



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

Instituto de Arquitectura Diseño y Arte

**Análisis de áreas susceptibles a riesgos químicos por  
gaseras y gasolineras de ciudad Cuauhtémoc  
Chihuahua: Evaluación mediante técnicas de Sistemas  
de Información Geográfica.**

Proyecto de titulación que presenta:

Javier Enríquez Domínguez

Como requisito parcial para obtener el grado de

Licenciado en Geoinformática

Cd. Cuauhtémoc, Chih.

Mayo del 2013

Esta tesis fue aceptada por la academia del programa de Geoinformática de la Universidad Autónoma de Cd. Juárez como requisito parcial para optar al grado Licenciado en Geoinformática

---

M.I. Hugo Luis Rojas Villalobos  
Director de Tesis

---

Dr. Luis Carlos Bravo Peña  
Sinodal Titular

---

M.C. Lara Cecilia Wiebe Quintana  
Sinodal Titular

---

Dr. Luis Carlos Alatorre Cejudo  
Sinodal Titular

## **DEDICATORIA**

A mi familia, porque creyeron en mí, a mi madre porque me sacó adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ella, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvo impulsándome en todo momento, y porque el orgullo que siente por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. A mi padre, porque admiro su fortaleza y por lo que ha hecho de mí, porque siempre me guio por el buen camino y me enseno a hacer responsable de mis actos.

A mi hijo, que lleno nuestras vidas de ilusión y junto con ella la dicha de comprender lo que significa la palabra: Papá. Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

En el presente trabajo de tesis me gustaría agradecer a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi director de tesis, Mtro. Hugo Luis Rojas Villalobos por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores del departamento de Geoinformática que durante toda mi carrera profesional todos han aportado con un granito de arena a mi formación, por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles como a mis compañeros por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos buenos y difíciles de la carrera.

## Análisis de áreas susceptibles a riesgos químicos por gaseras y gasolineras de ciudad Cuauhtémoc Chihuahua: Evaluación mediante técnicas de Sistemas de Información Geográfica.

**RESUMEN.** El alto riesgo de explosión y daños colaterales que pueden generar las instalaciones de gaseras y gasolineras en Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, motivó el desarrollo de este estudio. Se identificaron las gaseras y gasolineras que no cumplen con la Norma Oficial Mexicana, y se localizaron las escuelas y centros de concentración social que puedan ser afectados por una explosión. Así mismo, se ubicaron los servicios de auxilio como bomberos, Cruz Roja, Protección Civil, Tránsito, hospitales y Seguridad Pública y se identificaron las rutas críticas que los servicios de emergencia pueden utilizar para llegar a las zonas identificadas como de alto riesgo. Se construyó una base de datos con las instalaciones de gaseras y gasolineras y que contienen la información de los tanques de almacenamiento de los hidrocarburos y las características de dichas instalaciones. Se identificaron las zonas de riesgo establecidas

la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-124-ECOL-1999. Existen 2 escuelas en un rango de peligro de 40 a 90 metros en las cuales existen 454 estudiantes en riesgo. Existe una iglesia al igual que un cinema que se encuentran en un rango de 35 a 50 metros con probabilidad riesgo de explosión. Se encontraron que dos gasolineras y gaseras se encuentran en un rango mínimo de los 100 metros. Por último se encontró que el único centro de distribución de hidrocarburos de PEMEX se encuentra en condiciones inestables debido a que no cuenta con medidas de alta seguridad para la población y tiene un volumen alto de almacenamiento y que representa un alto riesgo para la ciudadanía.

**Palabras clave:** Riesgos químicos, zonas de influencia, Protección Civil, población, Normas Oficiales Mexicanas.

## Analysis of chemical hazard prone areas by city gas companies and gas stations Cuauhtémoc Chihuahua: Evaluation techniques using Geographic Information Systems.

**ABSTRACT.** High explosion risk and collateral damage that can generate gasoline and gas stations in Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, motivated the development of this study. Were identified gasoline and gas stations that do not meet the Official Mexican Standard, as well as schools and social concentration that may be affected by an explosion. Also, were located emergency services such as firefighters, Red Cross, Civil Defense, Traffic, hospitals and Public Safety, and at the same time the critical paths that emergency services can use to get to the areas identified as high risk were designed. A database of facilities and gas companies and gas stations was built containing information such as oil storage tanks and the characteristics

of such facilities. Risk areas were located using PROY-NOM-124-ECOL-1999 Standard. There are 2 schools in a range of risk from 40 to 90 meters in which there are 454 students in risk. There is a church and a cinema that are in a range of 35 to 50 meters with explosion hazard probability. There are two gas stations and gas companies that are at a minimum range of 100 meters. Finally the oil distribution center of PEMEX is in unstable status due to its poorly based security standards to protect population and it has large storages of fuel which represents a high risk feature.

**Keywords:** Chemical, areas of influence, Civil Protection, population, Mexican Official Standards.

## 1 INTRODUCCIÓN.

En los últimos años la relación entre las poblaciones y su crecimiento acelerado, ha tenido como consecuencia una mala organización para la construcción de colonias para casa habitación, escuelas, hospitales, las cuales son establecidas en ubicaciones que ponen en riesgo a la población, con respecto a los establecimientos de distribuidores de combustibles (SEDESOL, 2003).

Cada uno de estos tiene normas y reglas a seguir para su establecimiento, desafortunadamente en muchas ocasiones no se respetan. Debido al crecimiento de la población, la ciudad tiende a expandirse muy rápido, con la construcción de colonias que rodean establecimientos de gasolineras y gaseras, quedando en riesgo de algún peligro como una explosión o derrame químico.

Como un ejemplo de un mal seguimiento de procesos de seguridad está lo sucedido el mes de septiembre del 2012 en las instalaciones de la planta de gas de Pemex en Reynosa, Tamaulipas, hubo una fuga de gas con el que se trabajan ocasionando con esto una gran explosión teniendo como consecuencia pérdidas humanas y económicas.

