50% del LEL = 27500 ppm). Por lo tanto, se deben tener en cuenta las consideraciones de seguridad extremas contra el riesgo de explosión.

Tabla 3. Valores de AEGL para el metanol [51]

Los efectos asociados a cada nivel guía se describen a continuación [69]:

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

AEGL 2: Concentración a o por encima de la cual se predice que la población general puede experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar.

AEGL 3: Concentración a o por encima de la cual se predice que la población general puede experimentar efectos amenazantes para la vida e incluso provocar la muerte

En el caso de *burning pools, jets, y fireballs* asociados con un BLEVE, se saben que pueden arder con suficiente longevidad para crear una fuente de radiación térmica persistente que puede causar daños lejos del frente de la llama. El impacto en las personas depende tanto de la duración de la exposición como de la intensidad de la radiación. Para cuantificar el daño se utilizan LOC (Levels of Concern), que se presentan en diferentes tipos. En este trabajo se utiliza para cuantificar el daño relacionado a incidentes tipo BLEVE , Niveles de Concentración consistentes con las recomendaciones de Mudan y Croce [33] : 10 kW/m² es un umbral de fatalidad; 5kW/m² pueden causar quemaduras de segundo grado en la piel desprotegida; y 2kW/m² pueden causar dolor.

1.2 Emisión

Localización geográfica

Del relevamiento de información a través de diferentes medios, se determinaron las principales vías de tránsito por la que circulan camiones con metanol. Los mismos ingresan por la Autopista Bs.As.-La Plata, llegan a la rotonda Presidente Néstor Kirchner y luego toman Camino Rivadavia hasta otra rotonda que conecta por un *By Pass* a Camino Ing. Humet, dirigiéndose por el mismo hasta el Polo (Imagen 2). Sin embargo, hay algunos choferes que por motivos varios recorren la ruta antigua, ingresan por av. 122 para dirigirse a Camino Ing. Humet y así llevar la carga a destino (Imagen 3). Si bien, no es la ruta más frecuente, existe. Ambos recorridos utilizan las Rutas Provinciales permitidas para tránsito pesado [29].

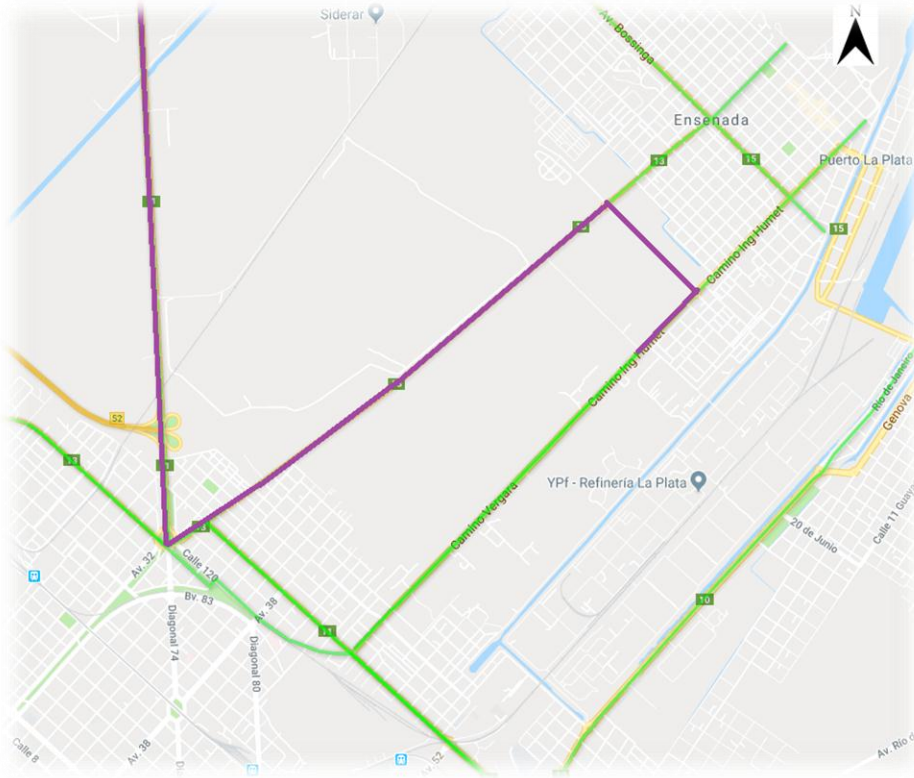


Imagen 2. Ruta de metanol más frecuente. Vía coloreada de violeta. Elaboración Propia.

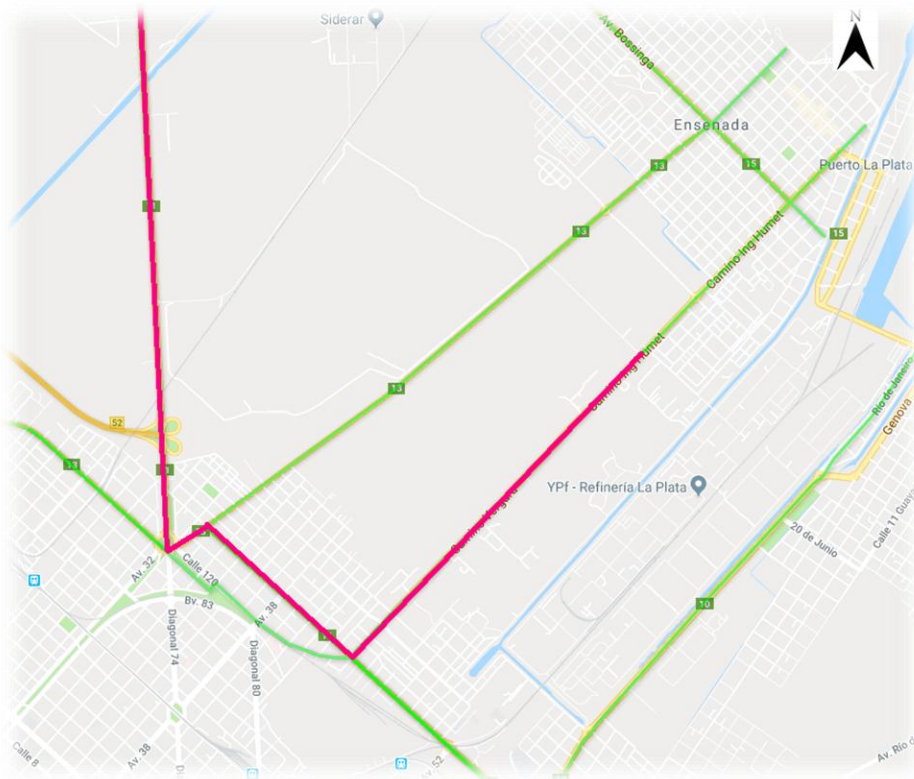


Imagen 3. Ruta de metanol opcional. Vía coloreada de fucsia. Elaboración Propia.

Para seleccionar los sitios a simular se recorrió la ruta más frecuente del transporte de metanol y con lo observado se realizó un mapa que muestran receptores más sensibles (como canchas de fútbol, jardín de infantes, centro de equitación), sitios de conflicto vehicular y de mal estado de la calzada. El mismo de muestra en la Figura 6.

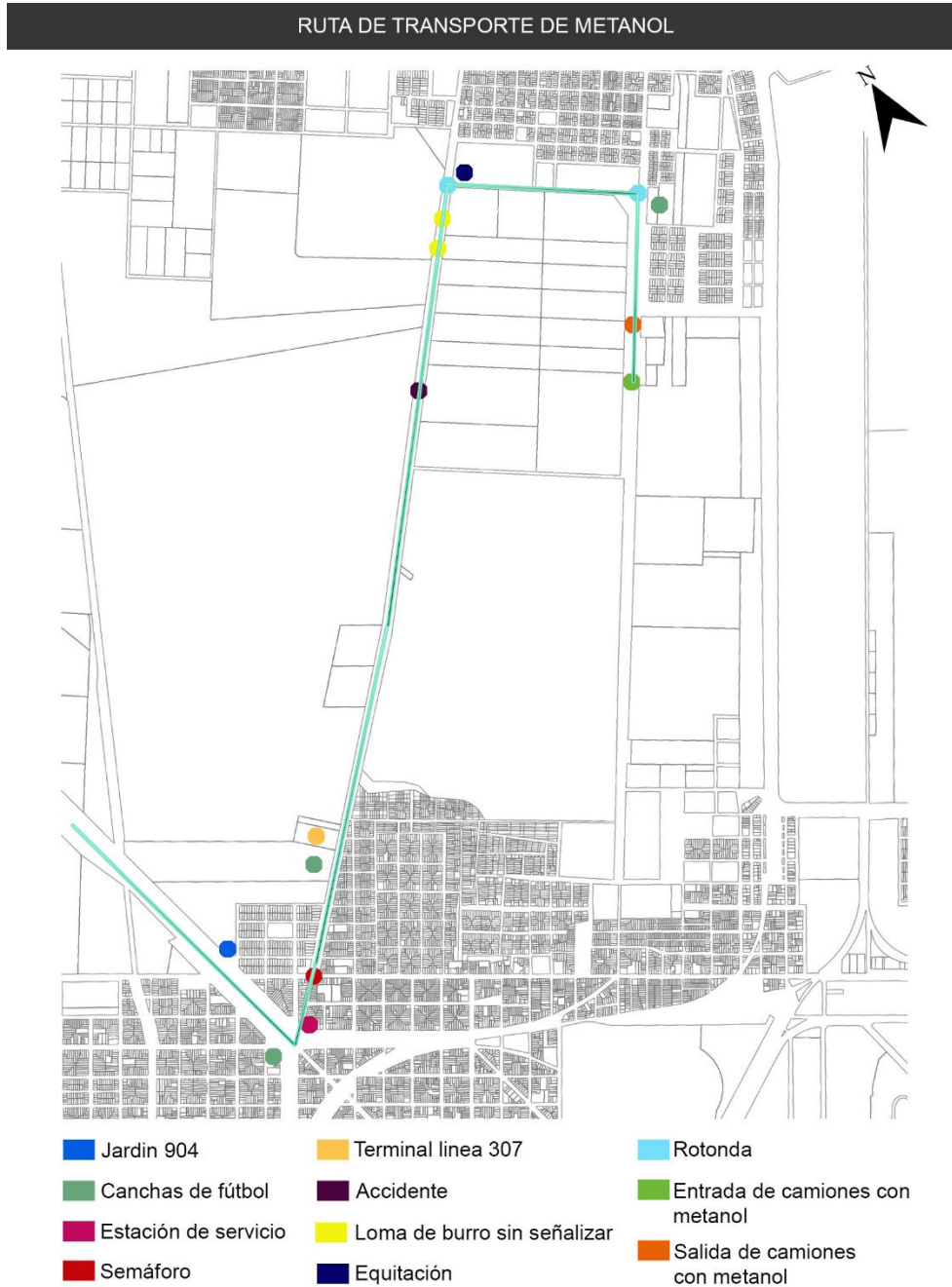


Figura 6. Ruta más frecuente de Transporte de metanol. Se muestran los receptores más sensibles. Elaboración Propia.

Analizando las distintas rutas del metanol se evidenciaron puntos críticos a simular que se muestran en la tabla 4.

| | Dirección | Coordenada | Descripción |
|---|--|-------------------------|--|
| 1 | Intersección Camino Rivadavia y Av. 122 | 34°53'15"S ; 57°57'12"O | Semáforo con conflicto vehicular |
| 2 | Intersección Camino Rivadavia y Av. 122 | 34°53'20"S ; 57°57'21"O | Salida de rotonda |
| 3 | Intersección Camino Rivadavia y Calle 130 | 34°53'02"S;57°56'50"O | Entrada y Salida de colectivos |
| 4 | Camino Rivadavia llegando a intersección Rotonda de <i>By Pass</i> | 34°52'03"S;57°55'21"O | Calzada en mal estado, lomas de burro sin señalización |
| 5 | Intersección Av. 122 y Diag.115 | 34°53'47"S;57°56'29"O | Sitio de conflicto vehicular. |

Tabla 4. Puntos críticos de conflicto vehicular.

Para terminar de definir los sitios de simulación se suman al estudio mapas de análisis territorial, realizados por la cátedra de Planificación Territorial I de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de La UNLP (Figura 7). En los mapas se señala como puntos críticos las intersecciones de Au. Bs.As- La Plata y Av. 122, Camino Rivadavia y Av. 122 , Av. 122 y Diagonal 115 , y Av. 122 y Av. 52 .

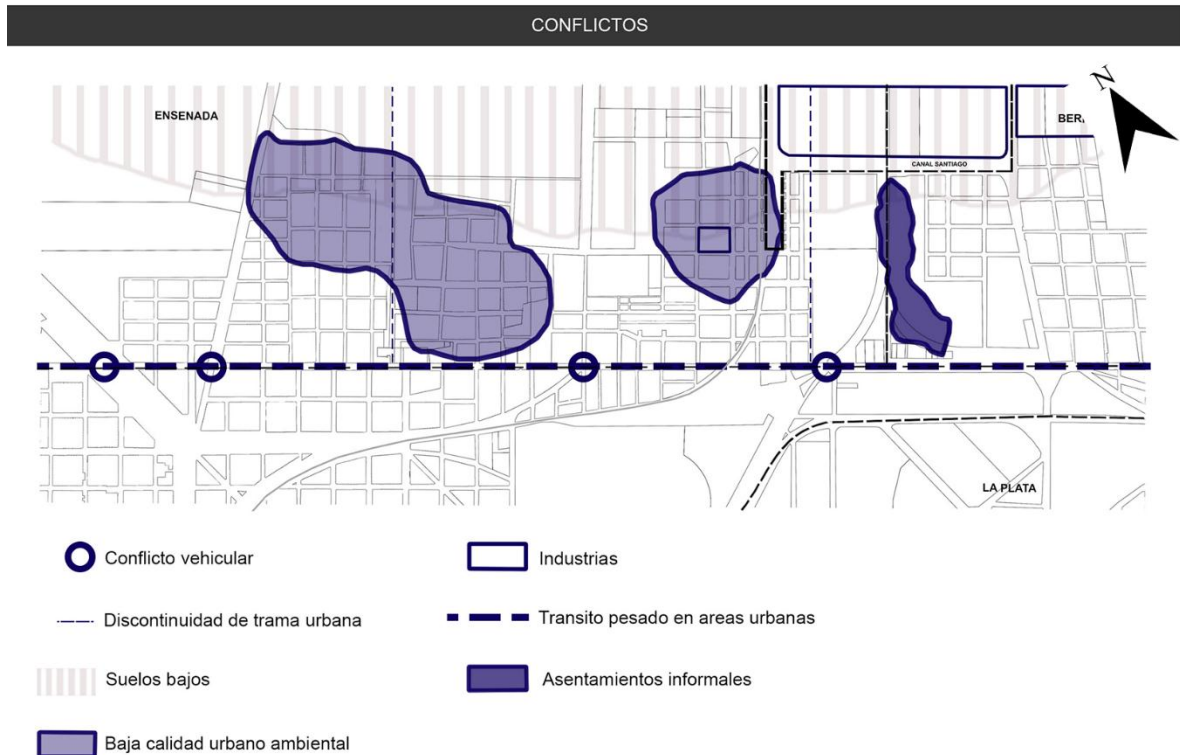


Figura 7. Mapas de Conflicto Vehicular, realizado por la cátedra de Planificación Territorial I de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de La UNLP

Con toda la información relevada se eligen como sitios conflictivos dentro de la región de estudio los siguientes:

- Intersección de la Av. 122 y el Camino Rivadavia ($34^{\circ}53' 20''$ S; $57^{\circ}57'21''$ O), al que llamaremos **Sitio 1**,
- Intersección de Av. 122 y Diag. 115 ($34^{\circ}53'47''$ S; $57^{\circ}56'29''$ O), denominado a partir de ahora, **Sitio 2**.

Ambos resultan relevantes para este estudio por ser un cruce de vías de alto tráfico, inmerso en el ejido urbano, donde además representan un límite entre los partidos de La Plata y Ensenada.

Horario de ocurrencia del evento

El horario de ocurrencia del evento para la simulación, se define tanto en función del horario informado por el área de Logística de YPF (como el permitido para el transporte de mercancías peligrosas de camiones de su dependencia (06:00-22:00 hs)), como de la franja horaria más frecuente de ocurrencia de la estabilidad más probable y más conservadora.

Características estructurales y operacionales de la fuente de emisión

Los tanques cisterna para el transporte, cumplen diferentes requerimientos dependiendo del tipo de sustancia que cargan. Para el transporte de metanol, la guía GRE2016 [82] recomienda que el tanque cumpla los requerimientos de seguridad DOT406, TC406, SCT306, MC306 o TC306. El volumen de las cisternas es variable, de la información relevada se determinó que se utilizan tanques de 25000 litros hasta 37000 litros.

Para la simulación, se selecciona un tanque cisterna, con una geometría de cilindro horizontal de 37000 litros. El mismo se supone lleno al 80% de su capacidad, por cuestiones de seguridad [83]. La presión y la temperatura dentro del tanque son consideradas ambiente.

1.3 Meteorología

En este trabajo se analizó una base de datos meteorológica obtenida en la estación AERO La Plata ($34^{\circ}58'S$ $57^{\circ}54'O$) para el período 2014-2017, la cual fue proveída por el SMN y su procesamiento muestra frecuencias de 23.48, 21.49, 17.32, 10.03, 10.23, 6.61, 5.94, y 4.82 % para los vientos N, E, S, O, NE, SE, SO y NO, respectivamente. No presenta patrones de estacionalidad y diurno-nocturnos. No se consideran vientos calmos (menores a 1 m s^{-1}) en el análisis ya que la dirección del viento es menos predecible cuando la velocidad del viento es baja.

Siguiendo la metodología propuesta, se determinan 25 escenarios en total, de los cuales 12 son EMP y 13 EMC. En la tabla 5 se muestran las características de los escenarios.

| Año | Dirección del viento | % | Escenario | Clase de estabilidad | Velocidad del viento (m/s) | Mes | Hora | Cobertura nubosa (1/10) | T amb(°C) | Humedad(%) | F(rango de frecuencia) M(modal estadística) |
|------|----------------------|-------|-----------|----------------------|----------------------------|-----|-----------|-------------------------|------------------------|----------------|--|
| 2014 | N | 24,39 | C | [1,6 - 5,5] | 12 | 11 | | [0-0,25] | (24,2-25,2] | (67-69)(97-99] | F |
| | | | | | | 21 | | 0,00 | 25 | 99,00 | M |
| 2015 | N | 24,94 | C | [1,6 - 3,4] | 4 | 14 | | [0-0,25] | (23,8-24,8] | (71-73)(95-97] | F |
| | | | | | | 20 | | 0,00 | 19,40 | 97,00 | M |
| 2016 | N | 21,59 | EMP | C | [3,4 - 5,5] | 12 | 11 | [0-0,25] | (19,9-20,9)(21,9-22,9] | (53-55)(65-67] | F |
| | | | | | | | 22 | | 0 | 23 | 100 |
| | | | | | | 8 | 11 | [0-0,25] | (8,8-10,8] | (99-100] | F |
| | 22 | | 0 | 16,4 | 100 | | M | | | | |
| | E | 21,03 | C | [1,6 - 3,4] | 2 | 19 | | [0-0,25] | (24,6-25,6] | (89-91] | F |
| | | | | | | | | 0,00 | 29,60 | 85,00 | M |
| D | [3,4 - 5,5] | 10 | | | 19 | | (9,75-10] | (16,4-17,4] | (83-85)(87-93] | F | |
| | | | | | 21 | | 10,00 | 16,60 | 84,00 | M | |
| 2017 | N | 23,05 | C | [1,6 - 3,4] | 1 | 8 | | [0-0,25] | (25,7- 26,7] | (64-66)(70-74] | F |
| | | | | | | | | 0 | 25,4 | 59 | M |
| 2014 | N | 24,39 | F | [0 - 0,3] | 12 | 1 | | [0-0,25] | (24,2-25,2] | (67-69)(97-99] | F |
| | | | | | | 4 | | 0,00 | 25 | 99,00 | M |
| | | | | | | 7 | | | | | |
| 2015 | N | 24,94 | F | [0 - 0,3] | 7 | 5 | | [0-0,25] | (10-11)(11-12] | (99-100] | F |
| | | | | | | 2 | | 0 | 1,8 | 100 | M |
| 2016 | N | 21,59 | EMC | F | [0 - 0,3] | 6 | 5 | [0-0,25] | (9,2-10,2] | (99-100] | F |
| | | | | | | | 7 | | 0 | 10 | 100 |
| | | | | | | 5 | 5 | [0-0,25] | (7,8-8,8] | (98-100] | F |
| | 7 | | 0 | 8,5 | 100 | | M | | | | |
| | E | 21,03 | F | [0 - 0,3] | 3 | 8 | | [0-0,25] | (19,8-20,8] | (59-61)(93-95] | F |
| | | | | | | 4 | | 0 | 19,1 | 58 | M |
| 2017 | N | 23,05 | F | [0 - 0,3] | 8 | 3 | | [0-0,25] | (14,8-15,8] | (98-100] | F |
| | | | | | | 22 | | 0 | 13,6 | 100 | M |

Tabla 5. Características de los escenarios totales determinados.

Con el objetivo de reducir el número de escenarios, se descartan aquellos que presentan horas fuera del rango permitido para el transporte de mercancías peligrosas (06:00-22:00 hs). Se conservaron los de las 5 hs, debido a que se ha reportado en las entrevistas que los camiones a menudo llegan a la petroquímica una hora antes de que se permita el despacho de la mercancía. También se eliminan aquellos que presentan características similares/repetidas. Finalmente se determinan 17 escenarios total, de los cuales 12 son EMP y 5 EMC. Se muestran las características en la Tabla 6. Se puede encontrar más detalle de esta selección en el ANEXO III.

| Escenario | Mes | Día | Año | Hora |
|-----------|-----|-----|------|------|
| 1 | 12 | 15 | 2014 | 11 |
| 2 | 12 | 15 | 2014 | 21 |
| 3 | 4 | 15 | 2015 | 14 |
| 4 | 4 | 15 | 2015 | 20 |
| 5 | 12 | 15 | 2016 | 11 |
| 6 | 12 | 15 | 2016 | 22 |
| 7 | 8 | 15 | 2016 | 11 |
| 8 | 8 | 15 | 2016 | 22 |
| 9 | 2 | 15 | 2016 | 19 |
| 10 | 10 | 15 | 2016 | 19 |
| 11 | 10 | 15 | 2016 | 21 |
| 12 | 1 | 15 | 2017 | 8 |
| 13 | 12 | 15 | 2014 | 7 |
| 14 | 7 | 15 | 2015 | 5 |
| 15 | 6 | 15 | 2016 | 7 |
| 16 | 3 | 15 | 2016 | 8 |
| 17 | 8 | 15 | 2017 | 22 |

Tabla 6. Características de los escenarios determinados a simular con ALOHA .

Cada uno de los escenarios de la Tabla 6 se simuló con software ALOHA bajo tres tipos de incidente

- I- Fisura del tanque, la mercancía peligrosa no se prende fuego y forma un charco de evaporación
- II- Fisura del tanque, la mercancía peligrosa se prende fuego y forma una “*burning pools*”;
- III- BLEVE, el tanque explota y el químico se incendia.

Se obtuvieron así 51 escenarios de amenazas, de los cuales eligieron aquellos que presentaban el mayor alcance (distancia a sotavento) de las atmósferas peligrosas. Los seleccionados fueron un incidente de tipo BLEVE, y dos simulando una fisura del tanque, en el cual se forma un charco de evaporación tóxico. Los otros tipos de incidentes al simularlos arrojaban zonas de amenaza de tamaño menor que la distancia mínima que ALOHA puede garantizar resultados bondadosos que es de 100 metros durante 1 hora [84]. La Tabla 7 muestra la información asociada a cada uno de los tres escenarios seleccionados, incluyendo inputs del software ALOHA.

| Escenario | | 1 | 2 | 3 | |
|----------------------|----------------------------|---|------------------------------|------------------------------|----|
| Amenaza | | BLEVE | Charco de Evaporación Tóxico | Charco de Evaporación Tóxico | |
| Tipo de Escenario | | EMP | EMP | EMC | |
| Datos meteorológicos | Viento | Intensidad (m/s) | 5.5 | 3.4 | 1 |
| | | Dirección | N | N | E |
| | | Humedad (%) | 100 | 60 | 60 |
| | | Cobertura Nubosa (1/10) | 0 | 0 | 0 |
| | | Temperatura ambiente (°C) | 8 | 25 | 19 |
| | | Estabilidad de Pasquilli | C | C | F |
| Emisión | Fuente | Tanque Cilindro Horizontal (2 x 11,78 metros) | | | |
| | Orificio | | 60 x 4 cm | 60 x 4 cm | |
| | Tipo de Suelo* | | Hormigón | Hormigón | |
| | Temperatura del suelo(°C)* | | 40 | 30 | |

Tabla 7: Escenarios seleccionados con los datos de entrada al software y tipo de amenazas simuladas. EMP: Escenario más probable. EMC: Escenario más conservador. (*)Esta información es solicitada al modelar evaporación desde charcos ocasionados por derrames.

Cuando se simula un derrame con la generación de un charco de evaporación tóxico, se lo supone desde una ruptura en forma rectangular con dimensiones de 60 x 4 cm. Bajo esta simplificación, se busca simular una grieta en el tanque que represente pérdidas de la mercancía peligrosa por las juntas o soldaduras, situación que se ha manifestado con frecuencia en el último tiempo.

Respecto a la rugosidad de los entornos a los sitios de emisión a simular, se considera la misma rugosidad del terreno (Z_0), por estar rodeados tanto al Sur como al Oeste por casas bajas con una altura promedio no superior a 10 m. En tal sentido, el valor de Z_0 utilizado es de 20 cm según el Reglamento CIRSOC 102 [31].

Los 3 escenarios resultantes se simulan con el software ALOHA en los dos sitios seleccionados anteriormente (Intersección de la Av. 122 y el Camino Rivadavia (34°53' 20" S; 57°57'21"O) e Intersección de Av. 122 y Diag. 115 (34°53'47"S;57°56'29"O)), dando como resultado 6 mapas de amenazas (.kml). Los mismos se pueden observar en la primera columna de las Figuras 10 y 11 en la cual muestran las zonas de amenazas definidas en función del nivel guía para exposiciones agudas, AEGL [56] para el caso de formación de nubes tóxicas, como se define en los escenarios 2 y 3, y de límites de radiación térmica sugeridos por National Fire Protection Association [33-84] para las simulaciones BLEVEs (escenario 1).