Es muy poca la consideración que los departamentos de gobierno encargados de la planeación del territorio tienen hacia estos riesgos para mejorar el manejo de peligros químicos, estos riesgos han ido creciendo en gran cantidad, contrariamente a lo que ocurre con las medidas de protección.

Para poder enfrentar los riesgos es necesario tener el conocimiento básico del manejo de sustancias químicas, el tipo de almacenamiento y su uso, el desarrollo de tecnologías que nos pueda ayudar en el manejo, para conocer los peligros a los que

se están expuestos y como se pueden evitar antes y actuar después del desastre, crear escenarios y simulaciones los cuales sean útiles para las diversas organizaciones que actuarán en el momento como Protección Civil, Transito, paramédicos, Bomberos, Policía, que darán apoyo a la población, para que este mejor preparada y actué de manera organizada en cualquier situación de peligro, que permita prevenir y mitigar antes de la ocurrencia de algún fenómeno (DPIRDM, 2001).

Los estudios de riesgos deben estar sujetos a cambios y evaluación constante, ya que continuamente hay cambios en el crecimiento de la ciudad, lo cual ocasiona modificaciones en la configuración de las ciudades y los peligros que causa para la población.

Particularmente importantes son los efectos del crecimiento demográfico y de la industrialización que modifican e incrementan el riesgo (CENAPRED, 2001).

El rápido crecimiento de población, la expansión urbana y el crecimiento económico, todo esto ha llevado a una mala planeación urbana en Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua. Existen problemáticas en la construcción de colonias, escuelas, iglesias y centros sociales, que tienen una relación de peligro por la cercanía con el establecimiento de distribución o almacenamiento de químicos, sin tener algún tipo de prevención o cuidado, estando seriamente expuestos a algún evento desastroso, por lo cual es importante la elaboración de un análisis mediante estudios de las zonas y elaboración de mapas en toda la traza urbana que nos permita identificar instalaciones en riesgo, y dar una breve evaluación de la gravedad del problema, identificando cuáles serían los niveles de riesgo e impacto en las diferentes construcciones, y la capacidad que tienen de ser afectada, la población expuesta y minimizar el problema al que se expone.

La implementación de la metodología propuesta en este documento y con ayuda del uso de sistemas de información geográfica (SIG), permitirá la administración de información espacial con la que se cuenta y la que se tendrá que recopilar, con la capacidad de actualizar y modificar la información de los mapas, y un uso de bases de datos geográfica más eficiente permitiendo tener organizada toda la información y dar respuesta inmediata en la toma de decisiones importantes.

## ANTECEDENTES

Los desastres antropogénicos están presentes en una gran mayoría de las situaciones y en muchos sitios que son afectados, por lo que las diferentes instituciones gubernamentales y grupos sociales se han dado a la tarea de buscar soluciones en la mitigación de los peligros en que se ven afectada la población y las edificaciones en el área de peligro (Barreto, 2005).

Se ha experimentado que con los avances científicos y tecnológicos se ha conseguido un control de los riesgos adquiriendo experiencia implementando los mapas de riesgo y mitigando los desastres actuando con más eficacia (Barreto, 2005).

Existen distintas instituciones que investigan las diferentes problemáticas como la que se plantea en este estudio que aportan gran cantidad de información que son a nivel internacional, nacional y local. Algunas de las organizaciones como: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de Naciones Unidas (EDRI/ONU), Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), National Fire Protection Association (NFPA), US Environmental Protection Agency (EPA), Federal Emergency Management Agency (FEMA).

El impacto de los desastres en las actividades humanas ha sido un tema tratado en los últimos años en un amplio número de publicaciones desarrolladas por diversas

instituciones. La mayor de las publicaciones con relación a este tema, hablan principalmente de los desastres y cómo prevenirlos, como lo es la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (CENAPRED, 2004).

Según la Secretaria de Energía conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEDG-2004 (Estaciones de gas L.P. para carburación, Diseño y construcción 2005) y la NOM-002-SESH-2009 (Bodegas de distribución de Gas L.P. Diseño, construcción, operación y condiciones de seguridad), este documento considera, que es responsabilidad del Gobierno Federal establecer las medidas de seguridad necesarias a fin de asegurar que las instalaciones de aprovechamiento de Gas L.P. no constituyan un riesgo para la seguridad de las personas o dañen a la salud de las mismas. La cual indica en los apartados:

### 3.14 Lugar de la estación.

Perímetro de la superficie de la estación de gas L.P. limitada por las separaciones correspondientes, indicadas en el plano respectivo.

### 3.15 Lugar de reunión.

Cualquier espacio abierto o construcción de un inmueble para la reunión de 100 o más personas simultáneamente con propósitos educativos, religiosos o deportivos, así como establecimientos con 30 o más plazas donde se consumos alimento o bebidas.

#### 5.1.1 Civil.

Inciso H) Planométrico, indicando las construcciones y actividades existentes en un radios de 30m a partir de las tangentes de los recipientes de almacenamiento, y que dentro de este radio no existen centros hospitalarios, educativos o de reunión. Esto solo aplica en estaciones comerciales.

La Secretaria de Economía, por conducto de la Dirección General de Normas, con fundamentos en los artículos mencionados dentro de la Norma Oficial Mexicana

PROY-NOM-124-ECOL-1999, establece las especificaciones de protección ambiental para el diseño, construcción, operación, seguridad y mantenimiento de los diferentes tipos de estaciones de servicio.

La Norma Oficial Mexicana NOM-005-SCFI-2005, que se refiere a los instrumentos de medición-Sistemas para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos-Especificaciones, métodos de prueba y verificación, indica que siendo responsabilidad del Gobierno Federal procurar las medidas que sean necesarias para garantizar que los instrumentos de medición que se comercialicen en territorio nacional sean seguros y exactos, con el propósito de que presten un servicio adecuado conforme a sus cualidades metodológicas, y aseguren la exactitud de las mediciones que se realicen en las transacciones comerciales.

En el apartado:

4. Requerimientos y especificaciones para el establecimiento de estaciones como gasera y gasolineras.

#### 4.1 Selección de sitios

Para el establecimiento y operación de Estaciones de Servicio y de Autoconsumo, el predio y las instalaciones deben cumplir con los siguientes requerimientos.

4.1.1 El área de despacho de combustible, debe estar a una distancia de resguardo mínima de 15 metros medidos a partir del eje del dispensario, con respecto a lugares de concentración pública, del sistema de transporte colectivo (metro) o su equivalente en cualquier parte del territorio nacional u otros usos urbanos.

4.1.2 El predio debe estar a una distancia de resguardo mínima de 100 metros con respecto a actividades clasificadas de alto riesgo, tomando como referencia al Primer y Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992, respectivamente. La distancia respecto a Plantas de Almacenamiento y

Distribución de Gas L.P., se tomará desde los tanques de almacenamiento localizados dentro de dicha planta de gas, hacia el límite del predio propuesto para la Estación de Servicio.

## JUSTIFICACIÓN

La ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua tiene un crecimiento generado por diferentes factores como el crecimiento de la población, económico y territorial, que tienen un ritmo evolutivo muy acelerado, Según el último censo del INEGI 2010, el total de población en el Municipio de Cuauhtémoc asciende a 154 mil 527 habitantes; 30 mil más que en el 2005. El crecimiento poblacional de Cuauhtémoc duplicó su velocidad, considerando que en el censo del 2000 la población total era de 124,378. Del 2000 al 2005 tuvo una tasa de crecimiento del 8.37% y entre 2005 y 2010, aumentó al 14.65%. Como consecuencia no a tiene una buena planificación del territorio como la ubicación de centros sociales que quedan expuestos, es necesario tomar las medidas necesarias para minimizar los riesgos que puedan causar daños materiales, pérdidas económicas y humanas.

## OBJETIVOS

### General

- Generar mapas de riesgos para la prevención y mitigación, identificando los peligros potenciales que generan las instalaciones de gas y gasolina a los que está expuesta la población y la infraestructura urbana.

### Específicos

- Proponer una escala de riesgo en función de los peligros existentes y riesgos a la que la población y las edificaciones están expuestas derivados de la cercanía que tienen con las gaseras y gasolineras.

- Generar rutas de emergencia para las diferentes instituciones involucradas en brindar auxilio a la población en riesgo.

## HIPÓTESIS

Existe un alto grado de riesgo en la ciudad que pone en peligro a la población como pérdidas humanas, económicas y de infraestructura, por el mal establecimiento de gasolineras y gaseras.

## ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua tiene como un aproximado 154,785 habitantes la tercera ciudad con mayor población en el estado (INEGI 2010), se encuentra localizada en la región centro oeste del estado entre los 28°25' latitud norte y 106°52' longitud oeste con una altitud de 2,060 metros sobre el nivel medio del mar, cuenta con una superficie aproximada de 3.018,90 km<sup>2</sup> representa un 1.2% del estado (Figura 1).

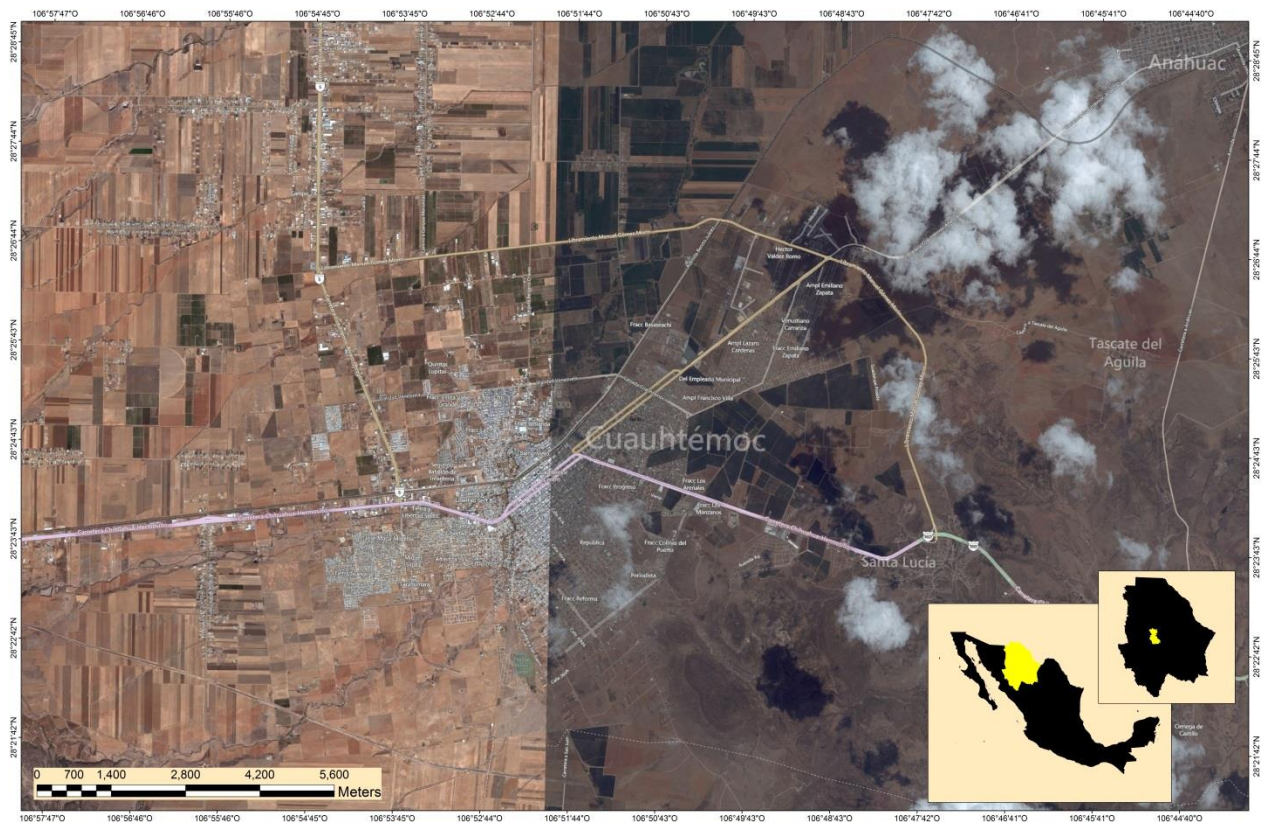


Figura 1. Ubicación geográfica de Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este estudio, se dividió en 4 fases;