2. Vulnerabilidad: Aplicación del ILVS

Para generar los mapas de riesgos se deben solapar los de amenaza con los de vulnerabilidad. Con tal fin se analiza las regiones aledañas a los sitios de conflicto que se seleccionaron anteriormente: la intersección de la Av. 122 y el Camino Rivadavia ($34^{\circ}53' 20''$ S; $57^{\circ}57' 21''$ O) e Intersección de Av. 122 y Diag. 115 ($34^{\circ}53' 47''$ S; $57^{\circ}56' 29''$ O).

En la Figura 8 se muestra el mapa de vulnerabilidad de la región de estudio, que surge de la aplicación del ILVS [35, 42].

A través de las imágenes se puede observar que los radios censales cercanos al potencial sitio de emisión, llamado "Sitio 1", tienen un valor de vulnerabilidad según el ILVS de 2 a 4, correspondientes a una vulnerabilidad baja, media y alta. A diferencia del entorno del "Sitio 2" que solo cuenta con radios censales que tienen vulnerabilidad baja (2) y media (3).

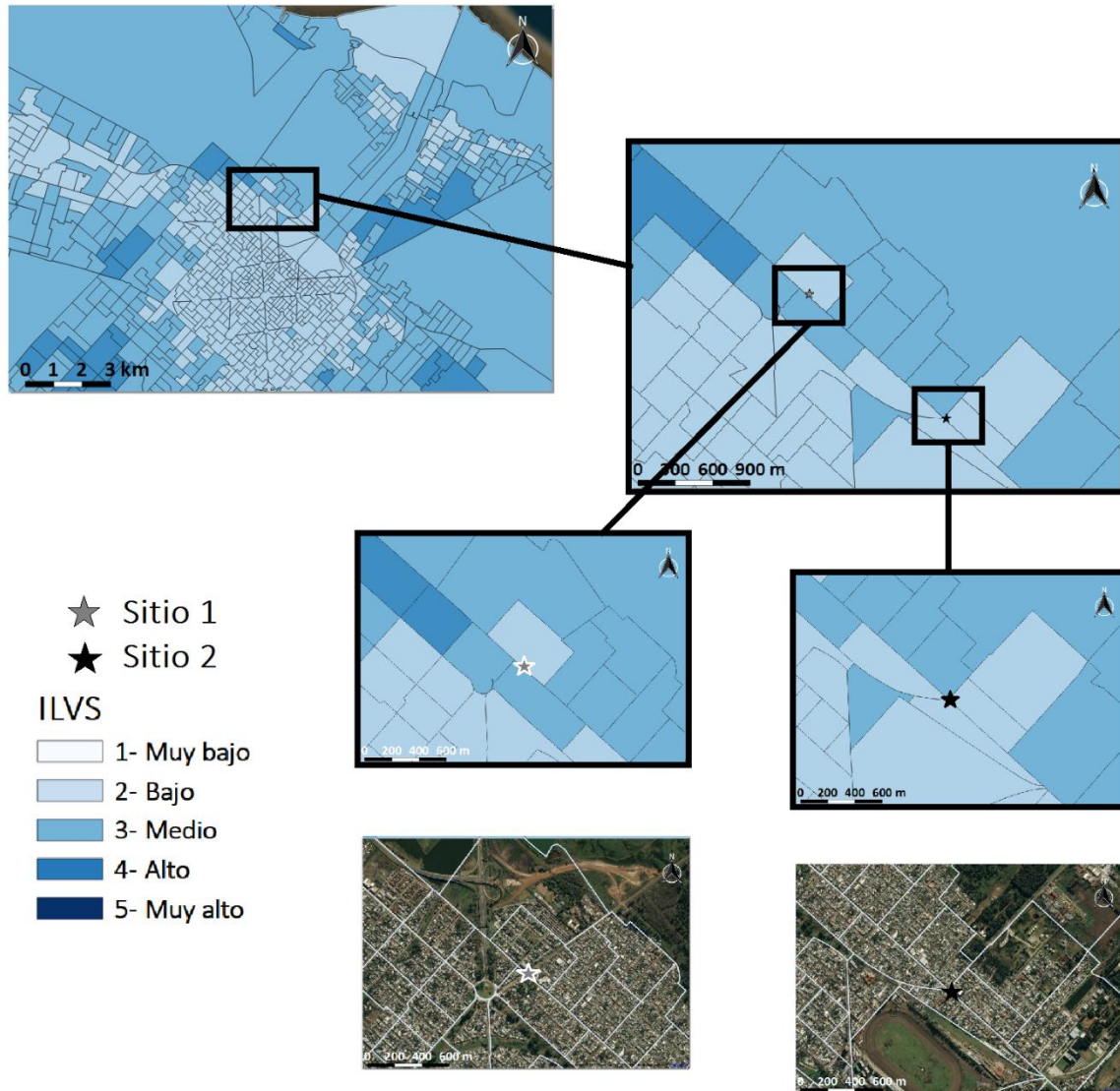


Figura 8. En el margen izquierdo arriba se muestra una clasificación de los radios censales de acuerdo con su vulnerabilidad, a través del ILVS. Una ampliación de la vista se muestra a la derecha de la mencionada imagen. Debajo de las imágenes ampliadas, se observan las imágenes satelitales del área de estudio con las líneas blancas de contorno de los radios censales. Las estrellas indican los sitios donde se ubicarán las potenciales fuentes de emisión. Coordenadas de origen para la simulación con ALOHA: 34°53' 20" S; 57°57'21" O (Sitio 1) y 34°53'47"S;57°56'29"O (Sitio 2). Abajo en el margen izquierdo, se muestra la clasificación del ILVS y las referencias de los sitios.

3. Análisis de Riesgo y Mapeo

Para generar el mapa de Riesgo se superponen los mapas de amenazas y de vulnerabilidad presentados anteriormente. Las operaciones espaciales y cartográficas, de las capas vulnerabilidad y amenaza, se realizan con el software QGis [43]. Para categorizar el riesgo se utiliza la matriz de riesgo presentada en Sánchez et al. [35]. (Figura 5)

En la Figura 10 y Figura 11 se muestra en la primera columna las zonas de amenazas definidas en función del nivel guía para exposiciones agudas, AEGL [56] para el caso de formación de nubes tóxicas, como se define en los escenarios 2 y 3, descriptos en la Tabla 7, y de límites de radiación térmica sugeridos por National Fire Protection Association [84] para las simulaciones BLEVEs (escenario 1). La segunda columna de las Figuras 10 y 11 por su parte, muestran los niveles de riesgo asociados a la unión de los niveles de amenaza y vulnerabilidad por radio censal, en función de la matriz de riesgo de la Figura 5.

En la Figura 10 se considera la intersección de la Av. 122 y el Camino Rivadavia (34°53' 20" S; 57°57'21" O) como sitio de la potencial fuente de emisión, a diferencia de la Figura 11, que considera la Intersección de Av. 122 y Diag. 115 (34°53'47"S;57°56'29"O). Denominadas como "Sitio 1" y "Sitio 2", respectivamente.

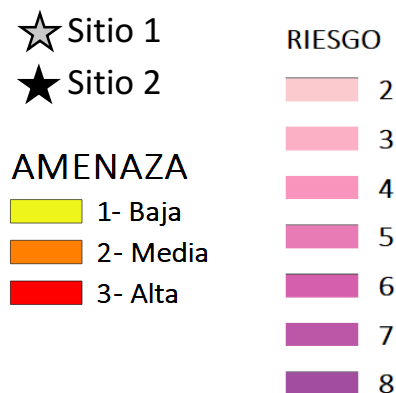


Figura 9. Referencia de correspondientes a las figuras 10 y 11.

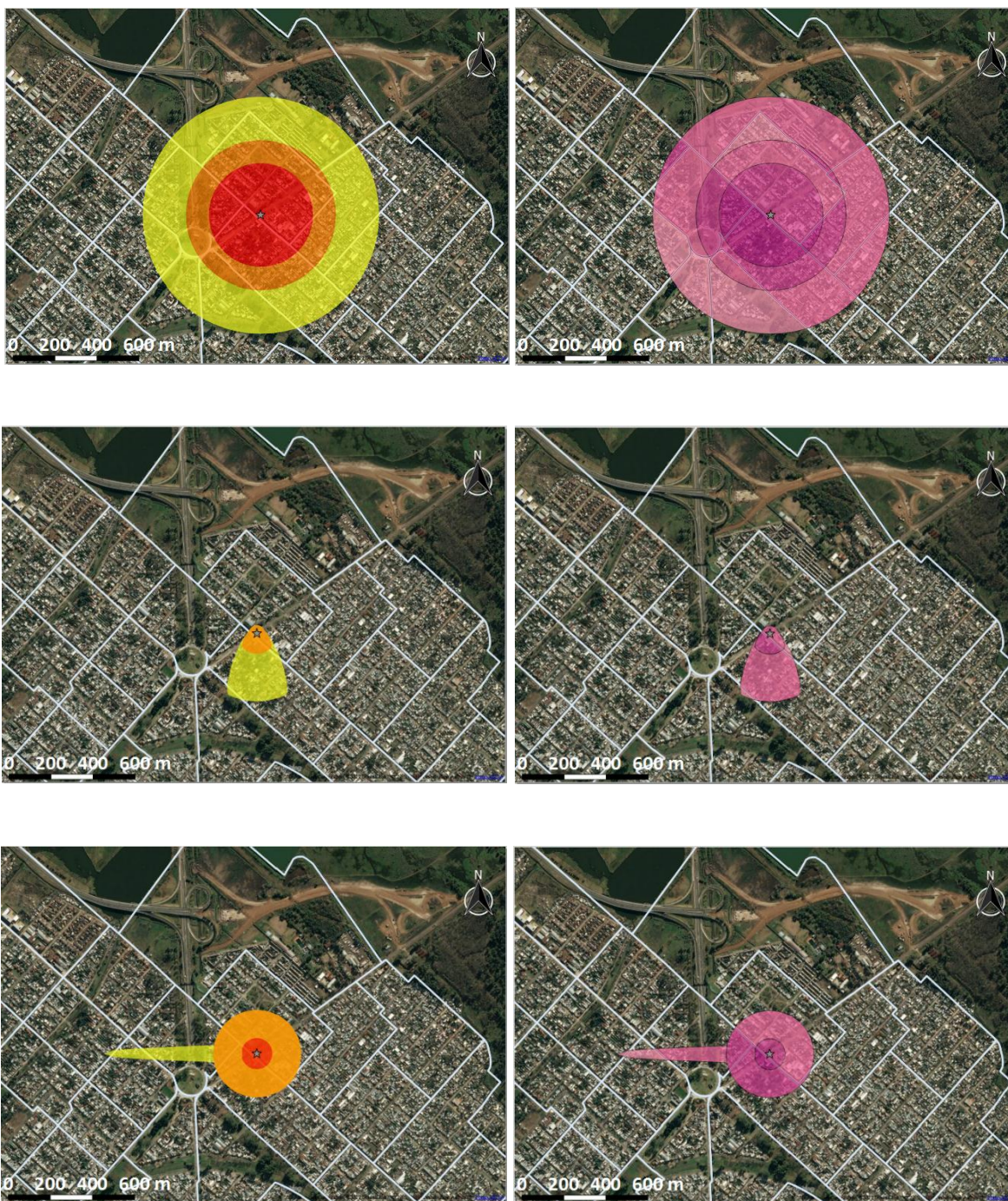


Figura 10. Columna izquierda: Zonas de amenaza construidas con software QGis desde las salidas gráficas del software ALOHA. Columna derecha: Zonas clasificadas por niveles de riesgo, construidas con software QGis por integración de las capas de amenaza y vulnerabilidad. En las filas se ordenan los escenarios 1, 2 y 3, acorde a los presentados en la Tabla 7.

Coordenada de origen para la simulación con ALOHA: 34°53' 20" S; 57°57'21" O (Sitio 1)

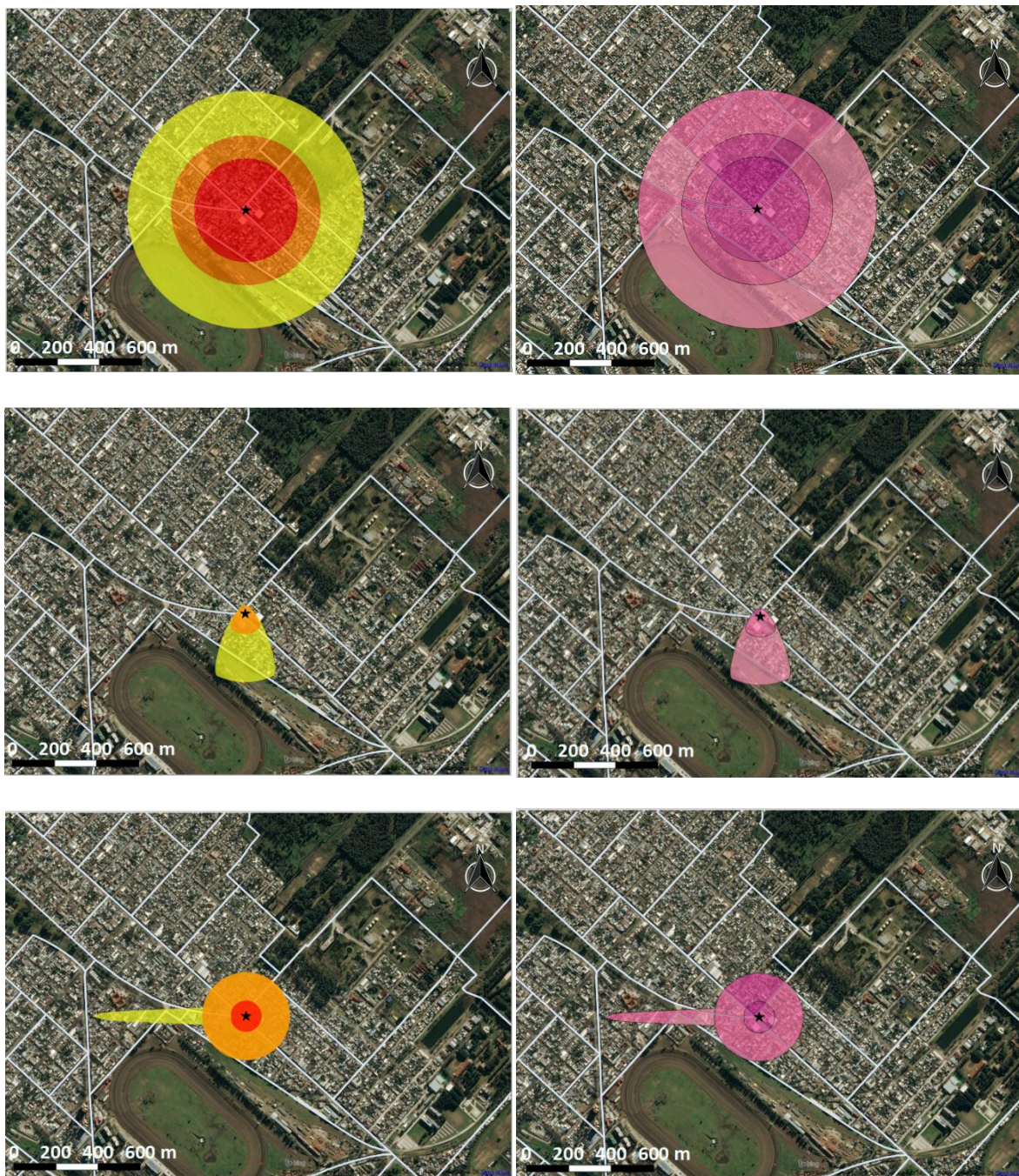


Figura 11. Columna izquierda: Zonas de amenaza construidas con software QGis desde las salidas gráficas del software ALOHA. Columna derecha: Zonas clasificadas por niveles de riesgo, construidas con software QGis por integración de las capas de amenaza y vulnerabilidad. En las filas se ordenan los escenarios 1, 2 y 3, acorde a los presentados en la Tabla 7. Coordenada de origen para la simulación con ALOHA: 34°53'47''S;57°56'29''O (Sitio 2)

En la figura 10, que considera al “Sitio 1” como potencial lugar del incidente, en el escenario 1 (BLEVE), la zona de amenaza más alta incluye fracciones de cuatro radios censales. Esta fracción es

más grande que la correspondiente a los escenarios 2 y 3 (tóxicas) donde sólo alcanzan 2 radios censales cada uno. Solo para estos dos últimos escenarios, las áreas de mayor amenaza corresponden con las de mayor riesgo (Figura 12). Sin embargo, para el escenario 1, el radio censal que se alcanza al noroeste presenta un nivel de riesgo 5 con una amenaza baja de 1, comparable al riesgo que muestra el radio censal inmediato al sitio del evento al noroeste (con una amenaza alta de 3 y una vulnerabilidad baja de 2) (Figura 13). Esta situación evidencia la necesidad de contar con mapas de riesgo que crucen información de las amenazas potenciales y de las vulnerabilidades intrínsecas, ya que un mapa de amenazas puede no ser descriptivo de los riesgos asociados.



Figura 12. Zoom de los mapas de Riesgo asociados a los escenarios 1, 2 y 3 descritos en la Tabla 7 en el Sitio 1 (34°53' 20" S; 57°57'21" O).

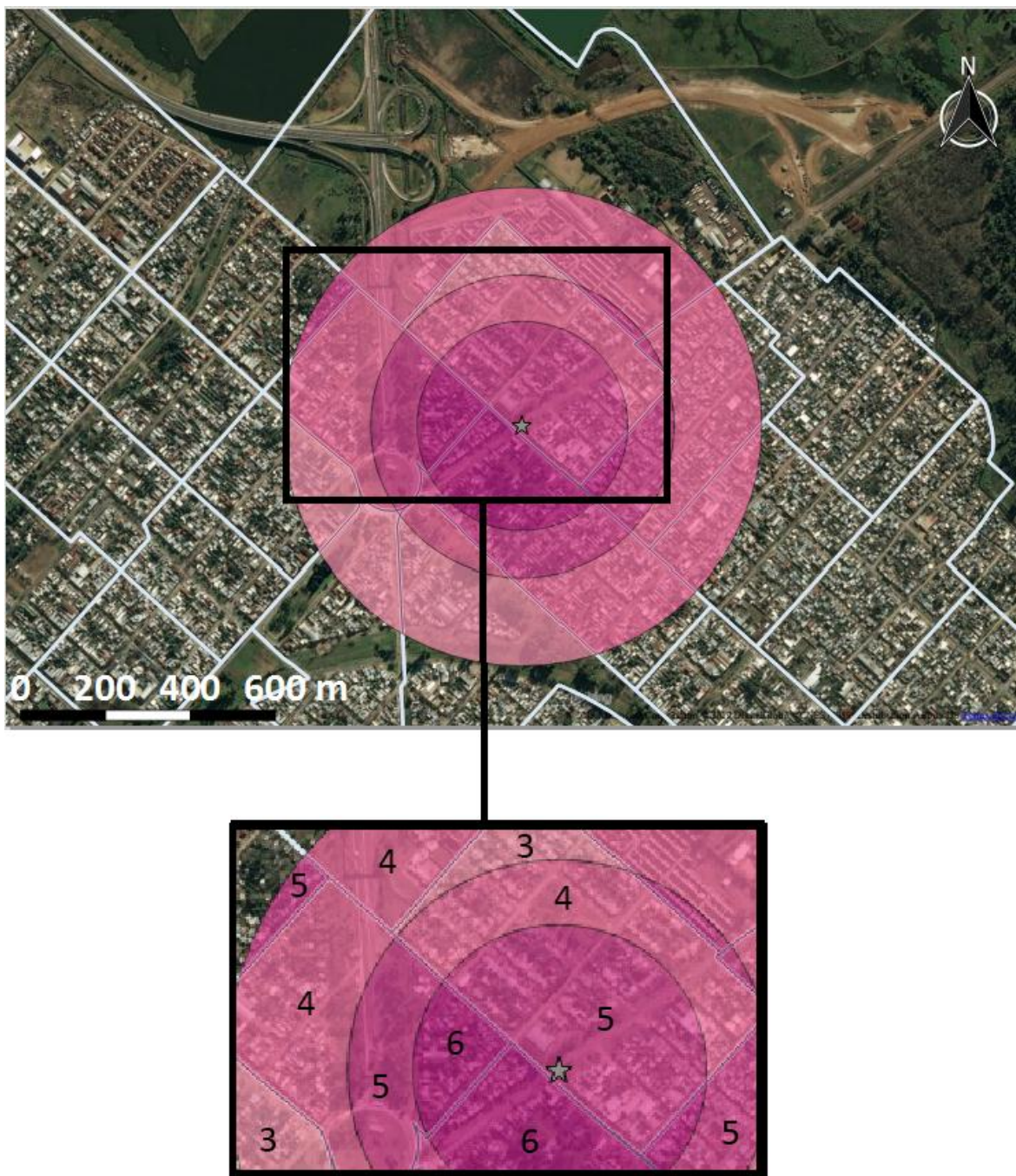


Figura 13. Arriba se observa un mapa de Riesgo asociado al Escenario 1 en el Sitio 1 (34°53' 20" S; 57°57'21" O). Abajo, se muestra una ampliación. El radio censal que se alcanza al noroeste presenta un nivel de riesgo 5 comparable al riesgo que muestra el radio censal inmediato al sitio del evento al noroeste.

En la Figura 11, que considera al “Sitio 2” como potencial lugar del incidente, en el escenario 3 (tóxico) también se puede observar que se repite la situación anteriormente descrita. El radio censal que se encuentra en el extremo izquierdo muestra una zona de riesgo de nivel 4 (amenaza

baja de 1 y vulnerabilidad media de 3), al igual que el radio censal que se encuentra inmediato al sitio de emisión (con una amenaza media de 2 y una vulnerabilidad baja de 2) (Figura 14).



Figura 14. Arriba se observa un mapa de Riesgo asociado al Escenario 3 en el Sitio 2 ($34^{\circ}53'47''S;57^{\circ}56'29''O$). Abajo, se muestra una ampliación. El radio censal que se encuentra en el extremo izquierdo muestra una zona de riesgo de nivel 4 al igual que muchos radios censales que se encuentra inmediato al sitio de emisión. Se muestran el nivel de riesgo sobre cada radio censal que se compara.

En este trabajo se busca destacar la necesidad y la viabilidad de trabajar en planificación de emergencias en el transporte de mercancías peligrosas desde herramientas de simulación y procesamiento cartográfico, promovidos por los escenarios de estudio en el que se visualizan rutas que atraviesan zonas urbanizadas y exponen a la población a riesgos asociados. Se entiende que conocer el contexto en el que se pueden presentar eventos accidentales, ayuda a preparar a los actores y respondedores (entre los que se encuentra la comunidad expuesta) a responder adecuadamente frente a la ocurrencia y mitigar los riesgos.

En este contexto, comprender los alcances de la amenaza y evaluar las variables sociales que tienen peso significativo frente a una liberación accidental (hacinamiento, cantidad de niños y ancianos afectados, que dificultan la posibilidad de escapar de la zona de amenaza. Del mismo modo, la cantidad de construcciones precarias que invalidan la posibilidad de proteger a la población en el hogar contra el paso de una nube tóxica. También, los niveles de analfabetismo que obligan a los tomadores de decisiones a evaluar y considerar canales alternativos de comunicación) constituyen herramientas útiles para la gestión de riesgos.

Por lo tanto, un estímulo para conocer el riesgo representativo de los escenarios de estudio es la necesidad de tener las capacidades de respuesta para evitar que una emergencia se convierta en un desastre. En este sentido, el procesamiento de las bases de datos meteorológicas a través de un árbol de decisiones, permite encontrar escenarios representativos de la región.

Como resultado final, el mapa de riesgos generado nos permitió visualizar y detectar las áreas censales que requieren atención primaria para la mitigación de riesgos.

Para profundizar lo hecho hasta aquí, resultaría interesante llevar a cabo un análisis de receptores vulnerables alcanzados por las amenazas bajo estudio. Para ello se recomienda realizar un mapeo de los receptores vulnerables al tipo de amenaza, como pueden ser lugares que albergan gran cantidad de personas (escuelas, clubes, etc.) o sitios que pueden generar una concatenación de eventos, tal es el caso de estaciones de servicios, depósitos de materiales explosivos y/o ignífugos, entre otros. Un ejemplo visual se muestra en las Figuras 15 y 16.

En Figura 15, se muestra el escenario 1 (BLEVE), en el "Sitio 1" como potencial lugar del incidente, junto con los receptores vulnerables relevados tales como: escuelas, clubes, espacios recreativos (triángulos verdes) y estaciones de servicios (rombos amarillos). En la Figura 16, se muestra el mismo escenario, pero considerando al "Sitio 2" como potencial lugar del incidente.

En ambas figuras es posible visualizar los receptores vulnerables, en las zonas de riesgo, por lo que sería de gran interés profundizar el estudio.

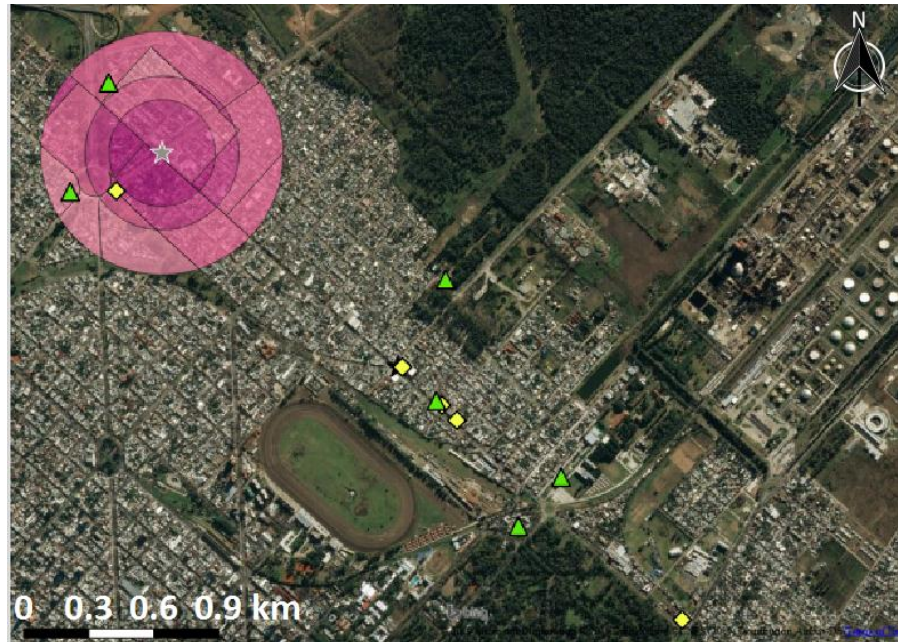


Figura 15. Imagen Satelital que muestra Mapa de Riesgo asociado al Escenario 1 en el Sitio 1 ($34^{\circ}53'20''$ S; $57^{\circ}57'21''$ O), con marcadores de receptores vulnerables: escuelas, clubes, espacios recreativos (triángulos verdes) y estaciones de servicios (rombos amarillos) circundantes al Sitio 1.

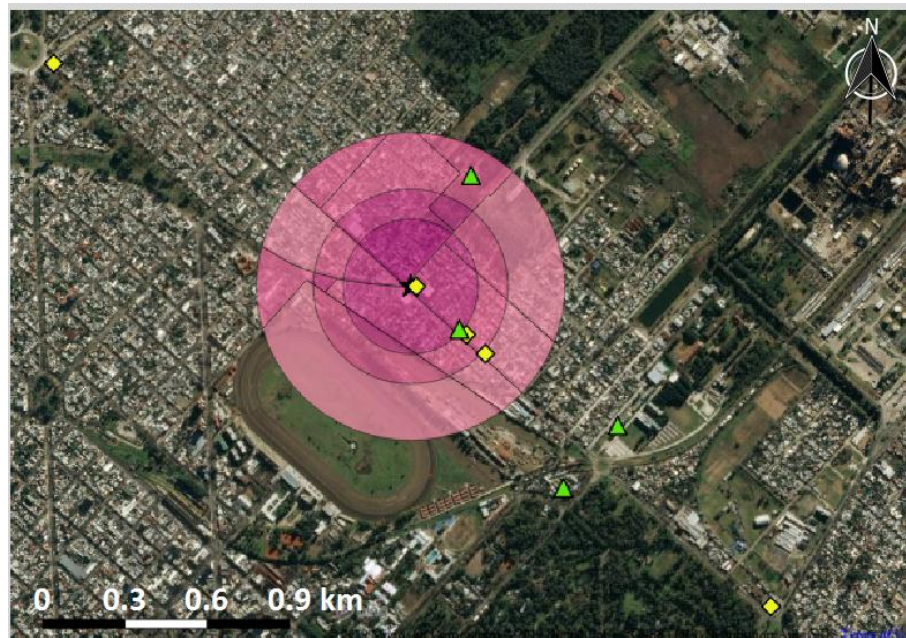


Figura 16. Imagen Satelital que muestra Mapa de Riesgo asociado al Escenario 1 en el Sitio 2 ($34^{\circ}53'47''$ S; $57^{\circ}56'29''$ O), con marcadores de receptores vulnerables: escuelas, clubes, espacios recreativos (triángulos verdes) y estaciones de servicios (rombos amarillos) circundantes al Sitio 1.

4. Limitaciones

En este trabajo se han presentado condiciones de desarrollo acotadas al contexto de acceso a información, tiempos disponibles para el estudio, entre otros. En esta sección, se mencionarán las limitaciones en función de los alcances de este trabajo, para que las mismas sean consideradas a futuro como posibles líneas de trabajo que complementen o proyecten esta propuesta

- ✓ Con el objetivo de generar mapas de riesgo asociados al transporte de metanol sólo se tiene en cuenta un tipo de vulnerabilidad, *la vulnerabilidad social*, a través del ILVS (Índice Local de Vulnerabilidad Social) [35, 42]. Se podría abordar considerando otros índices que tengan en cuenta diferentes tipos de vulnerabilidad para generar otros mapas de riesgos, o considerar índices que contemplen varios tipos de vulnerabilidad para tener un análisis más completo.
- ✓ Además, se puede describir el riesgo en forma más o menos descriptiva, dependiendo de la información que se posea. Por ejemplo, conocer la capacidad de respuesta puede permitir interferir o marcar las rutas de escape y la logística como información adicional al mapa de riesgo. Del mismo modo, se podría realizar un análisis exhaustivo de receptores alcanzado por la amenaza, y otras potenciales a ocurrir.
- ✓ El software elegido para realizar la simulación, ALOHA, está diseñado principalmente para modelar la liberación de productos químicos *puros*, solo modela un número limitado de soluciones. Las predicciones de ALOHA se ven muy afectadas por las propiedades químicas de las sustancias a modelar, debido a que es difícil predecir con precisión las propiedades químicas de una mezcla, como la presión de vapor, se hace imposible determinar el comportamiento de las mismas. Por dicha limitación, en este trabajo se modelan potenciales incidentes de camiones que transportan metanol, que es una sustancia pura, a pesar de existen mayor cantidad de antecedentes, en la zona de estudio, de incidentes que involucran combustibles, que son mezclas que van cambiando su composición dependiendo del mercado. Se podrían modelar mezclas complejas con modelos numéricos, pero requieren de datos de entrada más complejos, mayor tiempo de procesamiento y un análisis más exhaustivo en la fase inicial, lo que implica la participación de un usuario experto.
- ✓ A pesar de que existe una reciente resolución (Res. 68/19, Reglamentaria de la Ley N°25.675), otra limitación que se ha encontrado al realizar el trabajo es la dificultad de

acceso a la información. Faltan bases de datos completas de acceso público que describan los incidentes que involucren sustancias peligrosas y las rutas de cada sustancia, para que cada municipio pueda evaluar los peligros que se encuentran en su jurisdicción.

CONCLUSIONES

Los peligros tecnológicos pueden afectar áreas localizadas o generalizadas, causando daños a la propiedad, pérdida de vidas, y/o afectar significativamente la infraestructura. Para reducir el impacto de los desastres se requiere de un análisis y de la mitigación del riesgo. Del mismo modo, la mitigación efectiva requiere que todos comprendamos los riesgos locales, abordemos las decisiones difíciles e invirtamos en el bienestar comunitario a largo plazo.

La aplicación de la metodología propuesta por Sanchez et al. [3] en nuestro caso de estudio, optimiza el procesamiento de los insumos (datos sociodemográficos y meteorológicos) para estimar el riesgo.

El uso de software para simular los impactos de la amenaza, así como la incorporación del ILVS que muestra la vulnerabilidad de los radios censales, permiten obtener una descripción detallada de los escenarios de estudio. El software ALOHA, nos permitió determinar distintas zonas amenazas para un mismo peligro, producidas por 3 tipos de incidentes diferentes (Fisura del tanque con charco de evaporación, fisura del tanque con la mercancía en llama y BLEVE). Esto demuestra la practicidad y versatilidad de la herramienta en el campo de emergencias químicas.

Los resultados del caso de estudio evidencian la necesidad de contar con mapas de riesgo que crucen información de las amenazas potenciales y de las vulnerabilidades intrínsecas, ya que un mapa de amenazas puede no ser descriptivo de los riesgos asociados. Es una opción que zonas de alta vulnerabilidad presenten baja amenaza para un peligro, generando que el riesgo total de la zona en cuestión sea alto.

La metodología utilizada en este trabajo es considerada de utilidad para la gestión de los riesgos, ya que hace posible optimizar los recursos disponibles dirigiéndolos a las áreas de mayor riesgo al enfrentar la misma amenaza que las otras áreas.

Si bien este trabajo muestra un caso de específico en Argentina, la metodología tiene aplicaciones para la estimación de riesgos en otros países y para una amplia variedad de mercancía peligrosas (HAZMAT). Solo es necesario contar con información confiable sobre las características sociodemográficas de la población estudiada y sobre la meteorología regional, así como conocer las características del transporte de materiales peligrosos (vías de transporte, cantidad, etc) y de la fuente de emisión.

REFERENCIAS

1- Wilches-Chaux, G. (1989). Desastres, ecologismo y formación profesional: herramientas para la crisis. In Desastres, ecologismo y formación profesional: Herramientas para la crisis. Colombia. Servicio Nacional de Aprendizaje.

2- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Cámara Argentina del Transporte Automotor de Mercancías y Residuos Peligrosos (CATAMP) y Secretaria de Protección Civil de la República Argentina. Manual de riesgos en el transporte de mercancías y residuos peligrosos. . Recuperado en abril de 2019, en <http://www.senado.gov.ar/upload/26427.pdf>.

3- Escuela Nacional de Protección Civil, Dirección General de Protección Civil y Ministerio del Interior de España. Curso Intervención en Emergencias N.B.Q. Recuperado en junio de 2019, en [https://www.aself.org/wp-content/uploads/DESCARGAS/Curso%20Iberoamericano%202009/Doc%20Cursos%20anteriores/NRBQ%20Bomberos%20\(03\)/4%20CLASE%203.pdf](https://www.aself.org/wp-content/uploads/DESCARGAS/Curso%20Iberoamericano%202009/Doc%20Cursos%20anteriores/NRBQ%20Bomberos%20(03)/4%20CLASE%203.pdf)

4- Naciones Unidas. (2011) . Transporte de Mercancías Peligrosas, Reglamentación Modelo. Volumen I. Séptima edición revisada. Recuperado en abril de 2019, en https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/unrec/rev17/Spanish/Rev17_Volume1.pdf

5- U.S Department of Transportation (DOT), Transport Canada (TC), Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México (SCT), Centro de Información Química para Emergencias de Argentina (CIQUIME). (2016). Guía de Respuesta en caso de Emergencia. Recuperado en junio de 2019, en <https://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/241-GUADERESPUESTAENCASODEEMERGENCIA2016.PDF>

6- Methanol Institute. (2013). Manual de manipulación segura del metanol. Recuperado en junio de 2019, en http://www.methanol.org/wp-content/uploads/2016/06/Methanol-Safe-Handling-Manual-Final_Spanish.pdf

7- Resolución 68/19, Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 25 de Febrero de 2019. Recuperado en junio de 2019, en <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/202300/20190225>

8- Ley N°27287, Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 28 de septiembre de 2016. Recuperado en junio de 2019, en <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/265000-269999/266631/norma.htm>

9- Cardona, O. D. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. En: A. Maskrey (ed.) *Los desastres no son naturales*, 45-63. Recuperado en abril de 2019, en <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/LosDesastresNoSonNaturales-1.0.0.pdf>

10- Gustavo Ocanto, Alejandra Leal Guzmán. Percepción social del riesgo tecnológico en Venezuela: el caso de las explosiones de Cavim, Maracay, 30/01/2011. Recuperado en abril de 2019, en <http://trienal.fau.ucv.ve/2014/cd/PDF/ays/AS-06.pdf>

11- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Cruz Roja Argentina. (2012). Documento País 2012. Riesgo de desastres en Argentina. Recuperado en abril de 2019, en https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/AS_13662310131.pdf

12- Cardona Arboleda, O. (2001). Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos (Tesis de Doctorado). Barcelona: Universitat Pólitecnica De Catalunya, Escola Técnica Superior D' Enginyeria De Camins. Recuperado en abril de 2019, en: https://www.researchgate.net/profile/Omar_Cardona/publication/277163871_Estimacion_holistica_del_riesgo_sismico_utilizando_sistemas_dinamicos_complejos/links/57b28ddc08ae15c76cbb40a3.pdf

13- Diferencia entre accidente e incidente. (2019). Morera y Vallejo. Recuperado en abril de 2019, en <https://www.morerayvallejo.es/diferencia-entre-accidente-e-incidente/>

14- Ochoa, J. (2019). Modos de Capacitación para Emergencias. Recuperado en abril de 2019, en https://www.unicef.org/paraguay/spanish/MR_CUSE_leccion8.pdf

15- Fernandez, A. (2005). *Comarcas vulnerables: Riesgos y desastres naturales en Centroamérica y el Caribe*. Buenos Aires, Argentina: CRIES. Recuperado en abril de 2019, en <http://www.corteidh.or.cr/tablas/CD0322.pdf>

16- Pérez Fernández, B.J.; Sáenz Gómez, P.A. & Gómez Vega, W.J. (2016). Gestión del riesgo en una institución educativa de la ciudad de San José de Cúcuta, Colombia. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 48, 183-214. Recuperado en junio de 2019, en <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/768/1294>

17- Toulkeridis, T. (2015). Amenazas de origen natural y gestión de riesgo en el Ecuador. Sangolquí, Ecuador : Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE .

18- Karina Beatriz Balbi. (2015). Evaluación de la dispersión de contaminantes atmosféricos y sus potenciales efectos frente a eventuales emergencias químicas en escenarios urbanos y suburbanos del partido de la plata. Trabajo Final de la Lic. En Química y Tecnología ambiental.

19- Aloha Software. (2019). Environmental Protection Agency. Recuperado en junio de 2019 en, <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>

20- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Ministerio de Seguridad y Secretaria de Protección Civil y Abordaje Integral de Emergencias y Catástrofes. 2017. Manual para la elaboración de mapas de riesgo.

21- Ley N° 24.449, Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 6 de Febrero de 1995. Recuperado en junio de 2019 en, <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/818/texact.htm>

22- Anexo S del Decreto N° 779 “Reglamento General para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera”, Biblioteca Digital de Materiales Peligrosos – CIQUIME Argentina. http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Argentina/AR_Decreto-779-95-Anexo-S.pdf

23- Ley Provincial 11.720. Boletín Oficial de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires, 2 de noviembre de 1995. Recuperado en junio de 2019 en, <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/LEY%2011720.pdf>

24- Decreto N°123/2009. Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 18 de Febrero de 2009. Recuperado en junio de 2019 en, <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/150000-154999/150725/norma.htm>

25- INDEC. Censo 2010 en el Partido de la Plata. Recuperado en junio de 2019 en, https://www.indec.gov.ar/ftp/censos/2010/CuadrosDefinitivos/P5-D_6_441.pdf

26- INDEC. Censo 2010 en el partido de Berisso. Recuperado en junio de 2019 en, https://www.indec.gov.ar/ftp/censos/2010/CuadrosDefinitivos/P5-D_6_98.pdf

27- INDEC. Censo 2010 en el partido de Ensenada. Recuperado en junio de 2019 en, https://www.indec.gov.ar/ftp/censos/2010/CuadrosDefinitivos/P5-D_6_245.pdf

28- ALOHA. Technical Documentation. Recuperado en junio de 2019 en, https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/ALOHA_Tech_Doc.pdf

29- Red de Tránsito Pesado. Subsecretaria de Transporte de la provincia de Buenos Aires. Recuperado en abril 2019 en : <http://www.mosp.gba.gov.ar/transporteba/red-transito-pesado.htm>

30- Ruiz Boada F., González Ferradas E., Miñana Aznar A. (2003). Zonas de Planificación para accidentes graves de tipo tóxico. Guía técnica (en el ámbito del Real Decreto 1254/99 [Seveso II]). Murcia: Universidad de Murcia

31- Reglamento CIRSOC 102. (1994) Acción del viento sobre las construcciones. Buenos Aires, Argentina: Ed. INTI.

32- Miñarro, M. D. (2004). Zonas de planificación para accidentes graves de tipo tóxico: GUIA TECNICA (EN EL AMBITO DEL REAL DECRETO 1254/99-SEVESOII-). Murcia: Universidad de Murcia.

33- National Fire Protection Association. (1995). *SFPE handbook of fire protection engineering*. 2nd ed. Quincy, Mass.: National Fire Protection Association. Recuperado en junio de 2019, en, https://www.nfpa.org/Assets/files/AboutTheCodes/58/NFPA_58-1995.pdf

34- Porta, A. A., Sánchez, E. Y., Lerner, J. C. (2018). *Monitoreo y modelado de contaminantes atmosféricos. Efectos en la salud pública*, La Plata, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP)

35- Sánchez, E. Y., Represa, S., Mellado, D., Balbi, K. B., Acquesta, A. D., Lerner, J. C., & Porta, A. A. (2018). Risk analysis of technological hazards: Simulation of scenarios and application of a local vulnerability index. *Journal of hazardous materials*, 352, 101-110.

36- ALOHA Software. Recuperado en junio de 2019 en, <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>.

37- ¿Qué es AMBA? Buenos Aires Ciudad. Recuperado en junio de 2019 en, <https://www.buenosaires.gob.ar/gobierno/unidades%20de%20proyectos%20especiales%20y%20puerto/que-es-amba>

38- Lagzi, I.; Mészáros, R.; Gelybó, G. and LeelQssy, A. (2013). *Atmospheric chemistry*. Hungary: Eötvös Loránd University.

39- M.D. Christou, A. Amendola, M. Smeder. (1999). The control of major accident hazards: The land-use planning issue, *J. Hazard. Mater.* 65 (1) 151–178.

40- Hirst, I. L., & Carter, D. A. (2002). A “worst case” methodology for obtaining a rough but rapid indication of the societal risk from a major accident hazard installation. *Journal of hazardous materials*, 92(3), 223-237.

41- Tseng, J.M. & Su, T.S. & Kuo, C.Y. (2012). Consequence Evaluation of Toxic Chemical Releases by ALOHA. *Procedia Engineering*. 45. 384–389.

42- Represa, N.S, Sanchez, E.Y. y Porta, A.A. (2018). Estudio de la vulnerabilidad social en Argentina mediante el uso de SIG. Construcción de un índice de aplicación local. Anuario do Instituto de Geociencias. 41(2):351-357

43- QGIS. Recuperado en junio 2019, en <http://www.qgis.org/en/site/>

44-- Guia 19. Metanol. Recuperado en abril 2019 en, <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia19.pdf>

45- YPF. (2014). Ficha de datos de seguridad (Conforme al SGA rev. 5). Metanol. Recuperado en junio 2019, en <https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/FDS-Metanol.pdf>

46- Ficha de Seguridad de Metanol. Recuperado de Junio 2019 en , https://www.juntadeandalucia.es/servicioandaluzdesalud/hrs3/fileadmin/user_upload/area_servicios_generales/prevencion_riesgoslaborales/fichas_seguridad/metanol.pdf

47- IPCS International Programme on Chemical Safety .(2000). Fichas Internacionales de Seguridad Química, Metanol. Recuperado en junio 2019, en, <https://www.formosa.gob.ar/modulos/produccion/templates/files/polocientifico/dioxitek/anexos/metanol.pdf>

48- Corporación Química Venezolana (Corquiven). Recuperado en junio 2019, en, <http://www.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Quimicos/metanol.pdf>

49- Cámara de la Industria Química y Petroquímica (CIQyP). International Chemical Safety Cards Fichas Resumen. Recuperado en junio 2019, en <http://www.ciqyp.org.ar/Default.aspx?TabID=217&Ficha=26>

50- Methanol Institute. (2013). Manual de manipulación segura del metanol. Recuperado en abril de 2019, en http://www.methanol.org/wp-content/uploads/2016/06/Methanol-Safe-Handling-Manual-Final_Spanish.pdf

51- Subcomité NAS / COT para AEGLs. (2005). INTERIM ACUTE EXPOSURE GUIDELINE LEVELS (AEGLs) - Metanol. Recuperado en junio 2019, en https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-07/documents/methanol_interim4_february2005_c.pdf

52- Subcommittee on Acute Exposure Guideline Levels, Committee on Toxicology, Board on Environmental Studies and Toxicology, National Research Council. (2001). Standing Operating Procedures for Developing Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Chemicals. Washington, DC, National Academies Press.

53- American Industrial Hygiene Association, Emergency Response Planning (ERP) and Workplace Environmental Exposure Level (WEEL) Committees. (2007). Emergency Response Planning Guidelines (ERPG) & Workplace Environmental Exposure Levels (WEEL) Handbook. Washington, DC, AIHA.

54- Craig DK y Lux CR. (1998). Methodology for Deriving Temporary Emergency Exposure Limits (TEELs). Westinghouse Safety Management Solutions. Aiken, SC: U.S. Westinghouse Savannah River Company, WSRC-TR-98-00080.

55- Craig DK, Davis JS, Hansen DJ, Petrocchi AJ, Powell TJ, Jr. Tuccinardi TE. (2000). Derivation of Temporary Emergency Exposure Limits (TEELs). Journal of Applied Toxicology. 20: 11-20. Recuperado en junio 2019, en, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.513.1239&rep=rep1&type=pdf>,

56- U.S. EPA. Acute Exposure Guideline Levels. Recuperado en junio 2019, en, <https://www.epa.gov/aegl>

57- Stage SA. (2004). Determination of acute exposure guideline levels in a dispersion model. Journal Air Waste Management Association. 54: 49-59.

58- U.S. Environmental Protection Agency. (1997). National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) for Hazardous Substances. Fed. Regist. 62 (210).

59- U.S. Environmental Protection Agency. (2000). National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) for Hazardous Substances; Proposed AEGL Values. Fed. Regist. 65 (51), 14186-14197.

60- U.S. Environmental Protection Agency. (2001). National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) for Hazardous Substances; Proposed AEGL Values. Fed. Regist. 66 (85), 21940-21964.

61- Subcommittee on Acute Exposure Guideline Levels, Committee on Toxicology, Board on Environmental Studies and Toxicology. (2000). Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 1; National Research Council: Washington, DC.

62- Subcommittee on Acute Exposure Guideline Levels, Committee on Toxicology, Board on Environmental Studies and Toxicology. (2002). Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 2; National Research Council: Washington, DC.

63- Subcommittee on Acute Exposure Guideline Levels, Committee on Toxicology, Board on Environmental Studies and Toxicology. (2003). Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 3; National Research Council: Washington, DC.

64- Subcommittee on Acute Exposure Guideline Levels, Committee on Toxicology, Board on Environmental Studies and Toxicology. (2004). Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 4; National Research Council: Washington, DC.

65- Subcommittee on Acute Exposure Guideline Levels, Committee on Toxicology, Board on Environmental Studies and Toxicology. (2007). Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 5; National Research Council: Washington, DC.

66- Subcommittee on Acute Exposure Guideline Levels, Committee on Toxicology, Board on Environmental Studies and Toxicology. (2008). Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 6; National Research Council: Washington, DC.

67- Subcommittee on Acute Exposure Guideline Levels, Committee on Toxicology, Board on Environmental Studies and Toxicology. (2009). Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 7; National Research Council: Washington, DC.

68- Subcommittee on Acute Exposure Guideline Levels, Committee on Toxicology, Board on Environmental Studies and Toxicology. (2010). Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 8; National Research Council: Washington, DC.

69- Storch De Gracia, J. M, & García Martín, T. (2008). *Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas*. Ediciones Díaz de Santos.

70- Ley Nº 25.675, Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, 27 de Noviembre de 2002. Recuperado en junio de 2019 en <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79980/norma.htm>

71-Diego, J. y Quinteros, G. (2009). La Revolución de Mayo en el periodismo platense. El Día 1943-1976. XIII Jornadas de Investigadores en Comunicación. 1 al 3 de octubre de 2009, Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina.

72- Martins, V. N., Silva, D. S., & Cabral, P. (2012). Social vulnerability assessment to seismic risk using multicriteria analysis: the case study of Vila Franca do Campo (São Miguel Island, Azores, Portugal). *Natural hazards*, 62(2), 385-404.

73- de Oliveira Mendes, J. M. (2009). Social vulnerability indexes as planning tools: beyond the preparedness paradigm. *Journal of Risk Research*, 12(1), 43-58.

74- Barata, R. B., Ribeiro, M. C. S. D. A., & Cassanti, A. C. (2011). Social vulnerability and health status: a household survey in the central area of a Brazilian metropolis. *Cadernos de Saúde Pública*, 27, s164-s175.

75- de Souza Porto, M. F., & De Freitas, C. M. (2003). Vulnerability and industrial hazards in industrializing countries: an integrative approach. *Futures*, 35(7), 717- 736.

76- Fatemi, F., Ardalan, A., Aguirre, B., Mansouri, N., & Mohammadfam, I. (2017). Social vulnerability indicators in disasters: Findings from a systematic review. *International journal of disaster risk reduction*, 22, 219-227.

77- Enarson, E. (2007). *Identifying and Addressing Social Vulnerabilities*. Emergency Management: Principles and Practice for Local Government. WL Waugh and K. Tierney.

78- Hewitt, K. (2014). *Regions of risk: A geographical introduction to disasters*. Routledge.

79- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B. (2014). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge.

80- Tavares, A. O., Barros, J. L., Mendes, J. M., Santos, P. P., & Pereira, S. (2018). Decennial comparison of changes in social vulnerability: A municipal analysis in support of risk management. *International journal of disaster risk reduction*, 31, 679-690.

81- INDEC. 2010 Censo. Recuperado en junio 2019, en, http://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135.

82- U.S Department of Transportation (DOT), Transport Canada (TC), Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México (SCT), Centro de Información Química para Emergencias de Argentina (CIQUIME). (2016). *Guía de Respuesta en caso de Emergencia*. Recuperado en junio, en: <https://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/241-GUADERESPUESTAENCASODEEMERGENCIA2016.PDF>

83- Bernal, B. M. (1992). NTP 356: Condiciones de seguridad en la carga y descarga de camiones cisterna: líquidos inflamables (I). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.

84- Jones, R., Lehr, W., Simecek-Beatty, D., & Reynolds, M. (2013). ALOHA® (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) 5.4. 4: Technical Documentation. Recuperado en junio 2019, en https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/ALOHA_Tech_Doc.pdf

85- ALOHA Software help. Recuperado en junio 2019, en, <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>

ANEXO I

Mercancías peligrosas

El transporte de mercancías peligrosas, requiere de la adopción de medidas para señalar debidamente sus posibles riesgos sobre personas que puedan estar en contacto con las mercancías durante su transporte. Tradicionalmente, esto se ha resuelto con el marcado o etiquetado de bultos, dejando a simple vista sus riesgos. Del mismo modo, indicando la información pertinente en los documentos de transporte y colocando rótulos en las unidades de transporte.

El sistema de etiquetado se basa en la clasificación de las mercancías peligrosas y tiene las siguientes finalidades:

- a. Hacer que las mercancías peligrosas sean fácilmente reconocibles a distancias por el aspecto general (símbolo color y forma) de sus etiquetas;
- b. Permitir la identificación rápida de los riesgos que presentan;
- c. Dar, mediante los colores de las etiquetas, una primera orientación útil para la manipulación, carga, descarga y distribución.

En ciertos casos, cuando las mercancías se consideren poco peligrosas o los bultos sólo contengan una cantidad limitada de ellas, podrán concederse exenciones de las disposiciones relativas al etiquetado. En tales casos, se podrá exigir que se marquen los bultos con la clase o la división y el número del grupo de embalaje/envasado. [4]

El documento de transporte es esencial para poder circular con mercancías peligrosas. Sin el mismo está prohibido transitar según El Reglamento General para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (Decreto 779 / 95 – Anexo S, que reglamenta la Ley Nacional N°24449)

Clasificación de las Mercancías y Residuos Peligrosos

La clasificación adoptada para los materiales considerados peligrosos se ha efectuado de acuerdo al tipo de riesgo que presentan, conforme a las recomendaciones sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas de las Naciones Unidas, Séptima Edición Revisada del año 2011.