### 2.1 Búsqueda de literatura.

En la primera etapa se llevó a cabo una recolección de toda la información necesaria sobre el tema, se realizó una búsqueda literaria de diferentes estudios que se hayan hecho o bien documentos de las distintas organizaciones involucradas en el manejo de químicos que aportaron los datos que fueron

requeridos. Los documentos de prevención de desastres de CENAPRED aportaron una parte muy importante sobre los riesgos y peligros que representan el establecimiento de estaciones de gas o gasolina, otra información de CENAPRED que en conjunto con las Normas Oficiales Mexicanas se complementa son las distancias que deben de respetar y las características y medidas de seguridad que deben tener y cumplir en su construcción las gaseras y gasolineras

## **2.2 Recopilación de datos, descarga y elaboración de bases de datos.**

### **2.2.1. Traza urbana.**

En la segunda etapa se recopilaron datos de la ciudad, como la cartografía de la traza urbana de Cuauhtémoc, Chihuahua. Esta información proveniente el departamento de catastro de dicho municipio, fue exportada a formato shapefile ya que se encontraban en formato de AutoCAD. Adicionalmente, fueron corregidos los vectores que representaban la cartografía, ya que contenían errores de edición en los polígonos.

### **2.2.2. Ubicación de gaseras y gasolineras involucradas.**

Para la elaboración de los mapas de riesgo se obtuvo información catastral de las diferentes instalaciones como: gasolineras, gaseras, hospitales, departamentos de seguridad pública, escuelas, iglesias y centros sociales, con el fin de observar la relación geoespacial que existe entre los establecimientos de combustible y los centros de concentración social.

### **2.2.3 Trabajo en campo.**

En el levantamiento de datos en campo se utilizó un GPS Garmin Etrex30 para tomar los puntos de cada una de las instalaciones que fueron ubicadas en la cartografía de la traza urbana. Se tomaron los puntos de

lugares que no se encontraron en la información obtenida de los departamentos municipales. Esta información se descargó con el programa OziExplorer. Una vez descargados, se exportaron al programa ArcGIS, se realizaron las modificaciones necesarias, como referenciar los puntos al igual que la cartografía de traza urbana para ubicar cada uno de los elementos faltantes y tener los datos más completos con respecto a la información recibida por los distintos departamentos y el levantamiento de puntos de los faltantes.

### **2.2.4 Bases de datos.**

Se creó una base de datos con tablas para cada tipo de instalaciones que fueron incluidas en el estudio.

Cada gasolinera y gasera debe contener la siguiente información en sus registros:

1. Ubicación, como calles y colonia
2. El tipo de construcción de la instalación (la estación de servicio)
3. Tipo de almacenamiento (los tanques de almacenamiento)
4. Capacidad de almacenamiento de los tanques
5. Capacidad máxima del tanque
6. Tipo de combustible que se maneja.

Para los servicios de salud, comandancias y centros sociales, los campos son los siguientes:

1. Ubicación como calles y colonia.
2. Tipo de servicio que prestan
3. El nombre de la instalación.

Para centros educativos:

1. Ubicación, calles y colonia,
2. Nombre la escuela
3. Clave de la escuela
4. Nombre del director
5. Total de alumnos

## **2.3 Mapas de riesgos.**

### **2.3.1 Cartografía, centros educativos y sociales, departamentos de seguridad pública y hospitales.**

En la tercera etapa, se elabora la cartografía que incluye la traza urbana, los puntos que representan gasolineras, gaseras, hospitales, escuelas, centros sociales y servicios públicos, donde esta representación gráfica da una idea de la distribución geoespacial que tienen los puntos conflictivos (gaseras y gasolineras) con respecto a los puntos de concentración social (escuelas y centros de reunión social).

### **2.3.2 Elaboración de zonas de influencia (Buffers).**

En base al punto anterior, con los datos se realizaron los buffers o áreas de amortiguamiento utilizando la herramienta de ArcGis. Estas áreas de amortiguamiento representan los rangos de riesgo que se les dio en base a la información de las normas y leyes oficiales de las gasolineras y gaseras. En el software se generó el análisis de proximidad, se crearon buffers con diferentes niveles de riesgo para cada uno de los anillos. Ya creadas éstas áreas, se identifican las escuelas o centros recreativos que están más expuestas a algún tipo de peligro por explosión o derrame químico.

## **2.4 Análisis de riesgos.**

### **2.4.1 Sistema de prevención.**

En la cuarta etapa se realizó un análisis de los riesgos para la mitigación y prevención de los riesgos y un plan de respuesta. En esta fase se pretendió que los diferentes departamentos de seguridad pública puedan obtener información cuantitativa de la zona en peligro en base al uso de un sistema de información, de tal manera que al momento de acudir a alguna emergencia tienen como ventaja saber la magnitud del problema y una estimación de la población a debido a la