Las mercancías peligrosas están divididas en 9 clases conforme al tipo de riesgo que presentan. Esta clasificación agrupa las mercancías peligrosas según su riesgo principal.

- ❖ **Clase 1 – Explosivos**
 - División 1.1 - Explosivos que presentan un riesgo de explosión en masa
 - División 1.2 - Explosivos que presentan un riesgo de proyección sin riesgo de explosión en masa
 - División 1.3 - Explosivos que presentan un riesgo de incendio y un riesgo menor de explosión o un riesgo menor de proyección, o ambos, pero no un riesgo de explosión en masa
 - División 1.4 - Explosivos que no presentan riesgo apreciable considerable
 - División 1.5 - Explosivos muy insensibles que presentan un riesgo de explosión en masa
 - División 1.6 - Artículos sumamente insensibles que no presentan riesgo de explosión
- ❖ **Clase 2 - Gases, con las siguientes divisiones:**
 - División 2.1 - gases inflamables.
 - División 2.2 - gases no inflamables, no tóxicos.
 - División 2.3 - gases tóxicos.
- ❖ **Clase 3 - Líquidos inflamables.**
- ❖ **Clase 4 - Sólidos inflamables - sustancias propensas a combustión espontánea - sustancias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.**
 - División 4.1 - sólidos inflamables, sustancias de reacción espontánea y sólidos explosivos insensibilizados
 - División 4.2 - sustancias propensas a combustión espontánea.
 - División 4.3 - sustancias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.
- ❖ **Clase 5 -Sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos**
 - División 5.1 - sustancias oxidantes
 - División 5.2 -peróxidos orgánicos.
- ❖ **Clase 6 -Sustancias tóxicas y sustancias infecciosas**
 - División 6.1 - sustancias tóxicas.
 - División 6.2 - sustancias infecciosas.
- ❖ **Clase 7 - Materiales radiactivos.**
- ❖ **Clase 8 - Sustancias corrosivas.**

❖ **Clase 9** - Sustancias y objetos peligrosos varios, incluidas las sustancias peligrosas para el medio ambiente.

El orden numérico de las clases y divisiones no corresponde a su grado de peligro.

A efecto de embalaje/envase, las sustancias distintas de las de las clases 1, 2 y 7, divisiones 5.2 y 6.2 y de las sustancias de reacción espontánea de la división 4.1 se clasifican en tres grupos de embalaje/envase según el grado de peligro que presentan.

- Grupo de embalaje I - Alto riesgo
- Grupo de embalaje II - Mediano riesgo
- Grupo de embalaje III - Bajo riesgo 4]

Números de identificación de las mercancías peligrosas

Con el objetivo de que las mercancías peligrosas sean fácilmente reconocibles a la distancia por sus etiquetas y dar una primera orientación útil para la manipulación, carga, descarga y distribución, se utilizan números de identificación. Existen dos tipos, los números de *identificación de las Naciones Unidas* y los de *identificación de riesgo*. Los primeros son números de cuatro dígitos usados para identificar sustancias o materiales peligrosos (como explosivos, líquidos inflamables, sustancias tóxicas, etc.) en el marco del transporte internacional. Los segundos, son utilizados en las regulaciones europeas y Sudamericanas y sirven para mostrar de manera sencilla el riesgo asociado a la sustancia que se transporta.

El número de identificación de riesgo consiste en dos o tres dígitos, generalmente los dígitos indican los siguientes riesgos:

2 - Emanación de gases resultantes de presión o reacción química

3 - Inflamabilidad de materias líquidas (vapores) y gases o materia líquido susceptible de auto calentamiento

4 - Inflamabilidad de materia sólida o materia sólida susceptible de auto calentamiento

5 - Oxidante (comburente) (favorece el incendio)

6 - Toxicidad o peligro de infección

7 - Radiactividad

8 - Corrosividad

9 - Peligro de reacción violenta espontánea

El número duplicado indica un intensificación del riesgo (ej , 33, 66, 88, etc)

Cuando una materia posee un único riesgo, éste es seguido por un cero (ej , 30, 40, 50, etc)

Si el código de riesgo está precedido por la letra “X”, indica que el material reaccionará violentamente con el agua (Ej. X88) [5].

Números ONU y designaciones oficiales de transporte

Las mercancías peligrosas se asignan a sus correspondientes números ONU y designaciones oficiales de transporte en función de su clasificación de riesgo y de su composición.

Cuando un objeto (o una sustancia) aparece mencionada expresamente por su nombre en la lista de mercancías peligrosas, se identificará para el transporte, mediante su designación oficial de transporte en dicha lista. Esas sustancias podrán contener impurezas técnicas (por ejemplo, las derivadas del proceso de producción) o aditivos de estabilización o de otro tipo que no afecten a su clasificación. Sin embargo, toda sustancia que aparezca mencionada por su nombre en la lista y que contenga impurezas técnicas o aditivos de estabilización o de otro tipo que afecten a su clasificación se considerará una mezcla o solución. Para las mercancías peligrosas que no aparezcan mencionadas específicamente por su nombre, se podrá utilizar el epígrafe “genérico” o la indicación “no especificado/a en otra parte” (“n.e.p”) con objeto de identificar el objeto o la sustancia que se transporta. [4]

Identificación de las unidades de transporte

Las unidades de transporte se identificarán por medio de los rótulos de riesgo y paneles de seguridad para advertir que el contenido de la unidad, está compuesto por materiales peligrosos y los mismos presentan riesgos.

En el caso de las unidades que transportan explosivos de la división 1.4., grupo de compatibilidad S, o de los embalajes exceptuados de materiales radiactivos (clase 7 – N° ONU 2910), no se aplicaran dichos rótulos y paneles. [2]

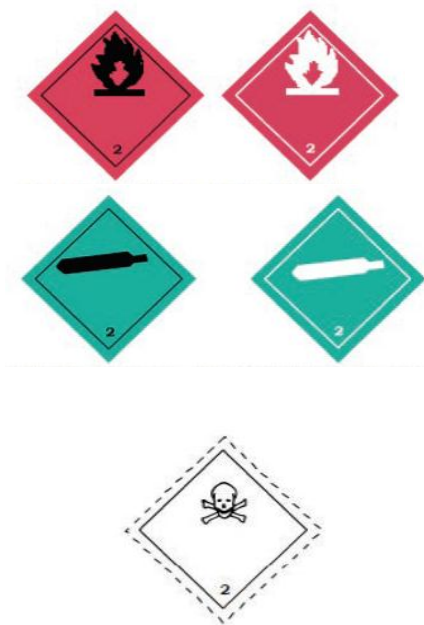
Todos los elementos identificatorios de riesgo para las unidades de transporte (rótulos de riesgo y los paneles de seguridad) deben cumplimentar el nivel de retrorreflexión y ajustarse como mínimo a los coeficientes de la norma IRAM 3952/94, según sus métodos de ensayo.

- Rótulos de riesgo

Las etiquetas de riesgo (excepto para la clase 7), son las ampliaciones de las que se aplican a los embalajes y deben tener dimensiones mínimas de 250 mmx250 mm), con una línea del mismo color del símbolo a 12,5 mm del borde y paralela en todo su perímetro y **contener el número de la clase o división** (y para los materiales de la clase 1, la letra del grupo de compatibilidad) **de los materiales peligrosos** en cuestión en dígitos no menores de 25 mm de alto.

Para la clase 7, las dimensiones de las etiquetas identificatorias de vehículos contenedores o cisternas, deben ser de 250 mm x 250 mm con una línea negra paralela alrededor de todo el borde.

A continuación, se presentan Rótulos de Riesgo pertenecientes a la Clase 2 (Figura 1)



División 2.1. –Gases Inflamables.

Símbolo. (llama): en color negro o blanco.

Fondo: en color rojo.

División 2.2.- Gases no Inflamables ni Tóxicos.

Símbolo (cilindro para gas): en color negro o blanco

Fondo: en color verde

División 2.3.- Gases Tóxicos.

Símbolo (calavera): en color negro.

Fondo: en color blanco. Número “2” en el ángulo inferior

Figura 1. Rótulos de Riesgo pertenecientes a la clase 2.

- Paneles de seguridad.

Los paneles de seguridad deberán tener el número de Naciones Unidas y el número de Riesgo del material transportado, inscripto en dígitos negros no menores de 65 mm, presentados en un panel rectangular de color naranja, con altura no inferior a 140 mm de alto y 350 mm de ancho, con un borde negro de 10 mm, ubicado inmediatamente a la placa. En la Figura 2, se muestra una placa de seguridad. En la mitad inferior del panel naranja se encuentra el número de identificación de las

Naciones Unidas (4 dígitos) y en la mitad superior el número de identificación de Riesgo que consiste en dos o tres dígitos.



Figura 2. Panel de seguridad del acetal.

Instalación de los elementos indicativos de riesgo de las unidades de transporte. [2]

Las unidades de transporte cargadas, ya sea a granel o carga fraccionada, con un **único** material peligroso o con residuos de un material peligroso, que no hayan sido descontaminadas, deben exhibir los paneles de seguridad en forma claramente visible en por lo menos dos (2) lados opuestos de las unidades y en tales casos en posiciones que puedan verse por el personal involucrado en todas las operaciones de carga o descarga (figura 3).

Cuando en las unidades de transporte las cisternas tengan múltiples compartimentos en el que se transporten más de un material y/o residuo peligroso, la colocación de los paneles de seguridad y rótulos de riesgo correspondientes deberá hacerse en cada lado del compartimento de que se trate y la unidad de transporte debe llevar sólo las placas de seguridad, sin inscripción (figura 4).

Las unidades de transporte cargadas (con carga fraccionada) con dos o más materiales peligrosos de la **misma** clase o división, deben ser identificados por medio de las etiquetas de riesgo correspondientes a la clase o división y por la placa de seguridad en la unidad de carga, sin inscripción alguna (figura 5).

En el caso que el cargamento esté compuesto de dos o más productos de clases o divisiones **distintas**, la colocación de los paneles de seguridad y rótulos de riesgo correspondientes deberá hacerse en cada lado del compartimento de que se trate y la unidad de transporte debe llevar sólo las placas de seguridad, sin inscripción (figura 6).

Cuando la unidad de transporte se trate de un camión con remolque y contenga en cada uno materiales peligrosos de distinta clase, la colocación de los rotulos de riesgo correspondientes debe hacerse a cada lado del remolque correspondiente. Los paneles de seguridad de cada sustancia peligrosa deben ser colocados en la parte delantera y trasera de cada contenedor (figura 7).

Excepto para los materiales de las clases 1 y 7, se indica que deberán tener los paneles de seguridad colocadas en posición adyacente a los rótulos de riesgo, los siguientes elementos:

- los sólidos, líquidos o gases transportados en unidades de transporte tanque, cisterna o contenedores.
- los materiales peligrosos embalados de un sólo producto que constituyan carga completa para la unidad de transporte.

Las unidades de transporte cargadas con material de la clase 7, identificadas con etiquetas de riesgo conteniendo el número de ONU, están eximidas de llevar las placas de seguridad.

También cuando las mercancías se consideren poco peligrosas o los bultos sólo contengan una cantidad limitada de ellas, podrán concederse exenciones de las disposiciones relativas al etiquetado. En tales casos, se podrá exigir que se marquen los bultos con la clase o la división y el número del grupo de embalaje/envasado (figura 8) [4].

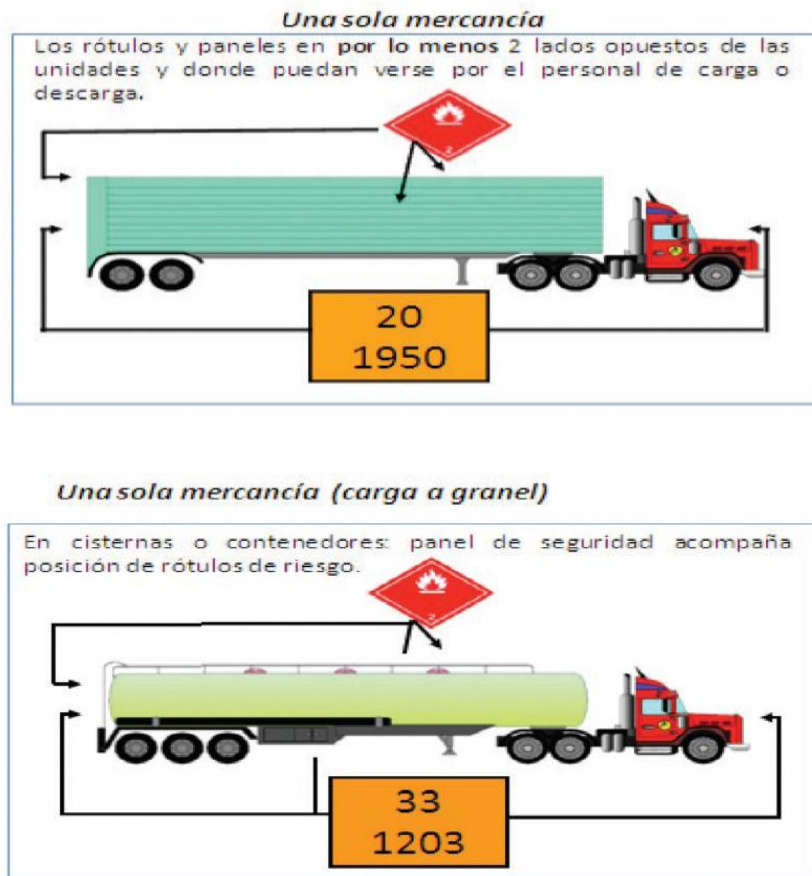


Figura 3. Instalación de los elementos indicativos de riesgo de las unidades de transporte cargadas, ya sea a granel o carga fraccionada, con un único material peligroso o con residuos de un material peligroso

Dos mercancías de la misma clase (Granel)

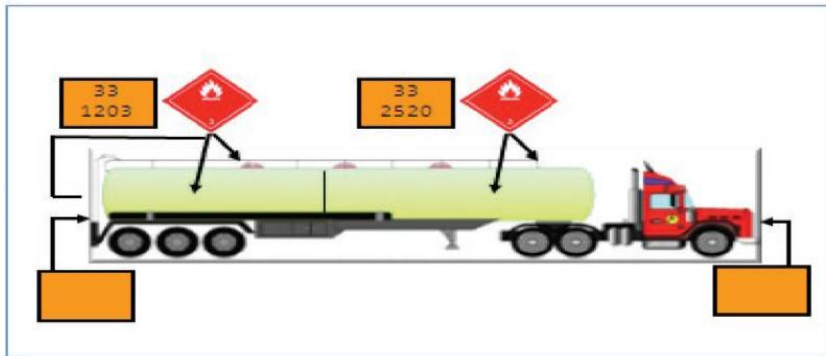


Figura 4. Instalación de los elementos indicativos de riesgo cuando en las unidades de transporte las cisternas tengan múltiples compartimentos en el que se transporten más de un material y/o residuo peligroso.

*Dos mercancías de la misma clase
(Carga Fraccionada)*

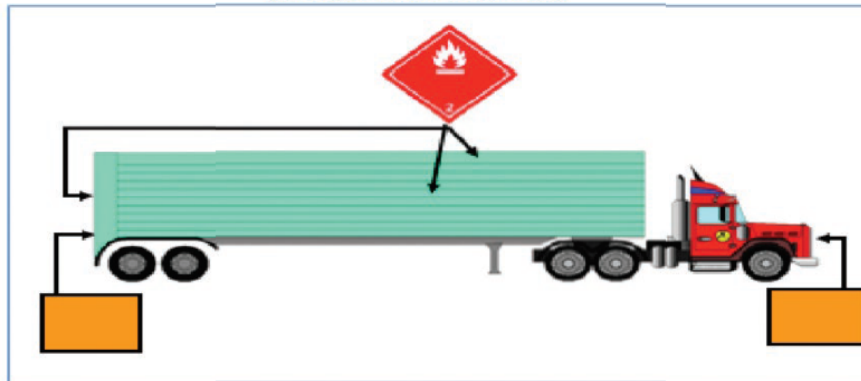


Figura 5. Instalación de los elementos indicativos de riesgo de las unidades de transporte cargadas con carga fraccionada con dos o más materiales peligrosos de la **misma** clase o división.

Dos materiales de distinta clase (Granel)

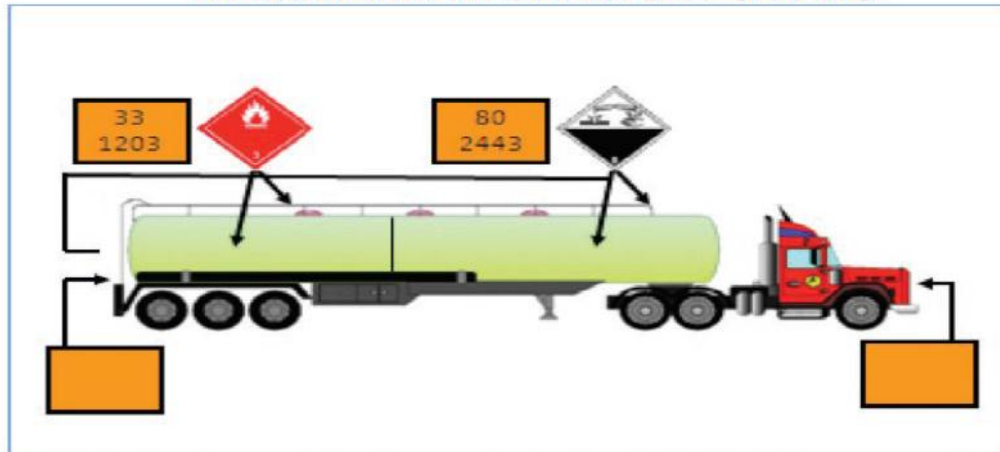


Figura 6. Instalación de los elementos indicativos de riesgo de las unidades de transporte cargadas con carga fraccionada con dos o más materiales peligrosos de **distinta** clase o división.

Camión y remolque con dos materiales de distinta clase (Carga General)

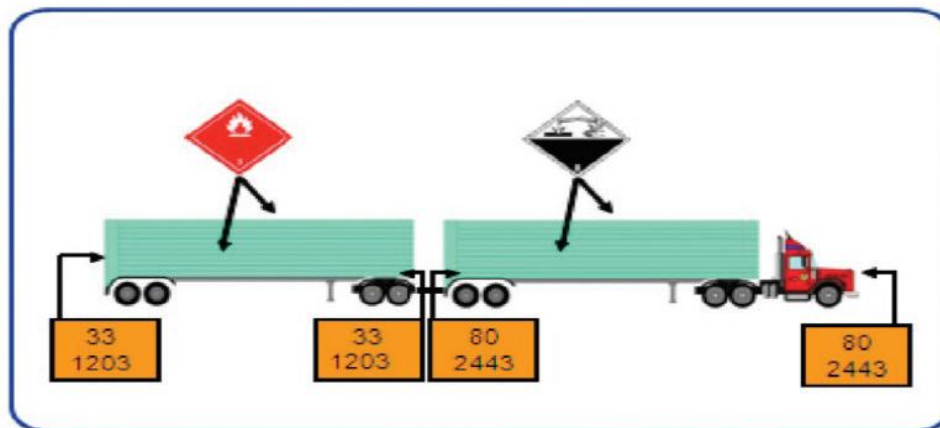


Figura 7. Instalación de los elementos indicativos de riesgo de las unidades de transporte cuando se trate de un camión con remolque y contenga en cada uno materiales peligrosos de distinta clase

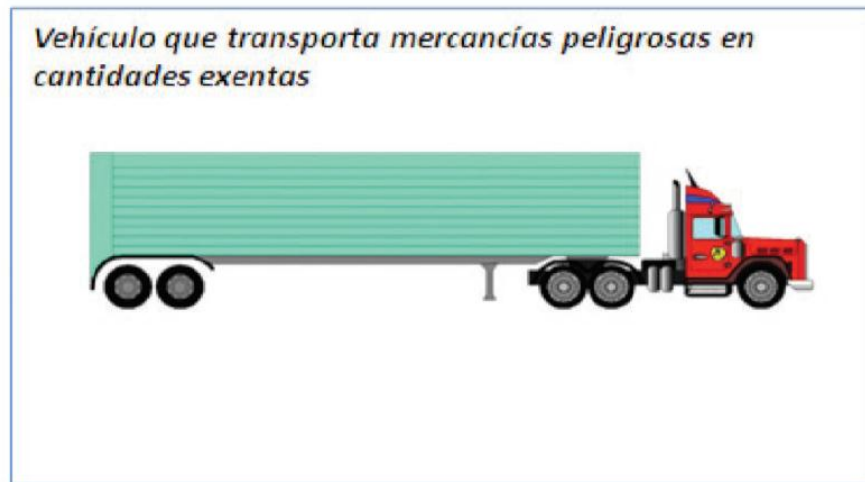


Figura 8. Instalación de los elementos indicativos de riesgo de las unidades de transporte que transporten mercancías peligrosas en cantidades exentas

Documentación para el transporte

Según el Art.35 del Reglamento General para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (Decreto 779 / 95 – Anexo S) los vehículos automotores transportando mercancías peligrosas solo podrán circular portando los siguientes documentos:

- a) Declaración de carga emitida por el expedidor, conteniendo las siguientes informaciones sobre el producto peligroso transportado:
 - i. La denominación apropiada para el transporte, la clase o división acompañada si fuera el caso, por el grupo de compatibilidad, y el número de ONU en ese orden;
 - ii. El grupo de embalaje si correspondiera;
 - iii. Declaración emitida por el expedidor que el producto está adecuadamente acondicionado para soportar los riesgos normales de la carga, descarga, transbordo y transporte, y que cumple con la reglamentación vigente.
- b) Fichas de Intervención en caso de Emergencia que precisen en forma concisa:
 - i. La naturaleza del peligro presentado por las mercancías peligrosas transportadas, así como las medidas de emergencia;

- ii. Las disposiciones aplicables en el caso que una persona entrará en contacto con los materiales transportados o con las mercancías que pudieran desprenderse de ellos;
 - iii. Las medidas que se deben tomar en caso de incendio y en particular los medios de extinción que no se deben emplear;
 - iv. Las medidas que se deben tomar en el caso de rotura o deterioro de los embalajes o cisternas, o en caso de fuga o derrame de las mercancías peligrosas transportadas;
 - v. En la imposibilidad del vehículo de continuar la marcha, las medidas necesarias para la realización del transbordo de la carga, o cuando fuera el caso, las restricciones de manipuleo de la misma;
 - vi. Teléfonos de emergencia de los cuerpos de bomberos, órganos policiales, de defensa civil, de medio ambiente y, cuando fuera el caso, de los organismos competentes para las Clases 1 y 7, a lo largo del itinerario.
- c) En el transporte de sustancias a granel, el original del certificado de habilitación para el transporte de mercancías peligrosas del vehículo y de los equipamientos.
- d) El elemento o documento probatorio que el vehículo cumple con la Revisión Técnica Obligatoria.
- e) Documento original que acredite el curso de capacitación básico obligatorio actualizado del conductor de vehículos, empleados en el transporte de mercancías peligrosas por carretera.

ANEXO II

En la siguiente tabla se muestra el corpus utilizado para este trabajo, conformado por 22 artículos.

| Evento | Fecha | Material Peligroso | Lugar | Coordenadas | Fuente | Formato |
|--------|------------|-----------------------|--|-----------------------------|---------------|---------|
| 1 | 29-01-2018 | Gasoil | Ruta 36 y av. 44 – Abasto | 34°59'21''S; 58°02'30''O | Diario el Día | Papel |
| 2 | 29-01-2018 | Gasoil | Av. 13 y 526 – La Plata | 34°54'03''S; 57°58'54''O | Diario el Día | Papel |
| 3 | 25-01-2018 | Aceite | Av. 44 y 17 – La Plata | 34°55'12''S; 57°57'55''O | Diario el Día | Digital |
| 4 | 25-01-2018 | Aceite | 149 y av.520 – La Plata | 34°55'48''S; 58°01'33''O | Diario el Día | Papel |
| 5 | 06-07-2015 | Metanol | Au. Bs. As -La Plata. Km 31,5 | 34°46'41''S; 58°09'29''O | Diario el DIA | Digital |
| 6 | 16-06-2013 | Metanol | Camino Vergara y Petroken - Ensenada | 34°53'05''S; 57°55'41''O | Diario Hoy | Digital |
| 7 | 12-05-2012 | Metanol | Camino Vergara - Ensenada | 34°52'53''S; 57°55'28''O | Diario el Día | Papel |
| 8 | 03-09-2008 | Aceite | Km 18 del Camino del Buen Ayre | 34°35'27''S; 58°41'10''O | Diario el DIA | Digital |
| 9 | 04-07-2008 | Alcohol Etílico | Peaje Parque Avellaneda | 34°38'52''S; 58°28'40''O | Diario el DIA | Digital |
| 10 | 7-10-2007 | Lubricante | Villa San Carlos | | Diario el Día | Papel |
| 11 | 5-10-2007 | Fuel Oil | Ensenada | | Diario el Día | Papel |
| 12 | 10-2007 | Ácido Sulfúrico | Cañuelas. Ruta 6 cerca del cruce con la 205 | 35°01'29''S; 58°44'38''O | Diario el Día | Papel |
| 13 | 09-2007 | Combustible | City Bell | | Diario el Día | Papel |
| 14 | 07-2007 | Ácido Clorhídrico | Los Hornos | | Diario el Día | Papel |
| 15 | 02-05-2007 | Metanol | Bajada Au. Bs-La Plata. Diagonal 74 | 34°52'59''S; 57°57'25''O | Diario el DIA | Digital |
| 16 | 03-08-2006 | Gas propano y butano | Au. Bs. As -La Plata. Altura Quilmes | 34°43'04''S; 58°14'87''O | Diario el DIA | Digital |
| 17 | 26-01-2005 | Combustible | Km 30.500 Ruta 215 | 35°01'38''S; 58°05'01 O | Diario el DIA | Digital |
| 18 | 08-06-2004 | Metanol | Av. 520 e/9 y 10 – Tolosa | 34°53'33''S; 57°59'06''O | Diario HOY | Papel |
| 19 | 04-06-2003 | Asfalto Líquido(brea) | Au. Bs. As-La Plata. Km 32 | 34°46'57''S; 58°09'07''O | Diario el Día | Papel |
| 20 | 28-05-2003 | Metanol | Kilómetro 285. Ruta 3 | 34°39'49''S; 58°17'19''O | Diario el DIA | Digital |
| 21 | 13-05-2003 | Metanol | Av. 7 y av. 520 -Tolosa | 34°53'25''S; 57°58'57''O | Diario HOY | Papel |
| 22 | 14-04-2002 | Nafta y Gasoil | Ruta 36 a 100 metros de la rotonda de Alpargatas | 34°50'20''S; 58°11'38''O | Diario el DIA | Digital |

ANEXO III

En este anexo, se muestran los 17 escenarios modelados con ALOHA con sus matrices de estabilidad y gráficos de frecuencia de la clase de estabilidad de Pasquill más probable y de la clase de estabilidad de Pasquill "F", en función de los meses y las horas del día, generados para la construcción de los mismos. Además, se muestran los histogramas generados para determinar la cobertura de nubes, temperatura del aire y humedad de cada mes anteriormente seleccionado, para completar la descripción de cada escenario. También se muestra la moda estadística calculada para las distintas variables.