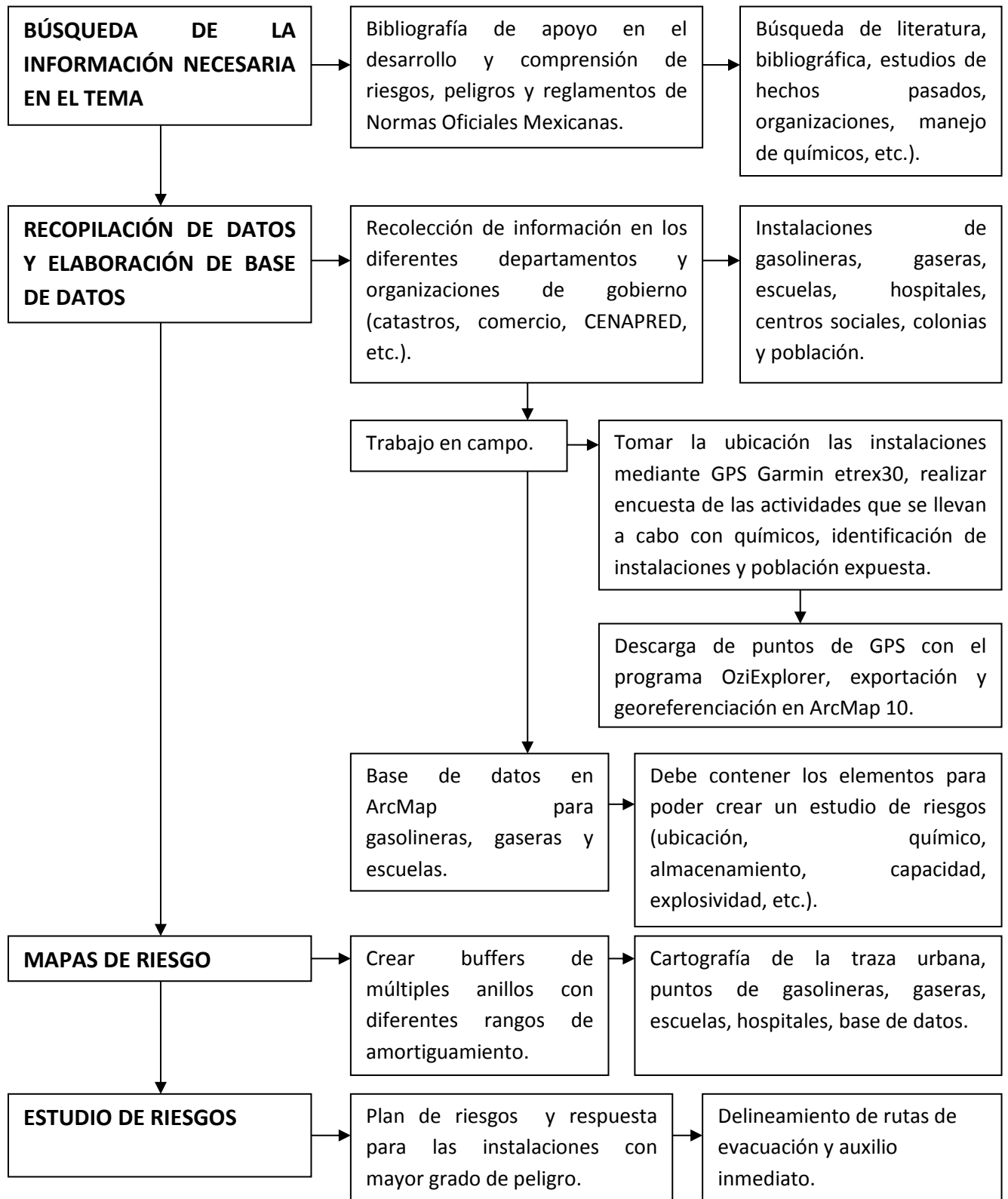
cantidad de personas expuestas También saber la localización de las diferentes instalaciones comerciales o de servicios expuestos para minimizar los peligros. El uso de tecnología que nos ayude a administrar variables geoespaciales como los Sistemas de Información Geográfica (SIG's), permite llevar un trabajo más controlado y tener decisiones que salvaguarden la integridad física de los equipos de respuesta como protección civil, bomberos, paramédicos, tránsito y policía.

### **2.4.2. Rutas de auxilio.**

Uno de los objetivos más importantes es el prevenir la pérdida de vidas, disminuir el número de personas afectadas y evitar lo más posible el daño material, de una manera ordenada y con las estrategias más adecuadas para elaborar un plan de evacuación para el tipo de peligro que se presente. En este caso se tomaron en cuenta los departamentos de seguridad pública como Tránsito, Policías, Protección Civil, Bomberos, paramédicos y en algún caso, apoyo del ejército, así como la colaboración de distintas empresas con apoyo de brigadas.

Para ello se buscó elaborar las rutas de auxilio óptimas, esto mediante el uso de la herramienta Network Analyst del software ArcGIS, con la cual se ubicaron las zonas de riesgos y los diferentes departamentos de emergencias. La generación de rutas se realizó en base a la red de calles. Tal información cuenta con la longitud de las calles, el tiempo en que se tarda para recorrerla, los altos, topes, semáforos, carriles y los sentidos en que circulan. Existen dos opciones para generar las rutas una es en metros y otra en minutos. Las rutas se crearon tomando en cuenta la distancia en metros dado que son los resultados más óptimos, y que los servicios de auxilio tienen preferencia para rebasar los límites de velocidad y omitir altos.

## PROCESO DE MATERIALES Y MÉTODOS



### 3. RESULTADOS.

#### 3.1 Generación de base de datos y elaboración de mapa base.

Se realizó una búsqueda y recopilación de información de las diferentes instalaciones involucradas en el análisis. Se elaboraron 6 tablas de datos que corresponden a cada una de las instalaciones; gaseras, gasolineras, hospitales, seguridad pública, centros educativos y sociales, con el fin de tener las características necesarias de cada una de estas, las cuales se explican en la

metodología en el apartado 2.2.4, estas tablas fueron necesarias para obtener los resultados de la población expuesta en escuelas. Mediante la elaboración del mapa base, el cual se realizó con la información recopilada de las diferentes instalaciones como Desarrollo Urbano, Protección Civil y cada una de las oficinas generales de las gaseras y gasolineras, se localizaron los puntos de las instalaciones en la cartografía con su ubicación exacta tal y como se muestra en la (Figura 2).