^ AÑO 2014

En la tabla 1 se muestran las características de los escenarios 1, 2 y 13.

| Escenario | Año | Dirección del viento | % | Escenario | Clase de estabilidad | Velocidad del viento (m/s) | Mes | Hora | Cobertura nubosa(1/10) | T amb(°C) | Humedad (%) |
|-----------|------|----------------------|-------|-----------|----------------------|----------------------------|-----|------|------------------------|-----------------|-------------------------|
| 1 | 2014 | N | 24,39 | EMP | C | [1,6 - 5,5) | 12 | 11 | 0-0,25 | 24,2-25,2 | (67-69)(97-99) |
| 21 | | | | | | | | 0,00 | 25 | 99,00 | |
| 7 | 2014 | N | 24,39 | EMC | F | [0 - 0,3) | 12 | 7 | 0-0,25 0,00 | 24,2-25,2 25 | (67-69)(97-99) 99,00 |

Tabla 1. características de los escenarios 1, 2 y 13.

A continuación, se muestra la matriz de estabilidad (Tabla 2) asociada a la dirección del viento más frecuente, en este caso a la dirección Norte, para los datos meteorológicos del año 2014 de la estación la estación AERO La Plata (34°58'S 57°54'O). En color celeste se encuentra resaltada la combinación clase de estabilidad de Pasquill - velocidad de viento más frecuente para el escenario de estudio asociado al EMP. Y con naranja, el rango de velocidad de viento más probable para la clase de estabilidad de Pasquill más estable (F), para determinar el EMC.

| Velocidad (m/s) | Frecuencia de estabilidades % | | | | | | | Suma de Clase |
|----------------------------|-------------------------------|------|--------------|-------|-------|--------------|-------------|---------------|
| | A | B | C | D | E | F | | |
| 0,00 0,30 | 0,00 | 3,08 | 4,77 | 3,08 | 1,44 | 12,23 | 24,60 | |
| 0,30 1,60 | 0,05 | 0,43 | 1,69 | 0,87 | 0,39 | 1,93 | 5,34 | |
| 1,60 3,40 | 0,05 | 3,66 | 11,56 | 9,20 | 5,68 | 7,27 | 37,41 | |
| 3,40 5,50 | 0,05 | 1,93 | 10,26 | 9,87 | 3,32 | 0,91 | 26,34 | |
| 5,50 8,00 | 0,00 | 0,14 | 1,54 | 3,76 | 0,39 | 0,05 | 5,87 | |
| 8,00 10,80 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,43 | |
| 10,80 13,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 13,90 17,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Suma de velocidades | 0,14 | 9,24 | 29,90 | 27,11 | 11,22 | 22,39 | 100,00 | |
| | | | | | | 100 | 100% | |

Tabla 2. Matriz de estabilidad para la dirección Norte con datos meteorológicos del año 2014 de la estación AERO La Plata (34°58'S 57°54'O)

La tabla 3 y 4 muestran la frecuencia de estabilidad de Pasquill "C" y "F", respectivamente, en cada mes del año 2014 para la dirección Norte. Dichas tablas se utilizan para generar un gráfico (Figura 1), en el cual se muestra la frecuencia de la clase de estabilidad de Pasquill más probable (en este caso "C") y de la clase de estabilidad de Pasquill "F", en función de los meses. En color celeste se encuentra resaltada el mes en el cual es más frecuente la estabilidad "C" (asociado al EMP). Y con naranja, el mes en el que se presenta con mayor frecuencia la estabilidad F, para determinar el EMC.

| MESES | EST. C | EST. C % |
|--------------|------------|--------------|
| 1 | 49 | 2,36 |
| 2 | 22 | 1,06 |
| 3 | 73 | 3,51 |
| 4 | 40 | 1,93 |
| 5 | 51 | 2,46 |
| 6 | 63 | 3,03 |
| 7 | 28 | 1,35 |
| 8 | 73 | 3,51 |
| 9 | 30 | 1,44 |
| 10 | 50 | 2,41 |
| 11 | 61 | 2,94 |
| 12 | 81 | 3,90 |
| Total | 621 | 29,90 |

Tabla 3. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "C" en cada mes del año 2014

| MESES | EST. F | EST. F % |
|--------------|------------|--------------|
| 1 | 10 | 0,48 |
| 2 | 19 | 0,91 |
| 3 | 56 | 2,70 |
| 4 | 49 | 2,36 |
| 5 | 27 | 1,30 |
| 6 | 47 | 2,26 |
| 7 | 24 | 1,16 |
| 8 | 46 | 2,21 |
| 9 | 33 | 1,59 |
| 10 | 50 | 2,41 |
| 11 | 41 | 1,97 |
| 12 | 63 | 3,03 |
| Total | 465 | 22,39 |

Tabla 4. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "F" en cada mes del año 2014

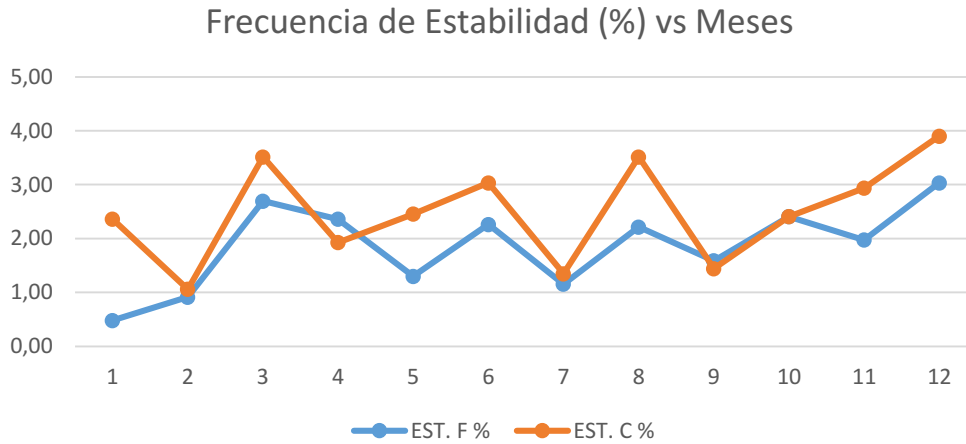


Figura 1. Gráficos de “Frecuencia de estabilidad porcentual vs Meses” para una estabilidad más probable(C) y más conservadora(F), para el viento Norte del 2014.

La tabla 5 y 6 se muestran la frecuencia de estabilidad de Pasquill “C” y “F”, respectivamente, en cada hora para la dirección Norte. Dichas tablas se utilizan para generar un gráfico (Figura 2), en el cual se muestra la frecuencia de la clase de estabilidad de Pasquill más probable (en este caso “C”) y de la clase de estabilidad de Pasquill “F”, en función de las horas del día. En color celeste se encuentra resaltada la hora en la cual es más frecuente la estabilidad “C” (asociado al EMP). Y con naranja, el mes en el que se presenta con mayor frecuencia la estabilidad F, para determinar el EMC.

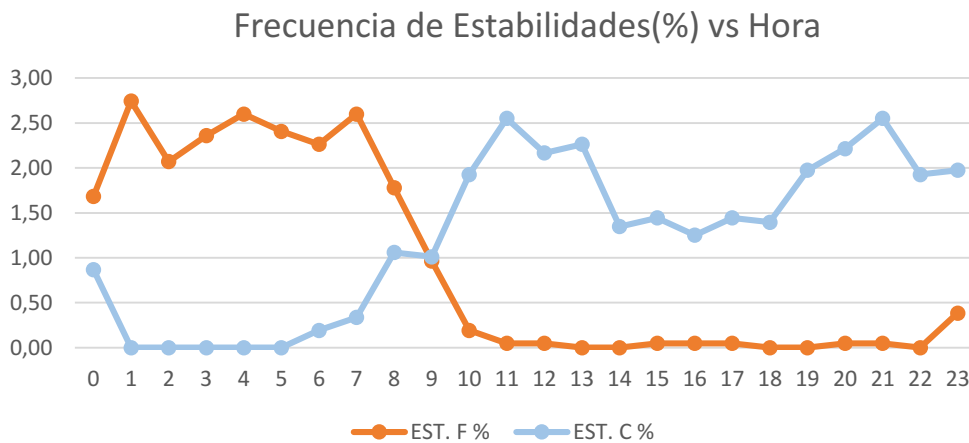


Figura 2. Gráficos de “Frecuencia de estabilidad porcentual vs Horas” para una estabilidad más probable(C) y más conservadora(F), para viento Norte del 2014.

| HORAS | EST. C | EST. C % |
|--------------|------------|--------------|
| 0 | 18 | 0,87 |
| 1 | 0 | 0,00 |
| 2 | 0 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 |
| 4 | 0 | 0,00 |
| 5 | 0 | 0,00 |
| 6 | 4 | 0,19 |
| 7 | 7 | 0,34 |
| 8 | 22 | 1,06 |
| 9 | 21 | 1,01 |
| 10 | 40 | 1,93 |
| 11 | 53 | 2,55 |
| 12 | 45 | 2,17 |
| 13 | 47 | 2,26 |
| 14 | 28 | 1,35 |
| 15 | 30 | 1,44 |
| 16 | 26 | 1,25 |
| 17 | 30 | 1,44 |
| 18 | 29 | 1,40 |
| 19 | 41 | 1,97 |
| 20 | 46 | 2,21 |
| 21 | 53 | 2,55 |
| 22 | 40 | 1,93 |
| 23 | 41 | 1,97 |
| Total | 621 | 29,90 |

Tabla 4. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "C" a cada en 2014, en dirección Norte.

| HORAS | EST. F | EST. F % |
|--------------|------------|--------------|
| 0 | 35 | 1,69 |
| 1 | 57 | 2,74 |
| 2 | 43 | 2,07 |
| 3 | 49 | 2,36 |
| 4 | 54 | 2,60 |
| 5 | 50 | 2,41 |
| 6 | 47 | 2,26 |
| 7 | 54 | 2,60 |
| 8 | 37 | 1,78 |
| 9 | 20 | 0,96 |
| 10 | 4 | 0,19 |
| 11 | 1 | 0,05 |
| 12 | 1 | 0,05 |
| 13 | 0 | 0,00 |
| 14 | 0 | 0,00 |
| 15 | 1 | 0,05 |
| 16 | 1 | 0,05 |
| 17 | 1 | 0,05 |
| 18 | 0 | 0,00 |
| 19 | 0 | 0,00 |
| 20 | 1 | 0,05 |
| 21 | 1 | 0,05 |
| 22 | 0 | 0,00 |
| 23 | 8 | 0,39 |
| Total | 465 | 22,39 |

Tabla 5. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "F" a cada hora en 2014, en dirección Norte.

Para la determinación de la cobertura nubosa, temperatura y humedad se realizan histogramas (Figura 3, 4 y 5) y se calcula la moda estadística de las distintas variables para el mes anteriormente seleccionado (tabla 6). En este caso tanto para el EMC como el EMP, se realiza para el mes 12.

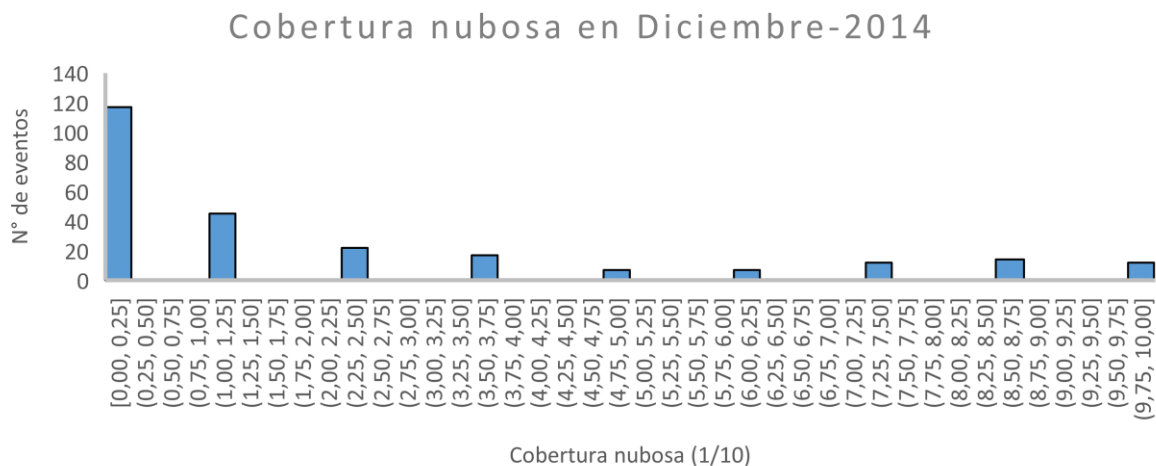


Figura 3. Histograma de la cobertura nubosa en el mes 12 del año 2014.

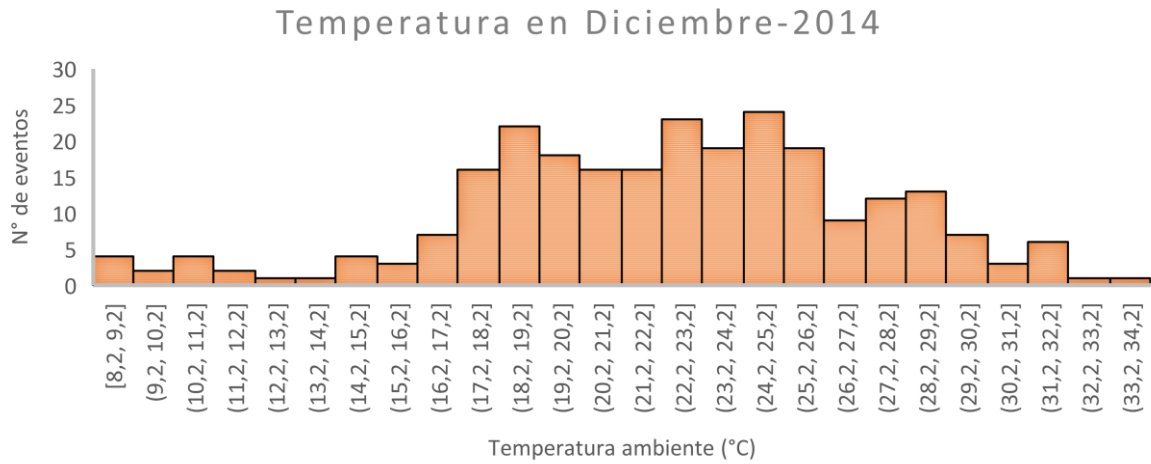


Figura 4. Histograma de la temperatura en el mes 12 del año 2014.

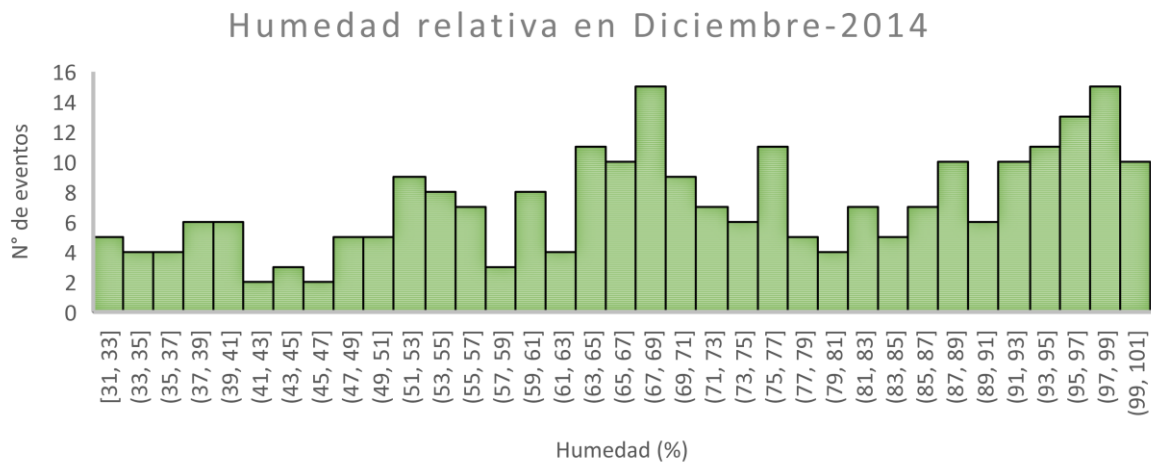


Figura 5. Histograma de la humedad relativa en el mes 12 del año 2014.

| | Cobertura Nubosa (décimos) | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) |
|----------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|
| más frecuente | 0-0,25 | 24,2-25,2 | (67-69)(97-99) |
| promedio | 2,32 | 22,41 | 72,03 |
| moda | 0 | 25 | 99 |

Tabla 6. Se muestra el rango de cobertura nubosa, temperatura y humedad relativa más frecuente para el mes 12 del año 2014, así como también el cálculo del promedio y la moda de cada variable.

Siguiendo los mismos criterios para la elección de las características de los escenarios restantes, se muestran las tablas y gráficos ordenados por año.

^ AÑO 2015

En la tabla 6 se muestran las características de los escenarios 3, 4 y 14

| Escenario | Año | Dirección del viento | % | Escenario | Clase de estabilidad | Velocidad del viento (m/s) | Mes | Hora | Cobertura nubosa | T amb(°C) | Humedad |
|-----------|------|----------------------|-------|-----------|----------------------|----------------------------|-----|------|------------------|----------------|----------------|
| 3 | 2015 | N | 24,94 | EMP | C | [1,6 - 3,4) | 4 | 14 | 0-0,25 | 23,8-24,8 | (71-73)(95-97) |
| 20 | | | | | | | | 0,00 | 19,40 | 97,00 | |
| 14 | 2015 | N | 24,94 | EMC | F | [0 - 0,3) | 7 | 5 | 0-0,25 | (10-11)(11-12) | 99-100 |
| | | | | | | | | 0 | 1,8 | 100 | |

Tabla 7. se muestran las características de los escenarios 3,4 y 14.

| Velocidad (m/s) | | | Frecuencia de estabilidades % | | | | | | Suma de Clase |
|----------------------------|--------------|--------------|-------------------------------|-------|--------------|-------|------|--------------|---------------|
| | | | A | B | C | D | E | F | |
| 0,00 | 0,30 | | 0,00 | 3,52 | 6,54 | 2,84 | 2,33 | 18,30 | 33,53 |
| | 0,30 | 1,60 | 0,00 | 0,37 | 1,46 | 0,55 | 0,23 | 1,83 | 4,44 |
| | 1,60 | 3,40 | 0,05 | 4,35 | 12,40 | 5,49 | 4,71 | 9,06 | 36,05 |
| | 3,40 | 5,50 | 0,05 | 1,88 | 10,43 | 6,31 | 1,28 | 1,01 | 20,95 |
| | 5,50 | 8,00 | 0,00 | 0,05 | 1,69 | 2,79 | 0,05 | 0,00 | 4,57 |
| | 8,00 | 10,80 | 0,00 | 0,05 | 0,14 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,46 |
| | 10,80 | 13,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 13,90 | 17,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Suma de velocidades | | | 0,09 | 10,20 | 32,66 | 18,25 | 8,60 | 30,19 | 100,00 |
| | | | | | | | | 100 | 100% |

Tabla 8. Matriz de estabilidad para la dirección Norte con datos meteorológicos del año 2015 de la estación AERO La Plata (34°58'S 57°54'O).

| MESES | EST. C | EST. C % |
|--------------|------------|--------------|
| 1 | 69 | 3,16 |
| 2 | 41 | 1,88 |
| 3 | 80 | 3,66 |
| 4 | 107 | 4,89 |
| 5 | 78 | 3,57 |
| 6 | 66 | 3,02 |
| 7 | 65 | 2,97 |
| 8 | 28 | 1,28 |
| 9 | 51 | 2,33 |
| 10 | 12 | 0,55 |
| 11 | 46 | 2,10 |
| 12 | 71 | 3,25 |
| Total | 714 | 32,66 |

Tabla 9. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "C" en cada mes del año 2015 en dirección de viento Norte.

| MESES | EST. F | EST. F % |
|--------------|------------|--------------|
| 1 | 40 | 1,83 |
| 2 | 42 | 1,92 |
| 3 | 76 | 3,48 |
| 4 | 92 | 4,21 |
| 5 | 79 | 3,61 |
| 6 | 54 | 2,47 |
| 7 | 96 | 4,39 |
| 8 | 25 | 1,14 |
| 9 | 51 | 2,33 |
| 10 | 15 | 0,69 |
| 11 | 30 | 1,37 |
| 12 | 60 | 2,74 |
| Total | 660 | 30,19 |

Tabla 10. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "F" en cada mes del año 2015 en dirección de viento Norte.

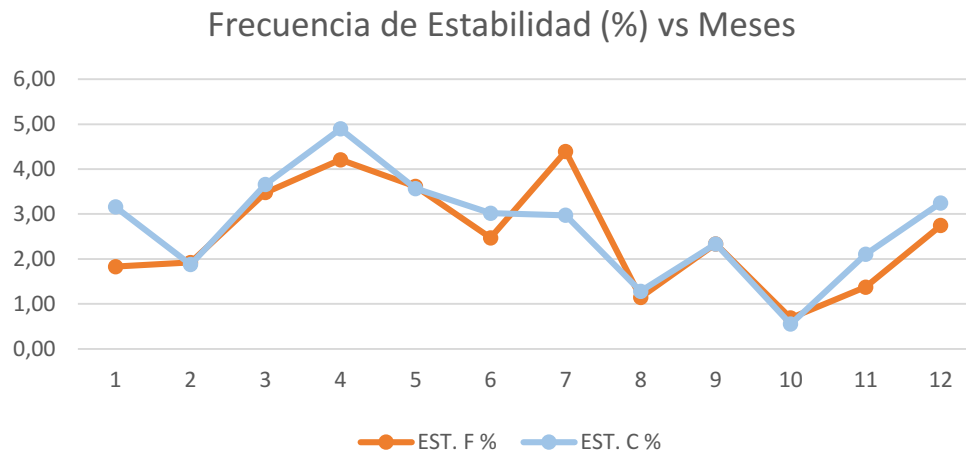


Figura 6. Gráficos de "Frecuencia de estabilidad porcentual vs Meses" para una estabilidad más probable(C) y más conservadora(F) para viento Norte del año 2015.

| HORAS | EST. C | EST. C % |
|--------------|------------|--------------|
| 0 | 20 | 0,91 |
| 1 | 4 | 0,18 |
| 2 | 0 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 |
| 4 | 0 | 0,00 |
| 5 | 0 | 0,00 |
| 6 | 0 | 0,00 |
| 7 | 0 | 0,00 |
| 8 | 8 | 0,37 |
| 9 | 29 | 1,33 |
| 10 | 50 | 2,29 |
| 11 | 50 | 2,29 |
| 12 | 51 | 2,33 |
| 13 | 47 | 2,15 |
| 14 | 53 | 2,42 |
| 15 | 40 | 1,83 |
| 16 | 37 | 1,69 |
| 17 | 36 | 1,65 |
| 18 | 43 | 1,97 |
| 19 | 47 | 2,15 |
| 20 | 56 | 2,56 |
| 21 | 54 | 2,47 |
| 22 | 51 | 2,33 |
| 23 | 38 | 1,74 |
| Total | 714 | 32,66 |

Tabla 11. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "C" a cada hora en 2015 para dirección de viento Norte.

| HORAS | EST. F | EST. F % |
|--------------|------------|--------------|
| 0 | 44 | 2,01 |
| 1 | 68 | 3,11 |
| 2 | 78 | 3,57 |
| 3 | 74 | 3,39 |
| 4 | 70 | 3,20 |
| 5 | 81 | 3,71 |
| 6 | 68 | 3,11 |
| 7 | 67 | 3,06 |
| 8 | 58 | 2,65 |
| 9 | 36 | 1,65 |
| 10 | 3 | 0,14 |
| 11 | 0 | 0,00 |
| 12 | 0 | 0,00 |
| 13 | 0 | 0,00 |
| 14 | 0 | 0,00 |
| 15 | 0 | 0,00 |
| 16 | 0 | 0,00 |
| 17 | 0 | 0,00 |
| 18 | 0 | 0,00 |
| 19 | 0 | 0,00 |
| 20 | 0 | 0,00 |
| 21 | 0 | 0,00 |
| 22 | 0 | 0,00 |
| 23 | 13 | 0,59 |
| Total | 660 | 30,19 |

Tabla 12. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "F" a cada hora en 2015 para dirección de viento Norte.

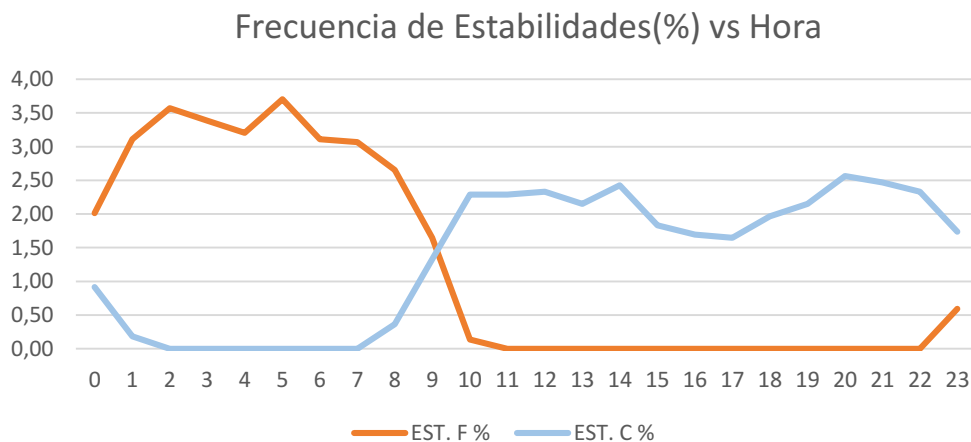


Figura 7. Gráficos de "Frecuencia de estabilidad porcentual vs Horas" para una estabilidad más probable(C) y más conservadora(F), para viento Norte del 2015.

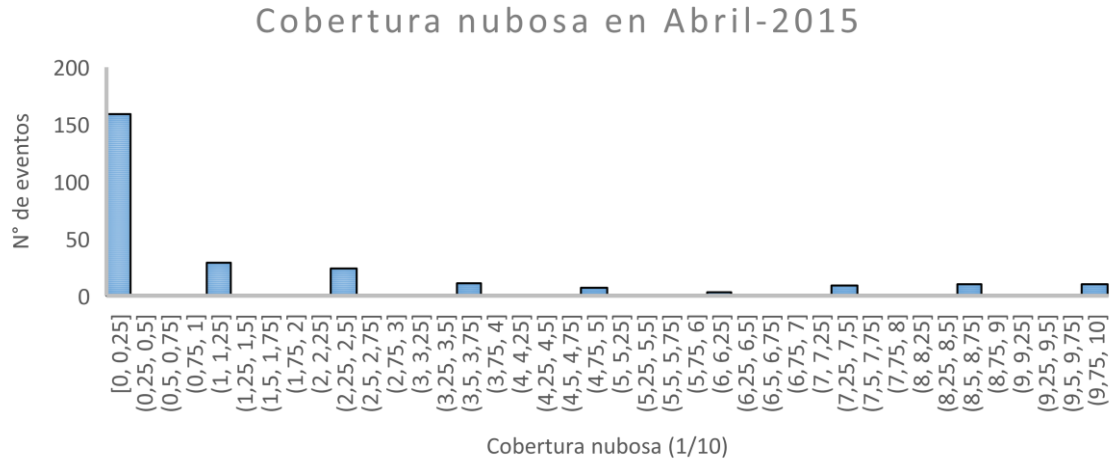


Figura 8. Histograma de la cobertura nubosa en el mes 4 del año 2015.

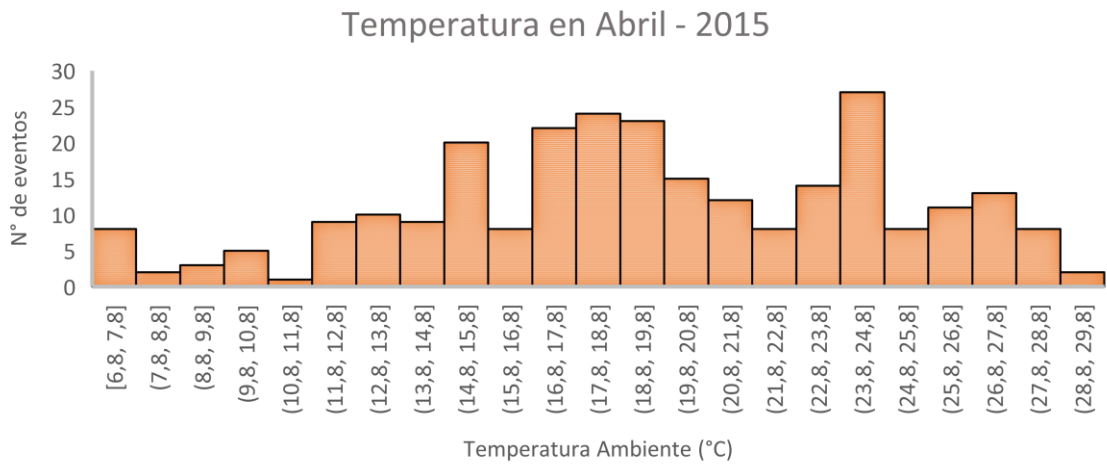


Figura 9. Histograma de la temperatura en el mes 4 del año 2015

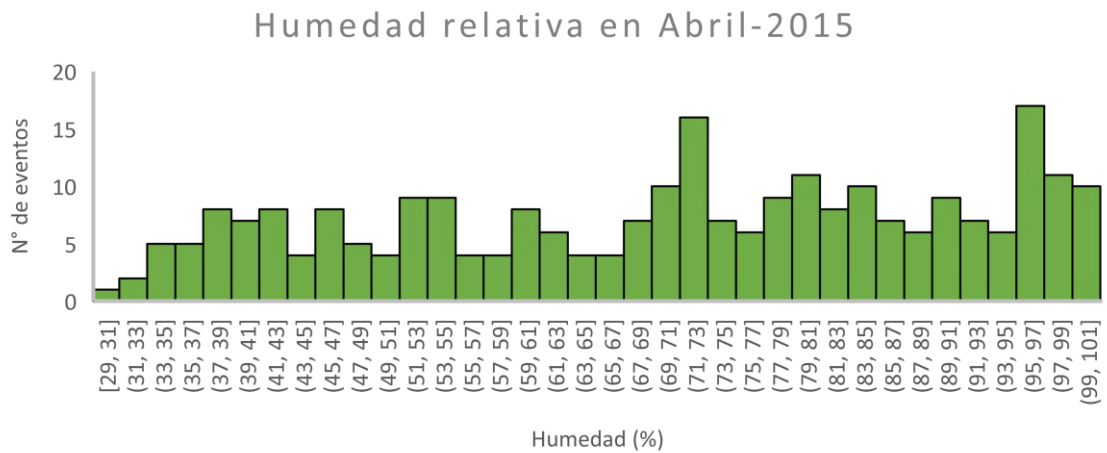


Figura 10. Histograma de la humedad relativa en el mes 4 del año 2015

| | Cobertura nubosa (décimos) | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) |
|----------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|
| más frecuente | 0-0,25 | 23,8-24,8 | (71-73)(95-97) |
| promedio | 1,70 | 19,44 | 70,61 |
| moda | 0 | 19,4 | 97 |

Tabla 13. Se muestra el rango de cobertura nubosa, temperatura y humedad relativa más frecuente para el mes 4 del año 2015, así como también el cálculo del promedio y la moda de cada variable.

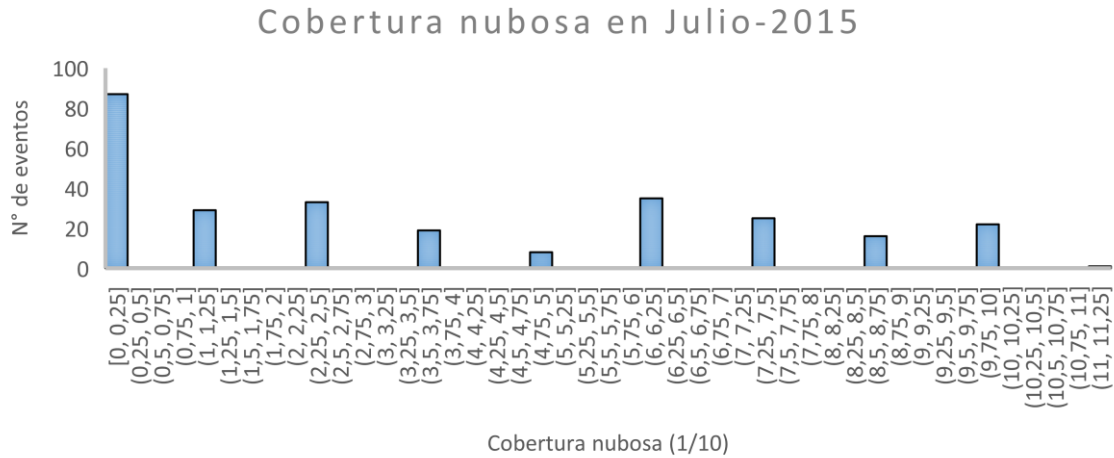


Figura 11. Histograma de la cobertura nubosa en el mes 7 del año 2015.

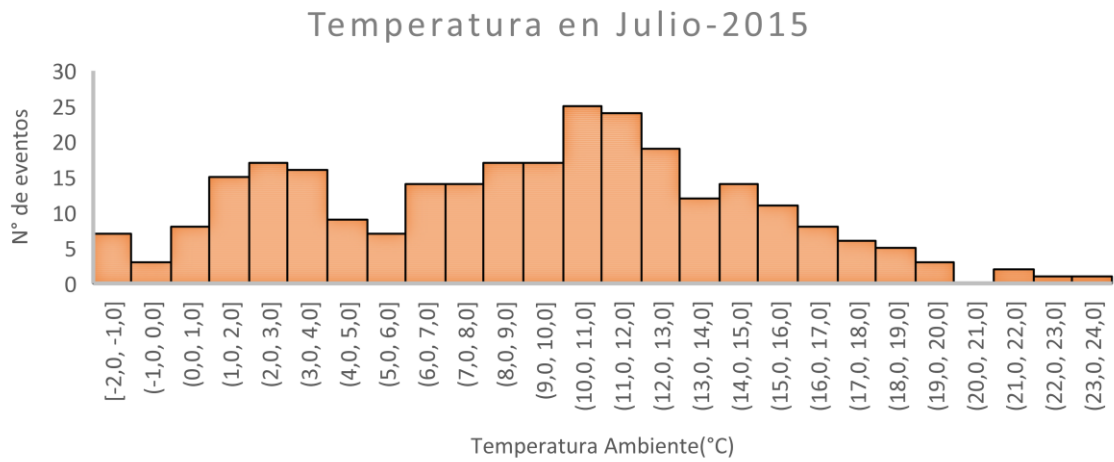


Figura 12. Histograma de la temperatura en el mes 7 del año 2015.

Humedad relativa en Julio-2015

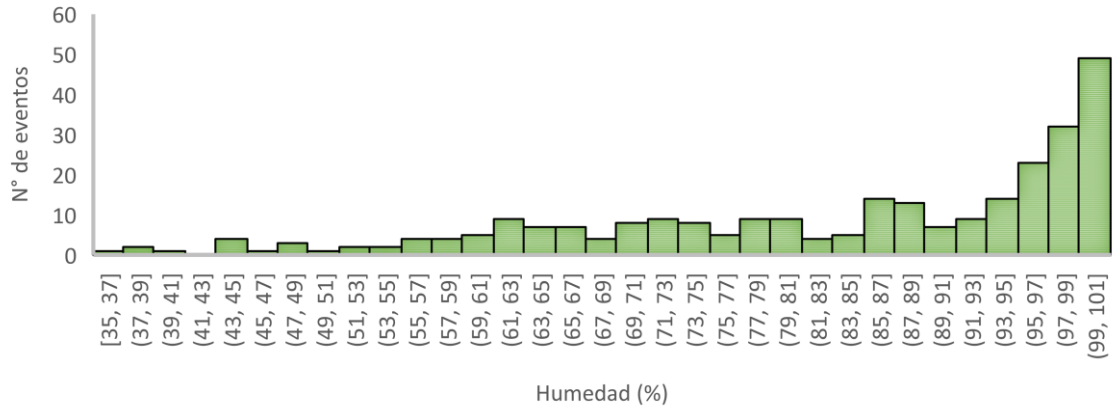


Figura 13. Histograma de la humedad relativa en el mes 7 del año 2015.

| | Cobertura nubosa (décimos) | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) |
|----------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|
| más frecuente | 0-0,25 | (10-11)(11-12) | 99-100 |
| promedio | 3,66 | 9,12 | 84,05 |
| moda | 0 | 1,8 | 100 |

Tabla 14. Se muestra el rango de cobertura nubosa, temperatura y humedad relativa más frecuente para el mes 7 del año 2015, así como también el cálculo del promedio y la moda de cada variable.

^ AÑO 2016

En la tabla 15 se muestran las características de los escenarios 5,6,7,8 y 15, Los mismos presentan una dirección de viento Norte.

| Escenario | Año | Dirección del viento | % | Escenario | Clase de estabilidad | Velocidad del viento (m/s) | Mes | Hora | Cobertura nubosa | T amb(°C) | Humedad |
|-----------|------|----------------------|-------|-----------|----------------------|----------------------------|-------------|------|------------------|------------------------|----------------|
| 5 | 2016 | N | 21,59 | EMP | C | [3,4 - 5,5) | 12 | 11 | 0-0,25 | (19,9-20,9)(21,9-22,9) | (53-55)(65-67) |
| 22 | | | | | | | | 0 | 23 | 100 | |
| 7 | | | | | | 8 | [3,4 - 5,5) | 11 | 0-0,25 | 8,8-10,8 | 99-100 |
| 22 | | | | | | | | 0 | 16,4 | 100 | |
| 15 | 2016 | N | 21,59 | EMC | F | [0 - 0,3) | 6 | 7 | 0-0,25 | 9,2-10,2 | 99-100 |
| 0 | | | | | | | | 10 | 100 | | |

Tabla 15. se muestran las características de los escenarios 5,6,7,8 y 15.

| Velocidad (m/s) | | Frecuencia de estabilidades % | | | | | | Suma de Clase |
|----------------------------|--------------|-------------------------------|-------|--------------|-------|------|--------------|---------------|
| | | A | B | C | D | E | F | |
| 0,00 | 0,30 | 0,00 | 3,28 | 6,99 | 7,36 | 2,17 | 18,10 | 37,90 |
| 0,30 | 1,60 | 0,00 | 0,95 | 1,01 | 0,74 | 0,53 | 1,38 | 4,61 |
| 1,60 | 3,40 | 0,00 | 3,76 | 9,85 | 6,30 | 4,08 | 6,93 | 30,92 |
| 3,40 | 5,50 | 0,00 | 2,70 | 11,33 | 5,72 | 1,69 | 0,42 | 21,86 |
| 5,50 | 8,00 | 0,00 | 0,21 | 1,96 | 2,28 | 0,05 | 0,05 | 4,55 |
| 8,00 | 10,80 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 |
| 10,80 | 13,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 13,90 | 17,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Suma de velocidades | | 0,00 | 10,91 | 31,29 | 22,39 | 8,52 | 26,89 | 100,00 |
| | | | | | | | 100 | 100% |

Tabla 16. Matriz de estabilidad para la dirección Norte con datos meteorológicos del año 2016 de la estación AERO La Plata (34°58'S 57°54'O).

| MESES | EST. C | EST. C % |
|--------------|------------|--------------|
| 1 | 47 | 2,49 |
| 2 | 55 | 2,91 |
| 3 | 65 | 3,44 |
| 4 | 18 | 0,95 |
| 5 | 26 | 1,38 |
| 6 | 43 | 2,28 |
| 7 | 36 | 1,91 |
| 8 | 74 | 3,92 |
| 9 | 40 | 2,12 |
| 10 | 39 | 2,06 |
| 11 | 70 | 3,71 |
| 12 | 78 | 4,13 |
| Total | 591 | 31,29 |

Tabla 17. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "C" en cada mes del año 2016 para dirección de viento Norte.

| MESES | EST. F | EST. F % |
|--------------|------------|--------------|
| 1 | 35 | 1,85 |
| 2 | 39 | 2,06 |
| 3 | 59 | 3,12 |
| 4 | 19 | 1,01 |
| 5 | 60 | 3,18 |
| 6 | 63 | 3,34 |
| 7 | 40 | 2,12 |
| 8 | 55 | 2,91 |
| 9 | 25 | 1,32 |
| 10 | 13 | 0,69 |
| 11 | 51 | 2,70 |
| 12 | 49 | 2,59 |
| Total | 508 | 26,89 |

Tabla 18. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "F" en cada mes del año 2016, para dirección de viento Norte.

Frecuencia de Estabilidad (%) vs Meses

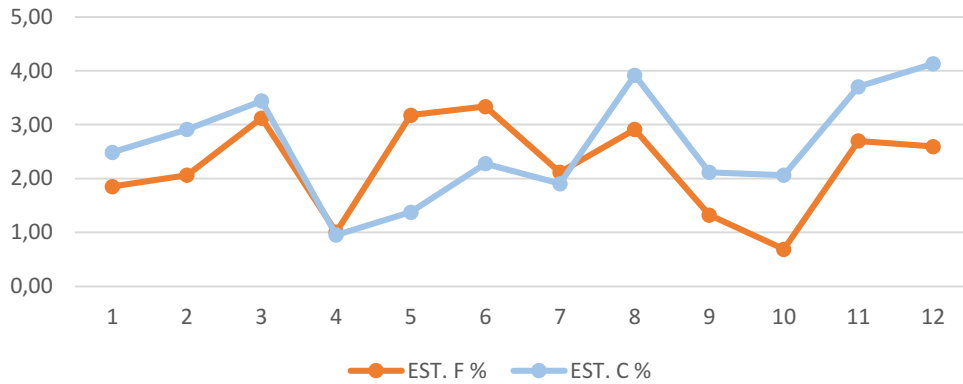


Figura 14. Gráficos de “Frecuencia de estabilidad porcentual vs Meses” para una estabilidad más probable(C) y más conservadora(F) para viento Norte del año 2016.

| HORAS | EST. C | EST. C % |
|--------------|------------|--------------|
| 0 | 12 | 0,64 |
| 1 | 4 | 0,21 |
| 2 | 0 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 |
| 4 | 0 | 0,00 |
| 5 | 0 | 0,00 |
| 6 | 0 | 0,00 |
| 7 | 0 | 0,00 |
| 8 | 13 | 0,69 |
| 9 | 30 | 1,59 |
| 10 | 42 | 2,22 |
| 11 | 52 | 2,75 |
| 12 | 44 | 2,33 |
| 13 | 41 | 2,17 |
| 14 | 40 | 2,12 |
| 15 | 33 | 1,75 |
| 16 | 33 | 1,75 |
| 17 | 31 | 1,64 |
| 18 | 23 | 1,22 |
| 19 | 33 | 1,75 |
| 20 | 38 | 2,01 |
| 21 | 42 | 2,22 |
| 22 | 46 | 2,44 |
| 23 | 34 | 1,80 |
| Total | 591 | 31,29 |

Tabla 19. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli “C” a cada hora en 2016 para dirección de viento Norte.

| HORAS | EST. F | EST. F % |
|--------------|------------|--------------|
| 0 | 29 | 1,54 |
| 1 | 45 | 2,38 |
| 2 | 54 | 2,86 |
| 3 | 57 | 3,02 |
| 4 | 58 | 3,07 |
| 5 | 65 | 3,44 |
| 6 | 56 | 2,96 |
| 7 | 58 | 3,07 |
| 8 | 39 | 2,06 |
| 9 | 30 | 1,59 |
| 10 | 3 | 0,16 |
| 11 | 0 | 0,00 |
| 12 | 0 | 0,00 |
| 13 | 0 | 0,00 |
| 14 | 0 | 0,00 |
| 15 | 0 | 0,00 |
| 16 | 0 | 0,00 |
| 17 | 0 | 0,00 |
| 18 | 0 | 0,00 |
| 19 | 0 | 0,00 |
| 20 | 0 | 0,00 |
| 21 | 0 | 0,00 |
| 22 | 1 | 0,05 |
| 23 | 13 | 0,69 |
| Total | 508 | 26,89 |

Tabla 20. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli “F” a cada hora en 2016 para dirección de viento Norte.

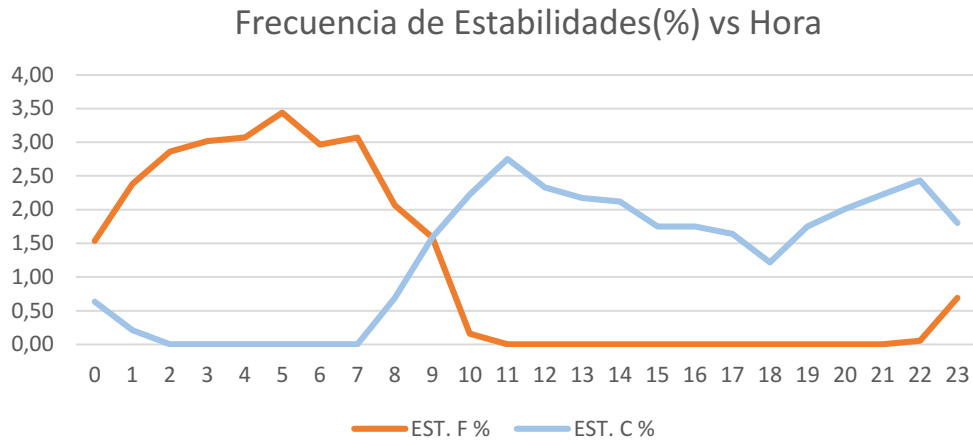


Figura 15. Gráficos de “Frecuencia de estabilidad porcentual vs Horas” para una estabilidad más probable(C) y más conservadora(F), para viento Norte del 2016.

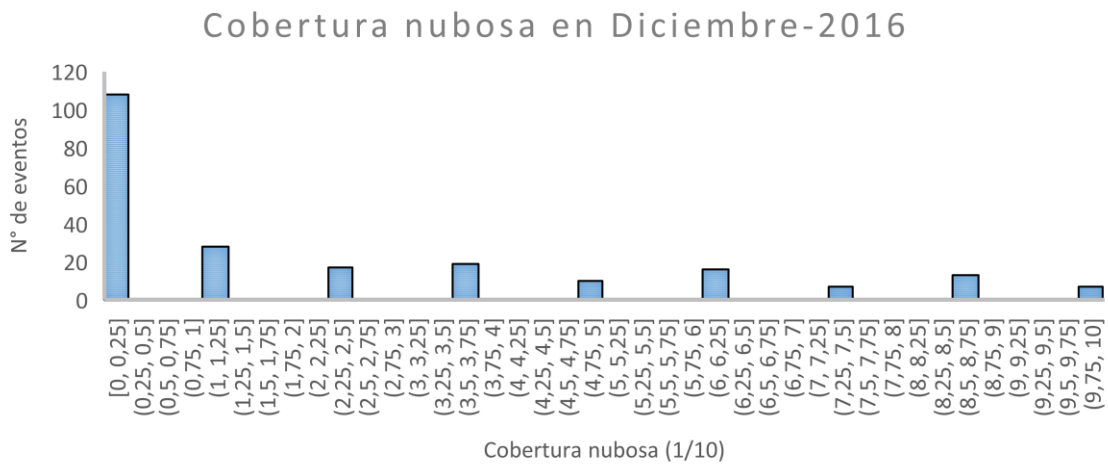


Figura 16. Histograma de la cobertura nubosa en el mes 12 del año 2016.

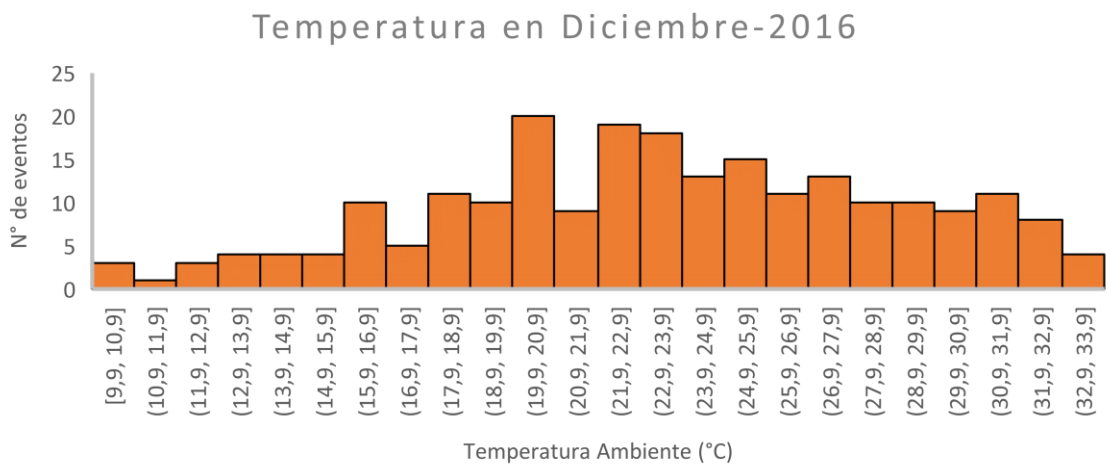


Figura 17. Histograma de la temperatura en el mes 12 del año 2016.

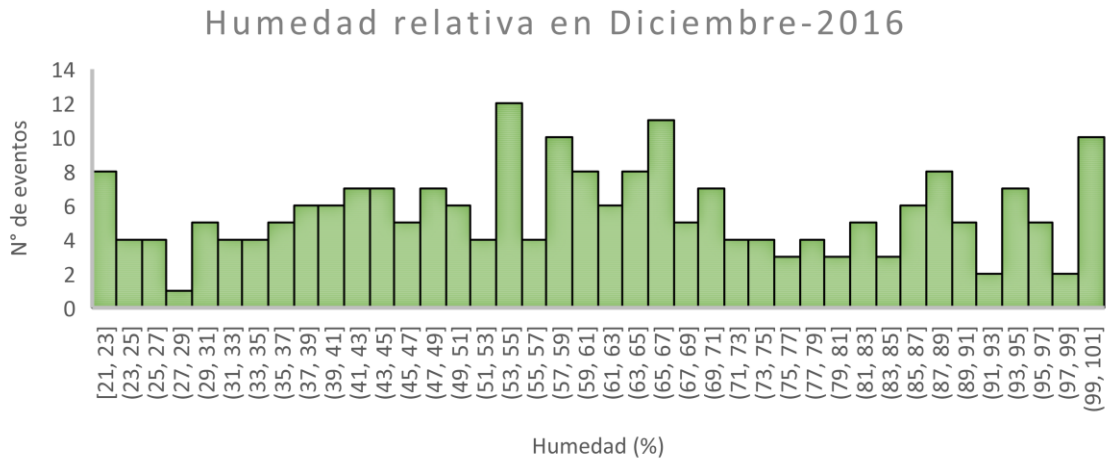


Figura 18. Histograma de la humedad relativa en el mes 12 del año 2016.

| | Cobertura nubosa (décimos) | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| más frecuente | 0-0,25 | (19,9-20,9)(21,9-22,9) | (53-55)(65-67) |
| promedio | 2,38 | 23,50 | 61,49 |
| moda | 0 | 23 | 100 |

Tabla 21. Se muestra el rango de cobertura nubosa, temperatura y humedad relativa más frecuente para el mes 12 del año 2016, así como también el cálculo del promedio y la moda de cada variable.