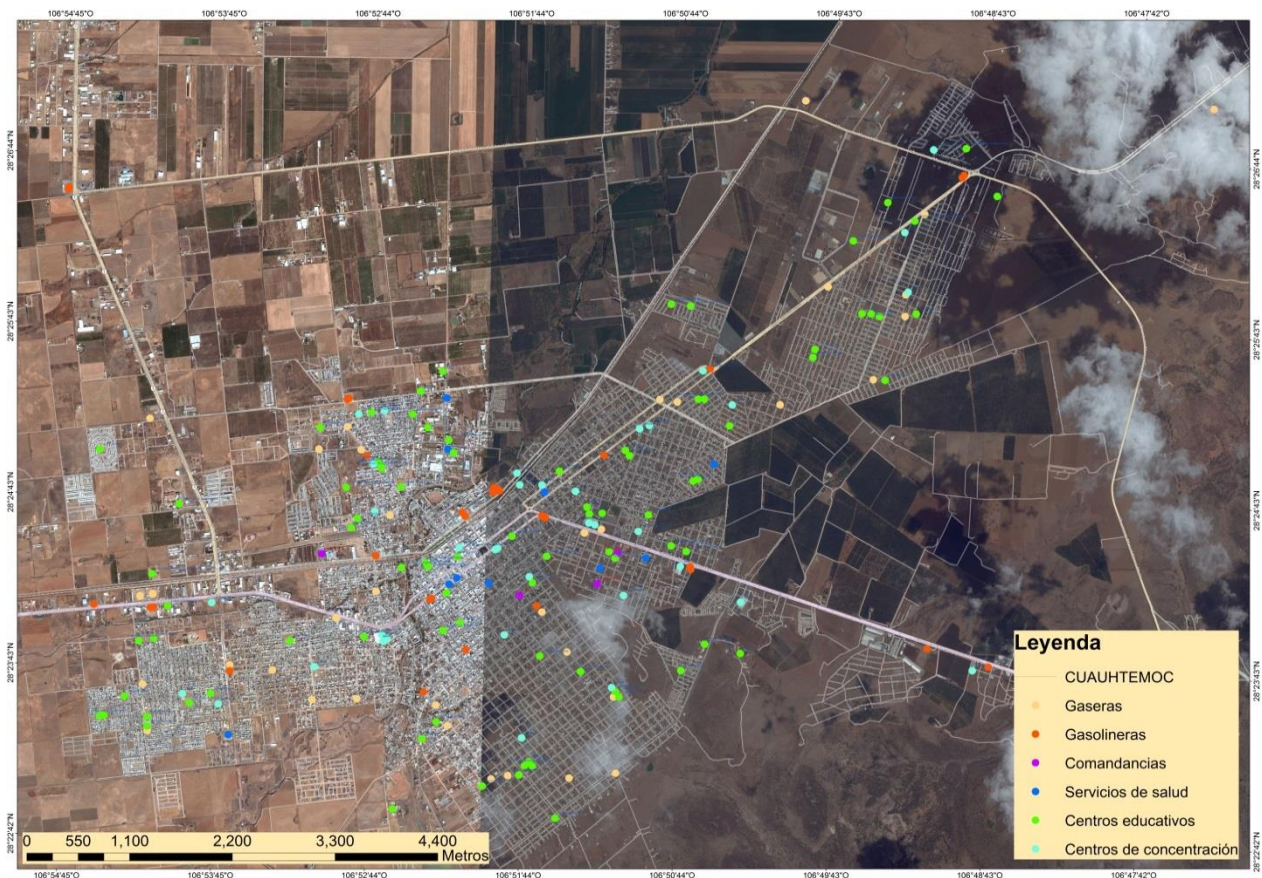


Figura 2. Ubicación de las instalaciones (Gaseras, Gasolineras, Escuelas, Hospitales, Comandancias y Centros sociales) en la cartografía de la traza urbana.

#### 3.2 Información de trabajo en campo.

Se desarrolló trabajo de campo para verificar la existencia de gaseras y gasolineras, y adicionalmente, se acudió a las diferentes

instalaciones de las gaseras para pedir información sobre los diferentes establecimientos que se encuentran distribuidos en toda la ciudad, las empresas a

las cuales se acudió fueron; K-19, ServiGas, GasEconómico, Tomza y Z-Gas. En la mayoría de las empresas se otorgó la información para su ubicación en la cartografía de la ciudad, y ver la relación que existe entre los datos que se otorgaron por protección civil. La información que se negó en las instalaciones de las gaseras o en departamentos, o que no se encuentra en el mapa de protección civil, se levantaron mediante trabajo de campo, como su ubicación haciendo usando el GPS. El mismo procedimiento se repitió para consolidar la base de datos de gasolineras. El departamento de la Secretaria de Educación de Chihuahua (SECH) otorgó la información de las escuelas, que incluye: el nombre, ubicación, director y número de alumnos de cada una de las escuelas.

### 3.3 Zonas de influencia para gaseras y gasolineras (Buffers).

Conforme a la base de datos, al mapa principal de la cartografía y las diferentes

instalaciones, se elaboraron las zonas de influencia para cada gasera y gasolinera con 7 anillos de diferentes rangos que van desde 15 hasta 150 metros, para establecer cada una de las restricciones que se deben obedecer. Estas restricciones se establecen por las Normas Oficiales Mexicanas, dándole a cada rango un color de conforme a su magnitud de riesgo, que va del rojo como zona más peligrosa y verde a la zona menos riesgosa (Figuras 3).

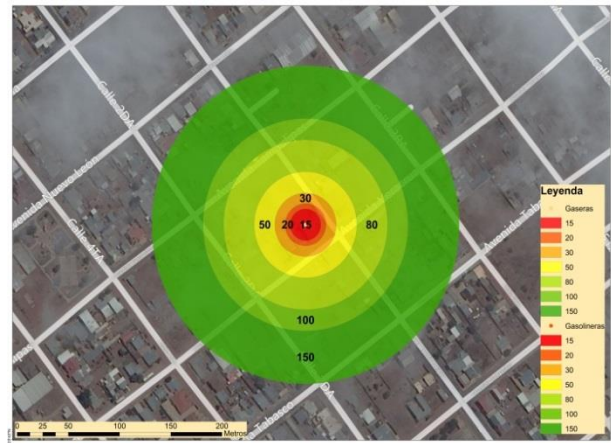


Figura 3. Rangos de las zonas de influencia.

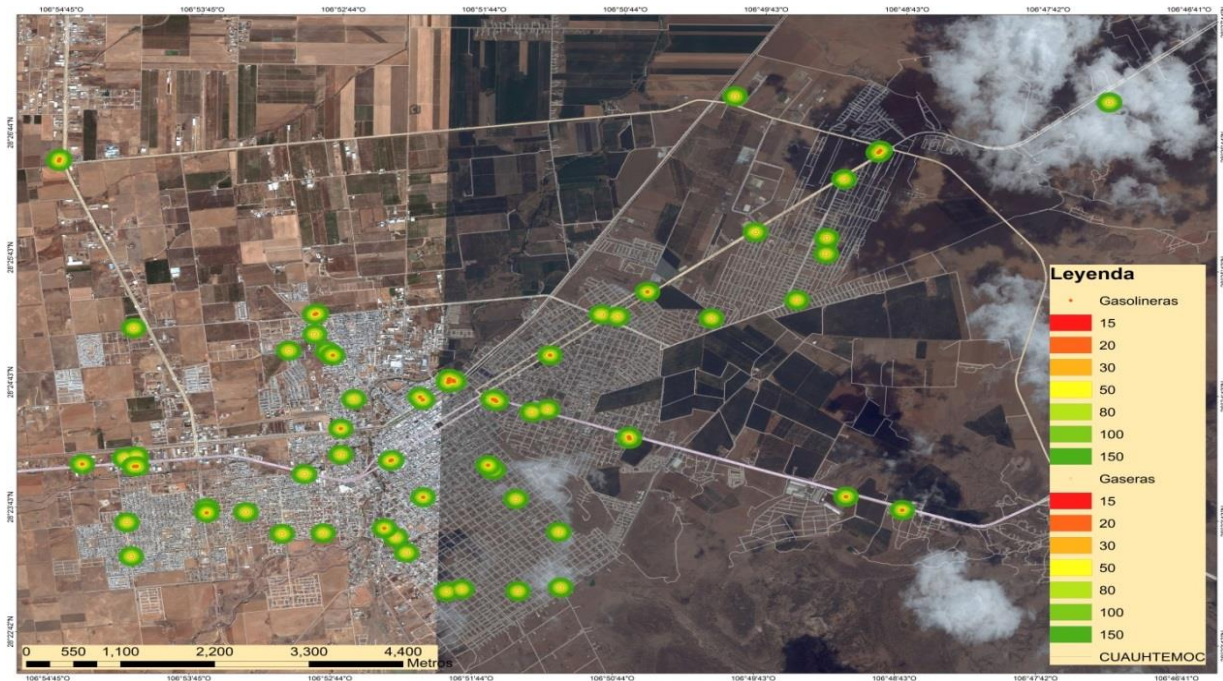


Figura 4. Zonas de influencia de gaseras y gasolineras establecidas con sus diferentes distancias en metros.

### 3.4 Instalaciones estables e inestables.

Las instalaciones que se encuentran en condición de estable, es porque cumplen con las leyes y normas establecidas y que no representan ningún riesgo para la población

o pérdidas materiales y económicas Se le dio un color azul a las instalaciones estables y rojo a las instalaciones que representan un riesgo violando alguna ley debido a su mala ubicación (Figura 5).

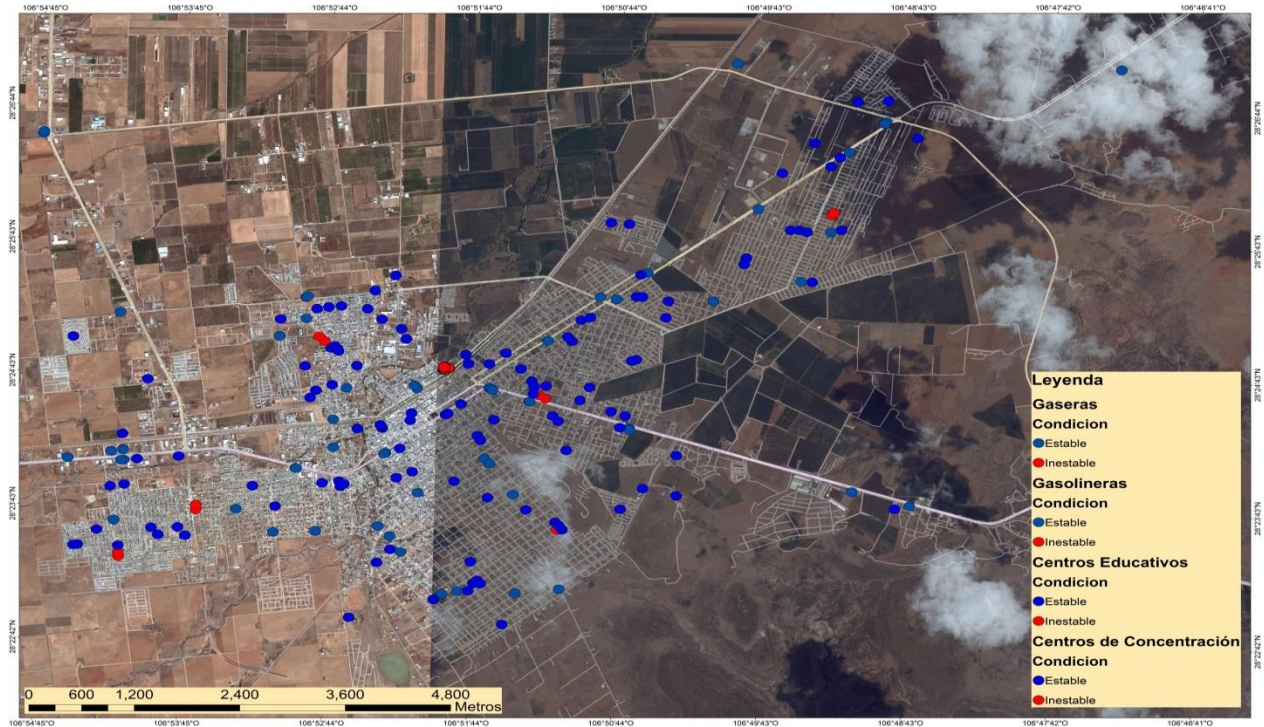


Figura 5. Instalaciones con mayor riesgo químico.