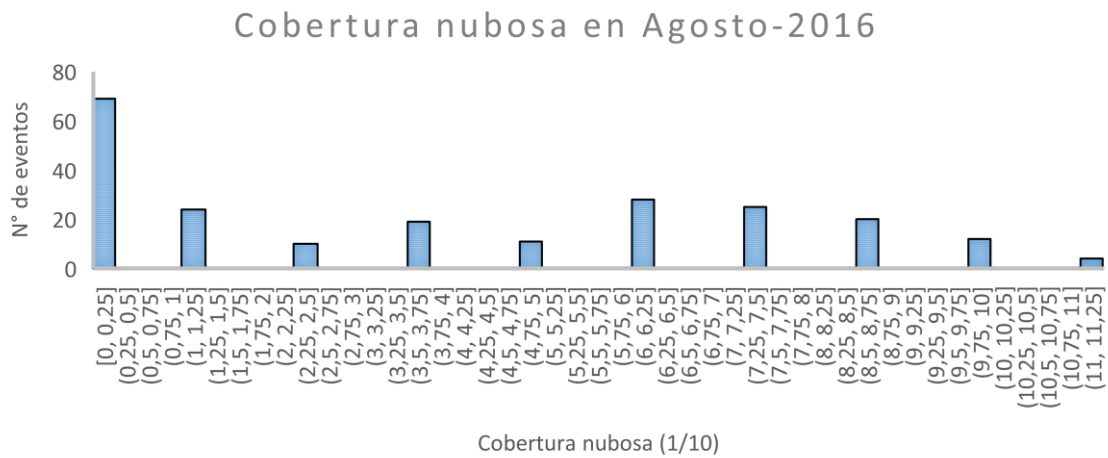


Figura 20. Histograma de la cobertura nubosa en el mes 8 del año 2016.

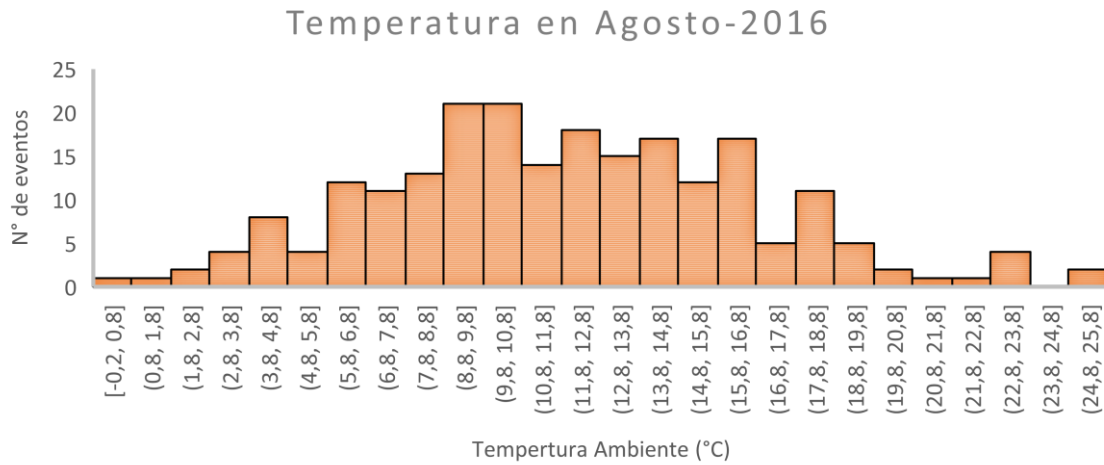


Figura 21. Histograma de la temperatura en el mes 8 del año 2016.

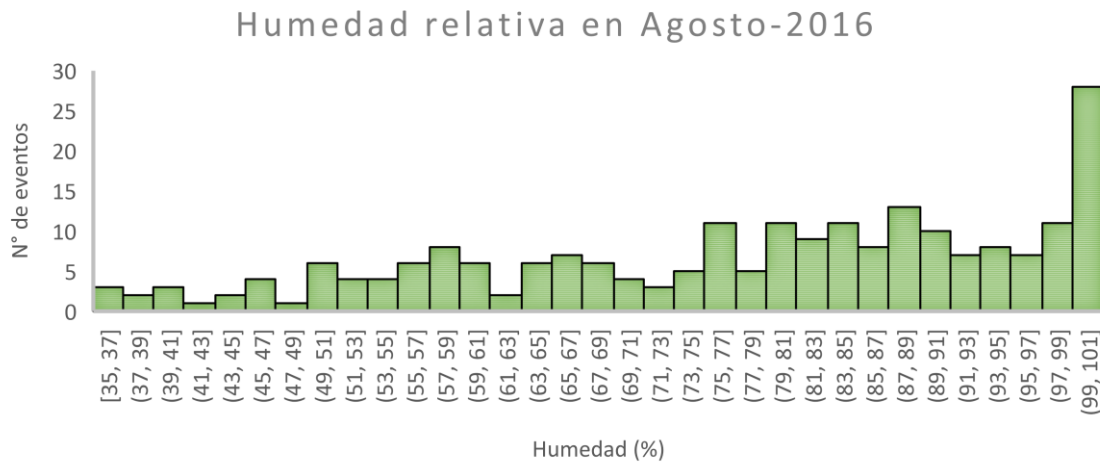


Figura 22. Histograma de la humedad relativa en el mes 8 del año 2016.

| | Cobertura nubosa (decimos) | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) |
|----------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|
| más frecuente | 0-0,25 | 8,8-10,8 | 99-100 |
| promedio | 3,98 | 11,99 | 78,11 |
| moda | 0 | 16,4 | 100 |

Tabla 22. Se muestra el rango de cobertura nubosa, temperatura y humedad relativa más frecuente para el mes 8 del año 2016, así como también el cálculo del promedio y la moda de cada variable.

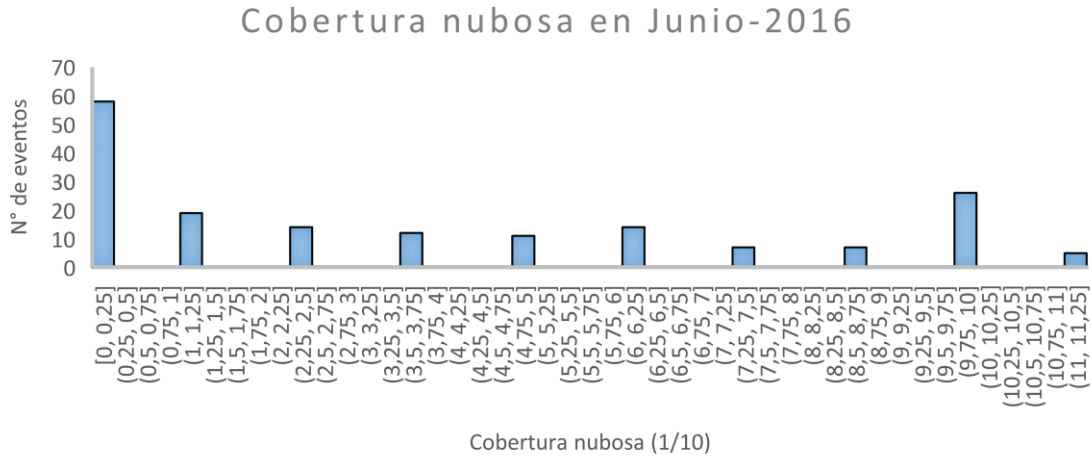


Figura 23. Histograma de la cobertura nubosa en el mes 6 del año 2016.

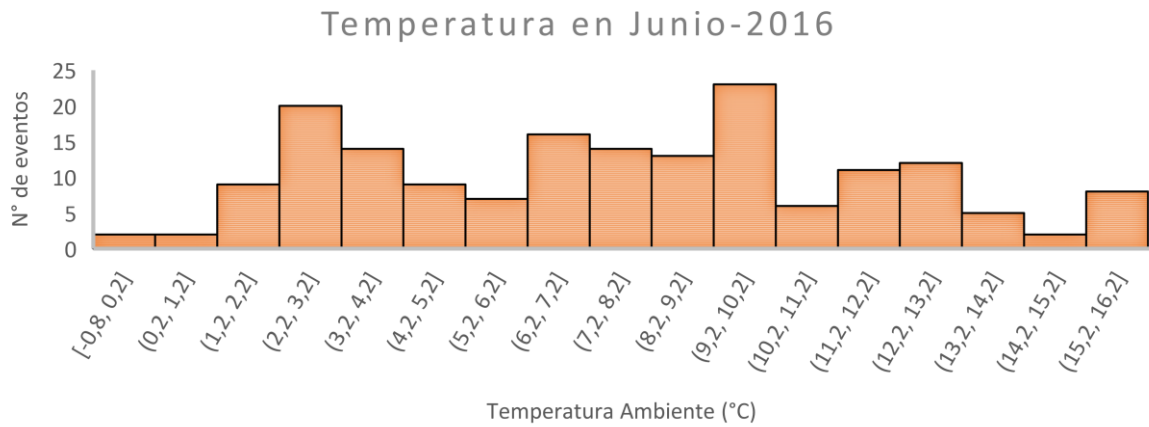


Figura 24. Histograma de la temperatura en el mes 6 del año 2016.

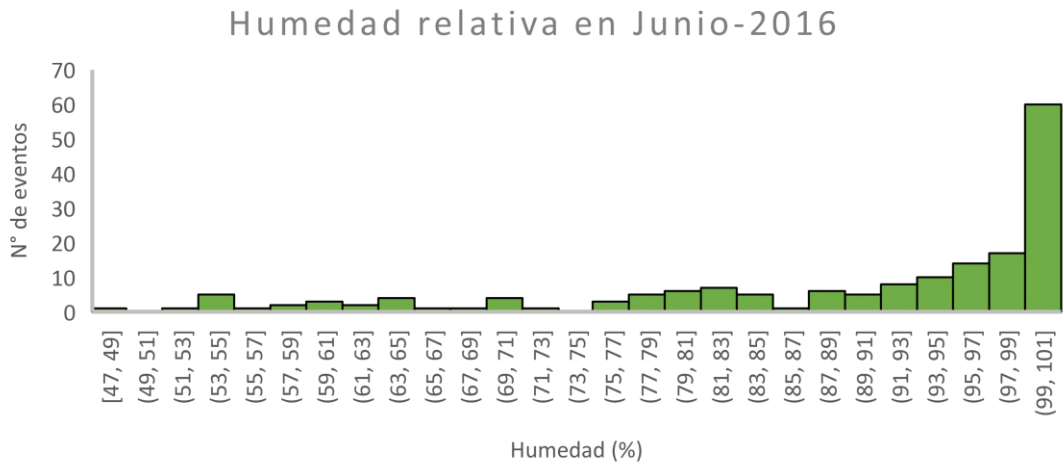


Figura 25. Histograma de la humedad relativa en el mes 6 del año 2016.

| | Cobertura nubosa (décimos) | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| más frecuente | 0-0,25 | 9,2-10,2 | 99-100 |
| promedio | 3,91 | 7,71 | 89,51 |
| moda | 0 | 10 | 100 |

Tabla 23. Se muestra el rango de cobertura nubosa, temperatura y humedad relativa más frecuente para el mes 6 del año 2016, así como también el cálculo del promedio y la moda de cada variable.

En la tabla 24 se muestran las características de los escenarios 9,10,11 y 16, Los mismos presentan una dirección de viento Este.

| Escenario | Año | Dirección del viento | % | Escenario | Clase de estabilidad | Velocidad del viento (m/s) | Mes | Hora | Cobertura nubosa | T amb(°C) | Humedad |
|-----------|------|----------------------|-------|-----------|----------------------|----------------------------|-----|------|------------------|--------------------|----------------------|
| 9 | 2016 | E | 21,03 | EMP | C | [1,6 - 3,4) | 2 | 19 | 0-1,8 0,00 | 23,3-25,2 29,60 | 81-90 85,00 |
| 10 | | | | | D | [3,4 - 5,5) | 10 | 19 | 9,75-10 | 16,4-17,4 | (83-85)(87-93) |
| 11 | | | | | | | | 21 | 10,00 | 16,60 | 84,00 |
| 16 | 2016 | E | 21,03 | EMC | F | [0 - 0,3) | 3 | 8 | 0-0,25 0 | 19,8-20,8 19,1 | (59-61)(93-95) 58 |

Tabla 24. se muestran las características de los escenarios 9,10,11 y 16.

| Velocidad (m/s) | | Frecuencia de estabilidades % | | | | | | Suma de Clase | |
|----------------------------|-------|-------------------------------|------|-------|-------|------|------|---------------|-------------|
| | | A | B | C | D | E | F | | |
| 0,00 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 0,30 | 1,60 | 0,00 | 0,27 | 1,80 | 1,53 | 0,65 | 1,75 | 6,00 | |
| 1,60 | 3,40 | 0,00 | 2,40 | 15,66 | 13,37 | 4,15 | 3,06 | 38,63 | |
| 3,40 | 5,50 | 0,00 | 2,40 | 12,66 | 15,22 | 1,25 | 0,38 | 31,91 | |
| 5,50 | 8,00 | 0,00 | 0,65 | 4,20 | 14,40 | 0,44 | 0,00 | 19,69 | |
| 8,00 | 10,80 | 0,00 | 0,05 | 0,55 | 3,00 | 0,00 | 0,00 | 3,60 | |
| 10,80 | 13,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | |
| 13,90 | 17,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Suma de velocidades | | 0,00 | 5,78 | 34,86 | 47,68 | 6,49 | 5,18 | 100,00 | |
| | | | | | | | | 100 | 100% |

Tabla 25. Matriz de estabilidad para la dirección Este con datos meteorológicos del año 2016 de la estación AERO La Plata (34°58'S 57°54'O).

| MESES | EST. C | EST. C % |
|--------------|------------|--------------|
| 1 | 79 | 4,31 |
| 2 | 80 | 4,36 |
| 3 | 66 | 3,60 |
| 4 | 37 | 2,02 |
| 5 | 48 | 2,62 |
| 6 | 36 | 1,96 |
| 7 | 52 | 2,84 |
| 8 | 46 | 2,51 |
| 9 | 36 | 1,96 |
| 10 | 58 | 3,16 |
| 11 | 39 | 2,13 |
| 12 | 62 | 3,38 |
| Total | 639 | 34,86 |

Tabla 26. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "C" en cada mes del año 2016 para dirección de viento Este.

| MESES | EST. D | EST. D % |
|--------------|------------|--------------|
| 1 | 101 | 5,51 |
| 2 | 73 | 3,98 |
| 3 | 46 | 2,51 |
| 4 | 97 | 5,29 |
| 5 | 53 | 2,89 |
| 6 | 43 | 2,35 |
| 7 | 73 | 3,98 |
| 8 | 28 | 1,53 |
| 9 | 76 | 4,15 |
| 10 | 179 | 9,77 |
| 11 | 64 | 3,49 |
| 12 | 41 | 2,24 |
| Total | 874 | 47,68 |

Tabla 27. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "D" en cada mes del año 2016 para dirección de viento Este.

| MESES | EST. F | EST. F % |
|--------------|-----------|-------------|
| 1 | 8 | 0,44 |
| 2 | 8 | 0,44 |
| 3 | 13 | 0,71 |
| 4 | 5 | 0,27 |
| 5 | 7 | 0,38 |
| 6 | 11 | 0,60 |
| 7 | 6 | 0,33 |
| 8 | 9 | 0,49 |
| 9 | 12 | 0,65 |
| 10 | 8 | 0,44 |
| 11 | 5 | 0,27 |
| 12 | 3 | 0,16 |
| Total | 95 | 5,18 |

Tabla 28. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "F" en cada mes del año 2016 para dirección de viento Este.

Frecuencia de Estabilidad (%) vs Meses

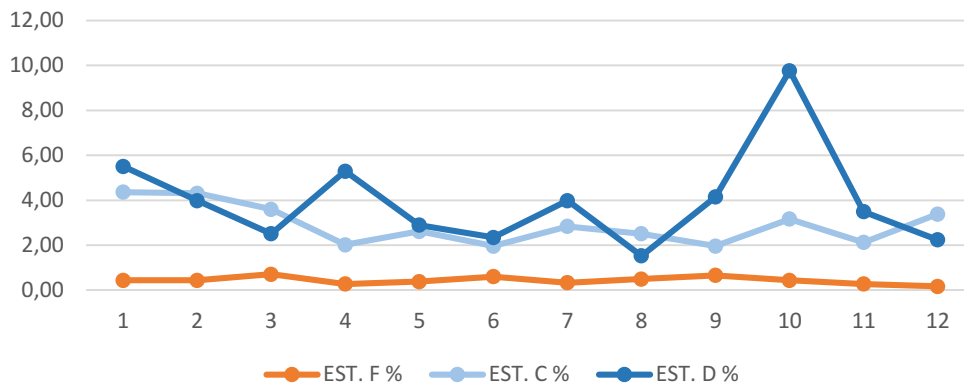


Figura 26. Gráficos de "Frecuencia de estabilidad porcentual vs Meses" para dos estabilidades más probables (C y D) y una más conservadora(F) para viento Este del año 2016.

| HORAS | EST. C | EST. C % |
|--------------|------------|--------------|
| 0 | 33 | 1,80 |
| 1 | 3 | 0,16 |
| 2 | 0 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 |
| 4 | 0 | 0,00 |
| 5 | 0 | 0,00 |
| 6 | 0 | 0,00 |
| 7 | 0 | 0,00 |
| 8 | 4 | 0,22 |
| 9 | 19 | 1,04 |
| 10 | 17 | 0,93 |
| 11 | 28 | 1,53 |
| 12 | 35 | 1,91 |
| 13 | 21 | 1,15 |
| 14 | 25 | 1,36 |
| 15 | 33 | 1,80 |
| 16 | 39 | 2,13 |
| 17 | 45 | 2,45 |
| 18 | 53 | 2,89 |
| 19 | 70 | 3,82 |
| 20 | 65 | 3,55 |
| 21 | 56 | 3,06 |
| 22 | 47 | 2,56 |
| 23 | 46 | 2,51 |
| Total | 639 | 34,86 |

Tabla 29. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "C" a cada hora en 2016 para dirección de viento Este.

| HORAS | EST. D | EST. D % |
|--------------|------------|--------------|
| 0 | 30 | 1,64 |
| 1 | 36 | 1,96 |
| 2 | 37 | 2,02 |
| 3 | 26 | 1,42 |
| 4 | 23 | 1,25 |
| 5 | 30 | 1,64 |
| 6 | 22 | 1,20 |
| 7 | 23 | 1,25 |
| 8 | 24 | 1,31 |
| 9 | 19 | 1,04 |
| 10 | 24 | 1,31 |
| 11 | 27 | 1,47 |
| 12 | 32 | 1,75 |
| 13 | 32 | 1,75 |
| 14 | 46 | 2,51 |
| 15 | 44 | 2,40 |
| 16 | 45 | 2,45 |
| 17 | 47 | 2,56 |
| 18 | 52 | 2,84 |
| 19 | 57 | 3,11 |
| 20 | 55 | 3,00 |
| 21 | 55 | 3,00 |
| 22 | 51 | 2,78 |
| 23 | 37 | 2,02 |
| Total | 874 | 47,68 |

Tabla 30. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "D" a cada hora en 2016 para dirección de viento Este.

| HORAS | EST. F | EST. F % |
|--------------|-----------|-------------|
| 0 | 8 | 0,44 |
| 1 | 10 | 0,55 |
| 2 | 7 | 0,38 |
| 3 | 7 | 0,38 |
| 4 | 11 | 0,60 |
| 5 | 6 | 0,33 |
| 6 | 9 | 0,49 |
| 7 | 12 | 0,65 |
| 8 | 14 | 0,76 |
| 9 | 3 | 0,16 |
| 10 | 2 | 0,11 |
| 11 | 1 | 0,05 |
| 12 | 0 | 0,00 |
| 13 | 0 | 0,00 |
| 14 | 0 | 0,00 |
| 15 | 0 | 0,00 |
| 16 | 0 | 0,00 |
| 17 | 0 | 0,00 |
| 18 | 0 | 0,00 |
| 19 | 0 | 0,00 |
| 20 | 0 | 0,00 |
| 21 | 0 | 0,00 |
| 22 | 0 | 0,00 |
| 23 | 5 | 0,27 |
| Total | 95 | 5,18 |

Tabla 31. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "F" a cada hora en 2016 para dirección de viento Este.

Frecuencia de Estabilidades(%) vs Hora

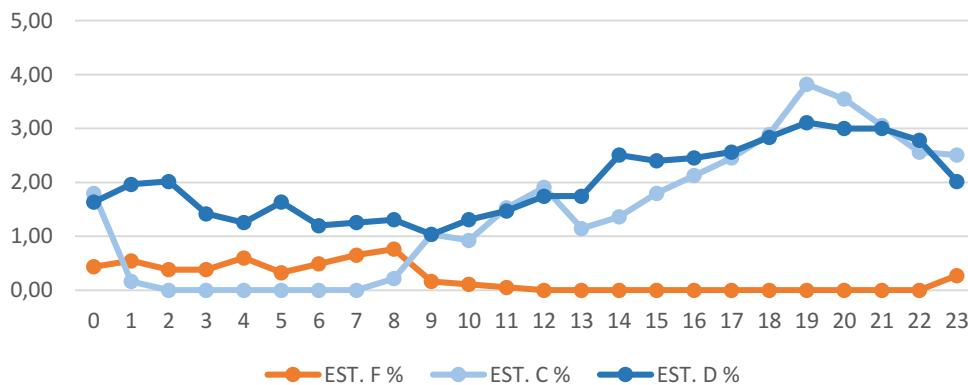


Figura 27. Gráficos de "Frecuencia de estabilidad porcentual vs Horas" para dos estabilidades más probables (C y D) y una más conservadora(F), para viento Este del 2016.

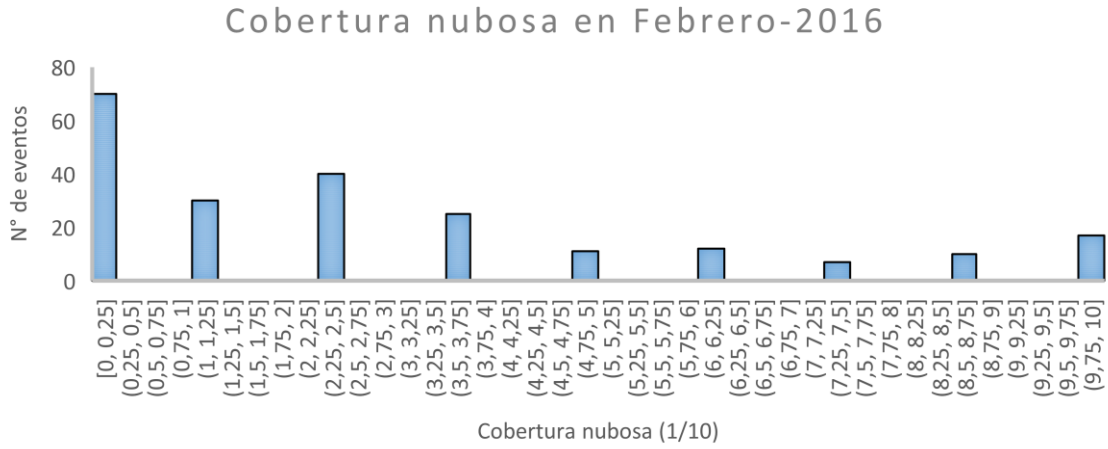


Figura 28. Histograma de la cobertura nubosa en el mes 2 del año 2016.

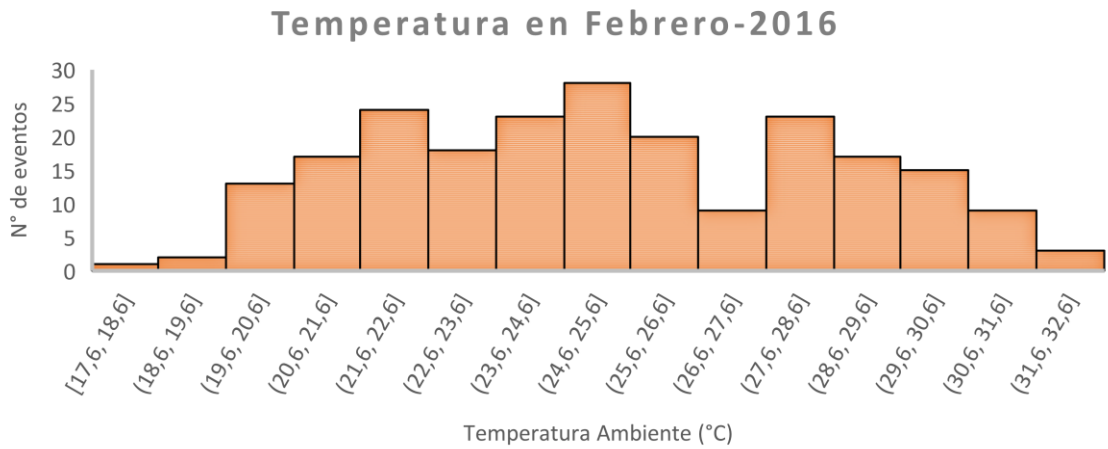


Figura 29. Histograma de la temperatura en el mes 2 del año 2016.

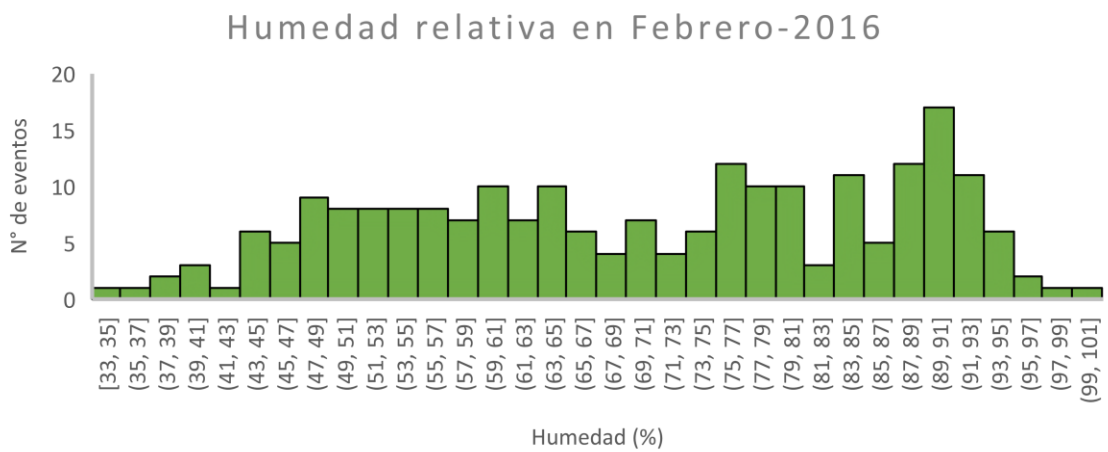


Figura 30. Histograma de la humedad relativa en el mes 2 del año 2016.

| | Cobertura nubosa (décimos) | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) |
|----------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|
| más frecuente | 0-1,8 | 23,3-25,2 | 81-90 |
| promedio | 3,02 | 25,35 | 70,52 |
| moda | 0 | 29,6 | 85 |

Tabla 32. Se muestra el rango de cobertura nubosa, temperatura y humedad relativa más frecuente para el mes 2 del año 2016, así como también el cálculo del promedio y la moda de cada variable.

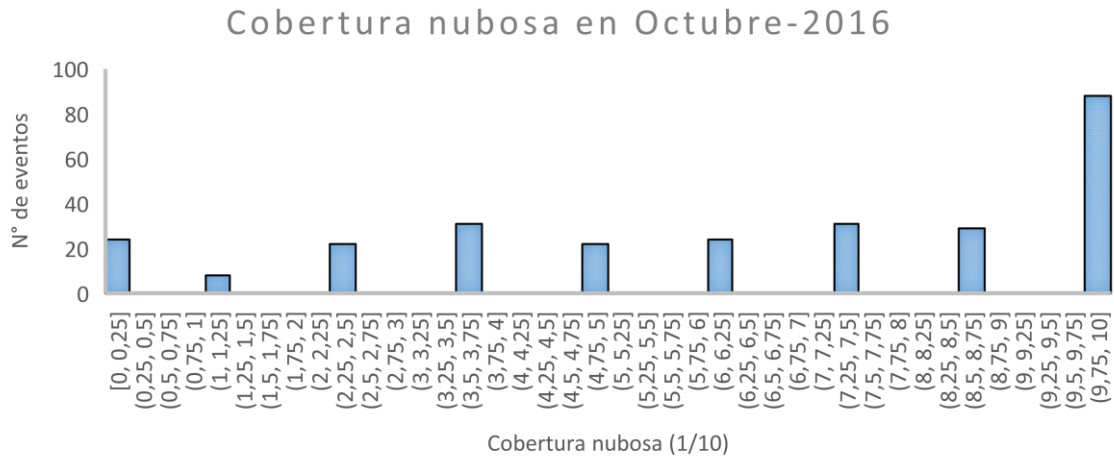


Figura 31. Histograma de la cobertura nubosa en el mes 10 del año 2016.

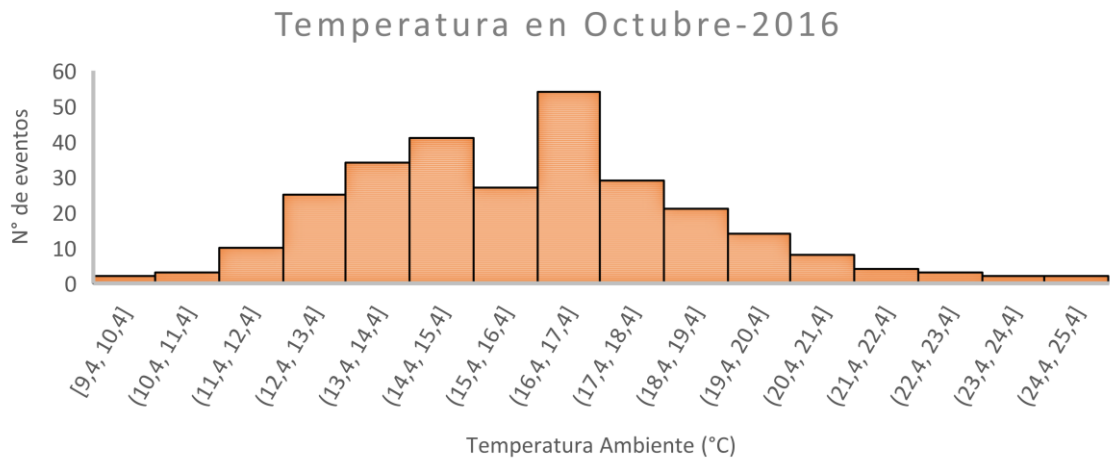


Figura 32. Histograma de la temperatura en el mes 10 del año 2016.

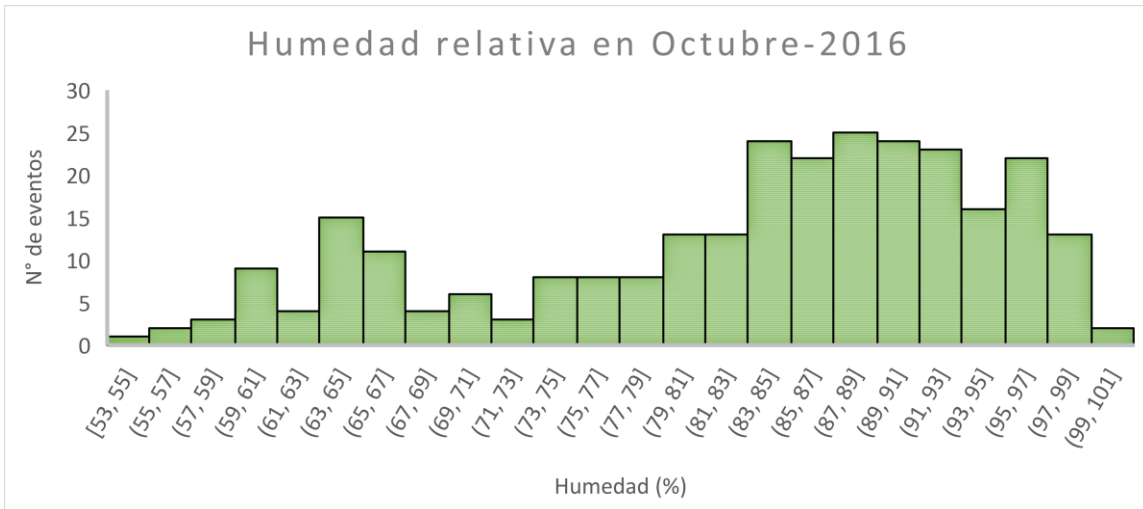


Figura 33. Histograma de la humedad relativa en el mes 10 del año 2016.

| | Cobertura nubosa (décimos) | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) |
|----------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|
| más frecuente | 9,75-10 | 16,4-17,4 | (83-85)(87-93) |
| promedio | 6,48 | 16,30 | 83,36 |
| moda | 10 | 16,6 | 84 |

Tabla 33. Se muestra el rango de cobertura nubosa, temperatura y humedad relativa más frecuente para el mes 10 del año 2016, así como también el cálculo del promedio y la moda de cada variable.

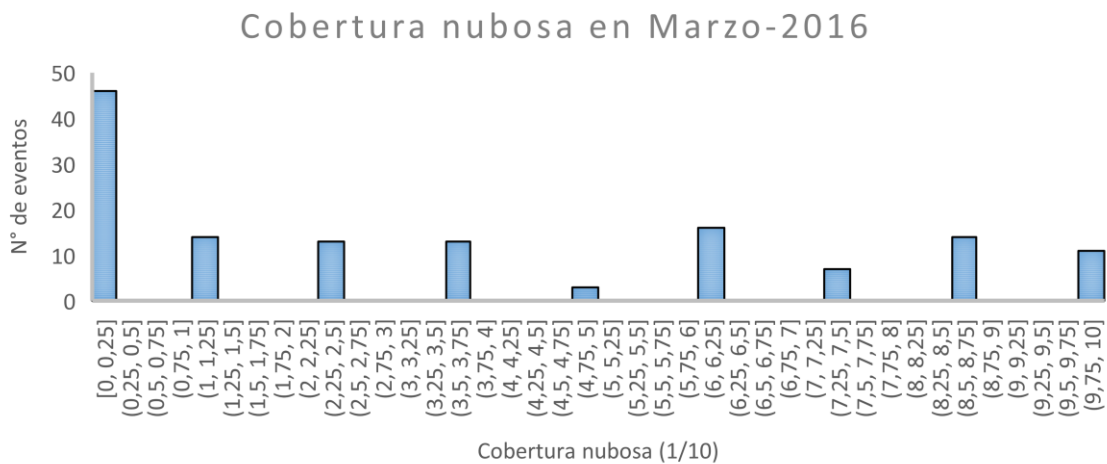


Figura 34. Histograma de la cobertura nubosa en el mes 3 del año 2016.

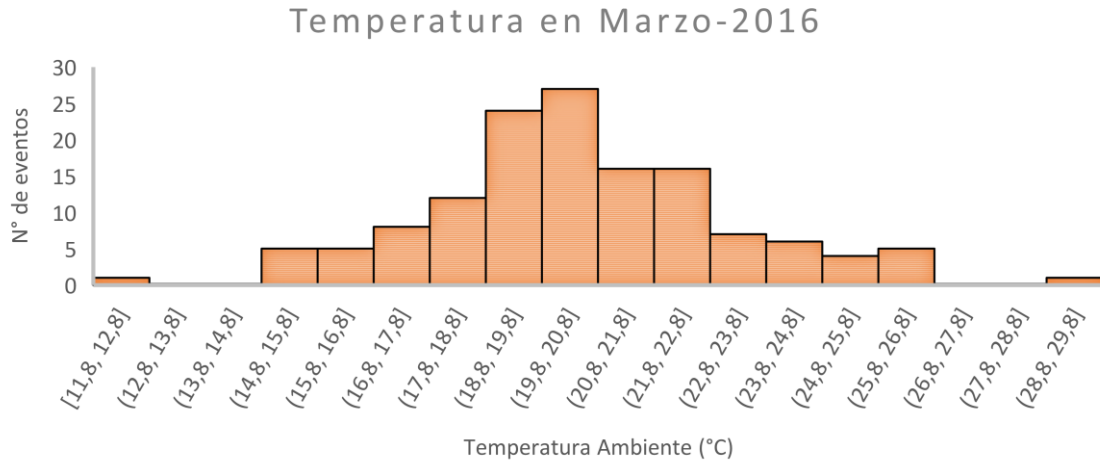


Figura 35. Histograma de la temperatura en el mes 3 del año 2016.

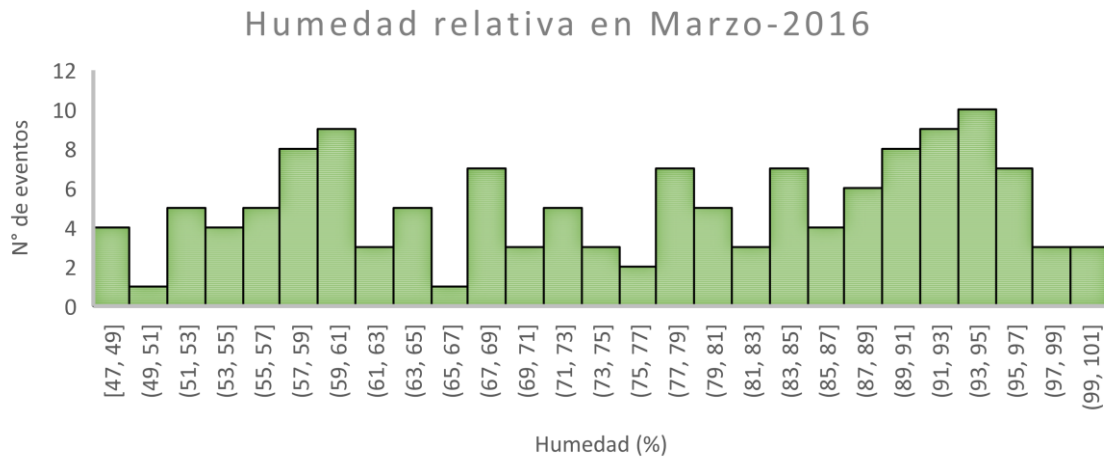


Figura 35. Histograma de la humedad relativa en el mes 3 del año 2016.

| | Cobertura nubosa (décimos) | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) |
|----------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|
| más frecuente | 0-0,25 | 19,8-20,8 | (59-61)(93-95) |
| promedio | 3,64 | 20,54 | 76,36 |
| moda | 0 | 19,1 | 58 |

Tabla 34. Se muestra el rango de cobertura nubosa, temperatura y humedad relativa más frecuente para el mes 3 del año 2016, así como también el cálculo del promedio y la moda de cada variable.

^ AÑO 2017

En la tabla 35 se muestran las características de los escenarios 12 y 17.

| Escenario | Año | Dirección del viento | % | Escenario | Clase de estabilidad | Velocidad del viento (m/s) | Mes | Hora | Cobertura nubosa | T amb(°C) | Humedad |
|-----------|------|----------------------|-------|-----------|----------------------|----------------------------|-----|------|------------------|--------------------|----------------------|
| 12 | 2017 | N | 23,05 | EMP | C | [1,6 - 3,4) | 1 | 8 | 0-2 0 | 25,7- 26,7 25,4 | (64-66)(70-74) 59 |
| 17 | 2017 | N | 23,05 | EMC | F | [0 - 0,3) | 8 | 22 | 0-0,25 0 | 14,8-15,8 13,6 | 98-100 100 |

Tabla 35. se muestran las características de los escenarios 12 y 17.

| Velocidad (m/s) | | Frecuencia de estabilidades % | | | | | | Suma de Clase |
|----------------------------|--------------|-------------------------------|-------|--------------|-------|------|--------------|---------------|
| | | A | B | C | D | E | F | |
| 0,00 | 0,30 | 0,05 | 8,77 | 0,00 | 3,02 | 0,00 | 16,84 | 28,68 |
| 0,30 | 1,60 | 0,00 | 1,63 | 0,00 | 0,69 | 0,00 | 2,43 | 4,75 |
| 1,60 | 3,40 | 0,00 | 1,88 | 17,48 | 5,05 | 5,45 | 4,85 | 34,72 |
| 3,40 | 5,50 | 0,00 | 1,19 | 10,05 | 11,74 | 1,98 | 0,00 | 24,96 |
| 5,50 | 8,00 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 5,84 | 0,00 | 0,00 | 6,19 |
| 8,00 | 10,80 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 0,69 |
| 10,80 | 13,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 13,90 | 17,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Suma de velocidades | | 0,05 | 13,47 | 27,93 | 26,99 | 7,43 | 24,12 | 100,00 |
| | | | | | | | 100 | 100% |

Tabla 36. Matriz de estabilidad para la dirección Este con datos meteorológicos del año 2016 de la estación AERO La Plata (34°58'S 57°54'O).

| MESES | EST. C | EST. C % |
|--------------|------------|--------------|
| 1 | 84 | 4,16 |
| 2 | 43 | 2,13 |
| 3 | 32 | 1,58 |
| 4 | 39 | 1,93 |
| 5 | 38 | 1,88 |
| 6 | 58 | 2,87 |
| 7 | 47 | 2,33 |
| 8 | 55 | 2,72 |
| 9 | 21 | 1,04 |
| 10 | 19 | 0,94 |
| 11 | 58 | 2,87 |
| 12 | 70 | 3,47 |
| Total | 564 | 27,93 |

Tabla 37. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "C" en cada mes del año 2017 para dirección de viento Norte.

| MESES | EST. F | EST. F % |
|--------------|------------|--------------|
| 1 | 25 | 1,24 |
| 2 | 49 | 2,43 |
| 3 | 36 | 1,78 |
| 4 | 49 | 2,43 |
| 5 | 44 | 2,18 |
| 6 | 47 | 2,33 |
| 7 | 16 | 0,79 |
| 8 | 56 | 2,77 |
| 9 | 31 | 1,54 |
| 10 | 43 | 2,13 |
| 11 | 53 | 2,63 |
| 12 | 38 | 1,88 |
| Total | 487 | 24,12 |

Tabla 38. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli "F" en cada mes del año 2017 para dirección de viento Norte.

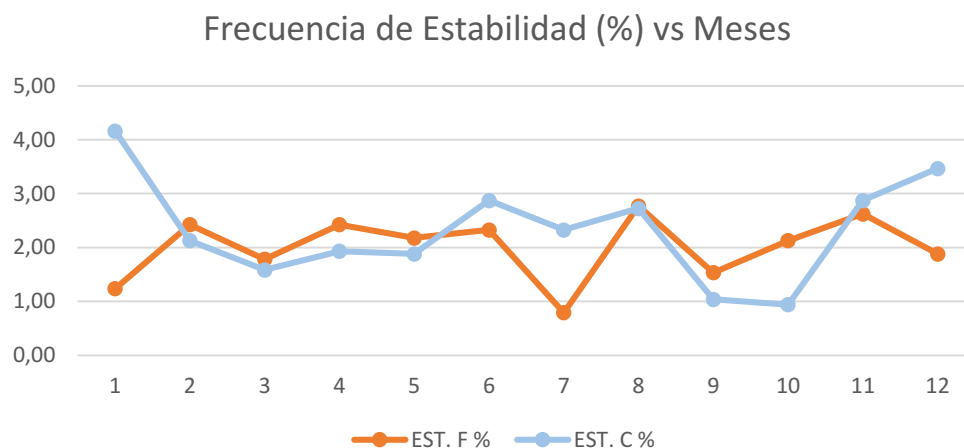


Figura 36. Gráficos de “Frecuencia de estabilidad porcentual vs Meses” para una estabilidad más probables (C) y una más conservadora(F) para viento Norte del año 2017.

| HORAS | EST. C | EST. C % |
|--------------|------------|--------------|
| 0 | 0 | 0,00 |
| 1 | 0 | 0,00 |
| 2 | 0 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 |
| 4 | 0 | 0,00 |
| 5 | 9 | 0,45 |
| 6 | 19 | 0,94 |
| 7 | 36 | 1,78 |
| 8 | 50 | 2,48 |
| 9 | 39 | 1,93 |
| 10 | 39 | 1,93 |
| 11 | 36 | 1,78 |
| 12 | 30 | 1,49 |
| 13 | 38 | 1,88 |
| 14 | 36 | 1,78 |
| 15 | 40 | 1,98 |
| 16 | 42 | 2,08 |
| 17 | 42 | 2,08 |
| 18 | 40 | 1,98 |
| 19 | 36 | 1,78 |
| 20 | 20 | 0,99 |
| 21 | 11 | 0,54 |
| 22 | 1 | 0,05 |
| 23 | 0 | 0,00 |
| Total | 564 | 27,93 |

Tabla 29. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli “C” a cada hora en 2017 para dirección de viento Norte

| HORAS | EST. F | EST. F % |
|--------------|------------|--------------|
| 0 | 46 | 2,28 |
| 1 | 54 | 2,67 |
| 2 | 61 | 3,02 |
| 3 | 64 | 3,17 |
| 4 | 52 | 2,58 |
| 5 | 42 | 2,08 |
| 6 | 22 | 1,09 |
| 7 | 3 | 0,15 |
| 8 | 0 | 0,00 |
| 9 | 0 | 0,00 |
| 10 | 0 | 0,00 |
| 11 | 0 | 0,00 |
| 12 | 0 | 0,00 |
| 13 | 0 | 0,00 |
| 14 | 0 | 0,00 |
| 15 | 0 | 0,00 |
| 16 | 0 | 0,00 |
| 17 | 0 | 0,00 |
| 18 | 0 | 0,00 |
| 19 | 0 | 0,00 |
| 20 | 11 | 0,54 |
| 21 | 24 | 1,19 |
| 22 | 57 | 2,82 |
| 23 | 51 | 2,53 |
| Total | 487 | 24,12 |

Tabla 29. Muestra la frecuencia de la estabilidad de Pasquilli “C” a cada hora en 2017 para dirección de viento Norte

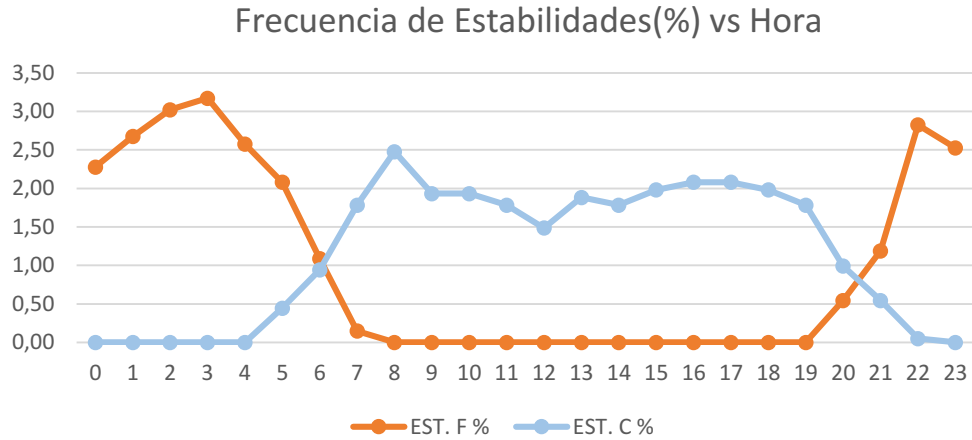


Figura 37. Gráficos de “Frecuencia de estabilidad porcentual vs Horas” para una estabilidad más probable (C) y una más conservadora(F), para viento Norte del 2017.

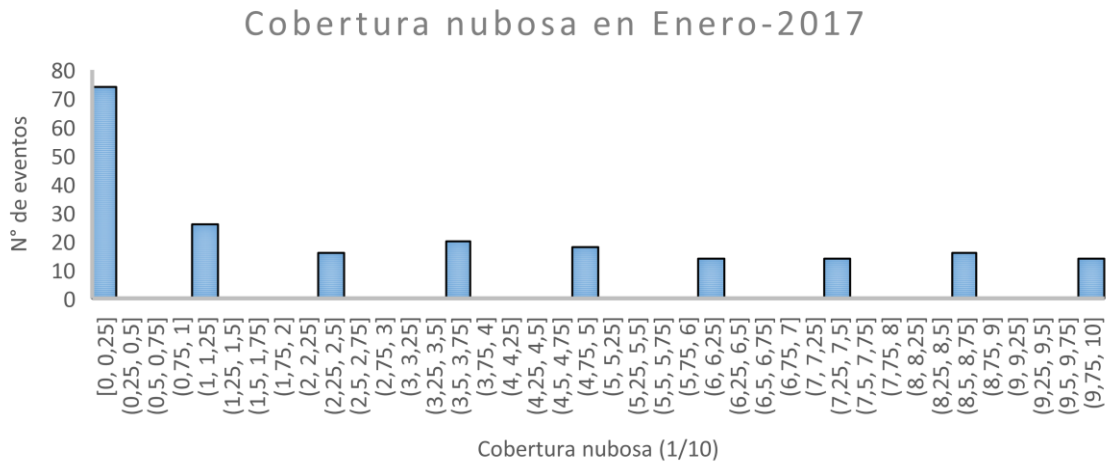


Figura 38. Histograma de la cobertura nubosa en el mes 1 del año 2017.

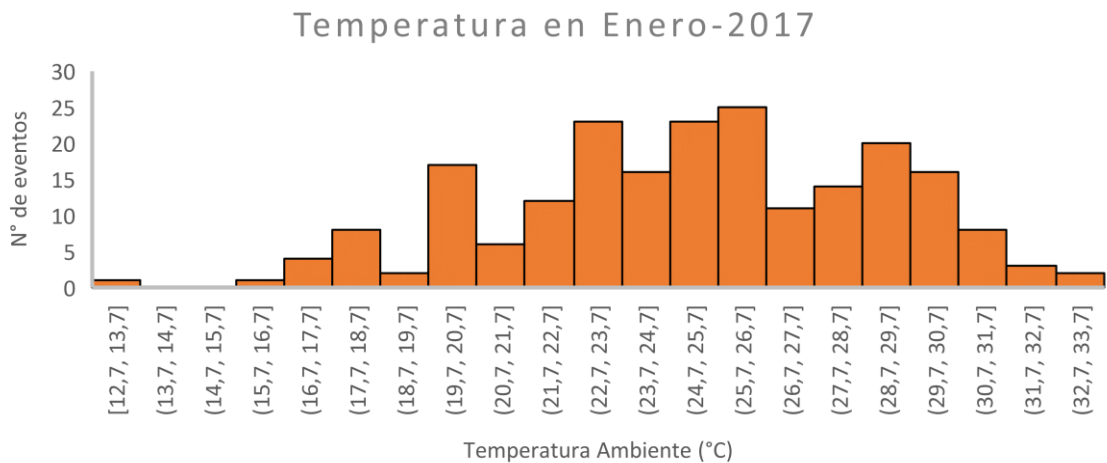


Figura 34. Histograma de la temperatura en el mes 1 del año 2017.

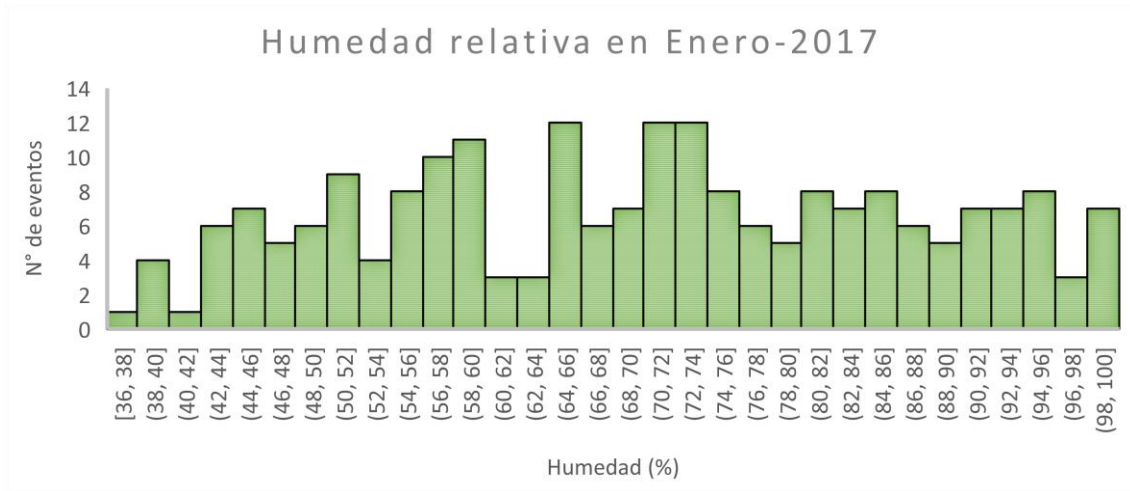


Figura 35. Histograma de la humedad relativa en el mes 1 del año 2017.