### 3.5 Instalaciones con mayor riesgo.

Una vez que se cuenta con el mapa de zonas de influencia y la ubicación de todas las instalaciones, se hace una verificación de una a una, para observar si alguna de estas se encuentra dentro de los rangos de riesgo de las zonas de influencia de las gaseras y gasolineras.

En el mapa se observó que una de las gaseras que se encuentra ubicada en las calles Rep. De Colombia y Calzada las Américas, tiene una relación de peligro con la gasolinera que está ubicada en la Calzada las Américas y Rep. De Guatemala ambas en la colonia CTM, debido a que no cuentan con la distancia mínima que se establece en las Normas Oficiales Mexicanas. La

distancia entre estas dos instalaciones es de 90 metros a partir del centro del cilindro de gas y el centro de la gasolinera, que en dado caso la distancia mínima entre una gasera y una gasolinera debe ser de 100 metros. En la zona intermedia entre estas dos instalaciones están expuestos dos negocios, uno de ellos una tienda de abarrotes y el otro un auto lavado quedando en peligro los clientes de estos negocios. (Figura 6).



Figura 6. Primera zona en peligro debido a la relación de una gasera y una gasolinera con incumplimiento de las leyes y normas.

Al igual que el ejemplo anterior en la gasera ubicada en la Calle 62 y Av. Cardenales y la gasolinera de la Calle 62 y Av. Las Águilas ambas en la colonia PRI, no cumplen con el reglamento establecido en las normas oficiales, teniendo una distancia de 65 metros partiendo del punto medio de ambas instalaciones, exponiendo a los mismos consumidores de estas instalaciones (Figura 7).



Figura 7. Zona en peligro debido a la relación de una gasera y una gasolinera con incumplimiento de las leyes y normas.

En otro punto con ubicación en la Av. Benito Juárez entre las calles 9na y 11va, existe un alto grado de peligro, debido a que el almacenamiento de los químicos se realiza

con una cantidad de tanques superficiales, con un almacenamiento muy alto de entre 19,000 a 101,000 litros de gasolina y diésel y no teniendo una distancia adecuada entre cada uno de estos tanques (Figura 8).



Figura 8. Zona de alto riesgo por almacenamiento de combustibles en Derivados de Petróleo Cuauhtémoc.

Existen 4 zonas que se colocan con un estado de inestables, aunque estas cumplen con las leyes y normas oficiales, se les dio ese estado debido a que:

En la gasera ubicada enfrente del Cinépolis en la Calzada 16 de septiembre y Av. José de San Martín en la colonia San Antonio, se respeta el reglamento de la distancia mínima de 30 metros, pero debido a que el almacenamiento de gas es más alto que los demás, con una capacidad de 14,300 litros, donde la mayoría de las gaseras tienen capacidad de 5000 litros, teniendo un rango más alto de peligro la zona que circunda la instalación. Se le da este estado de inestable debido a la cantidad de concentración de gente que tiene el cine de manera constante (Figura 9).



Figura 9. Zona de concentración social (Cinépolis) expuesta por un alto grado de almacenamiento de gas.

En la gasera que está ubicada en la calle 3ra entre la Av. Estado de Guerrero y Av. Oaxaca en la colonia Republica, existe un grado alto de peligro debido a que de frente a la instalación existen dos escuelas y una iglesia, las cuales tienen una distancia de 50 a 90 metros. En este caso analizando las tablas de datos tenemos un resultado de 286 alumnos que pueden quedar en riesgo en las escuelas Cuauhtémoc y Alfonso Escárcega (Figura 10).



Figura 10. Escuelas e iglesia en peligro por la exposición a algún evento desastroso debido a la cercanía de una gasera.

Otra de las gaseras con las mismas características está ubicada en la Av. Francisco Pacheco y Av. Genaro Calderón en la colonia Emiliano Zapata, debido a que

existe una distancia de 36 metros frente a una iglesia, cumple con las leyes pero aun así existe un grado de peligro considerable para la sociedad (Figura 11).

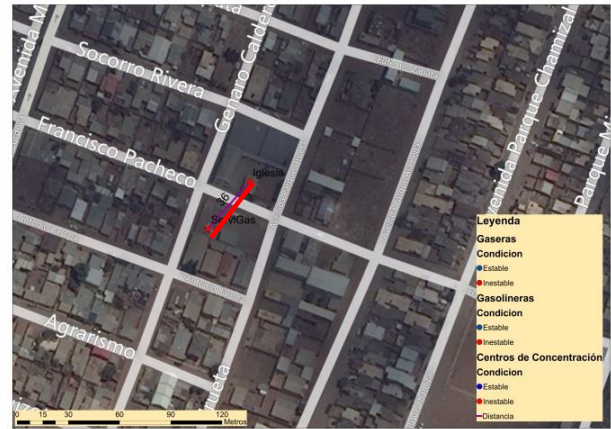


Figura 11. Iglesia en riesgo de explosión a fugas o explosión de gas por la cercanía de una estación de gas.

Por ultimo en la gasera que está ubicada en la calle 94va y Av. Tenochtitlan colonia Tierra Nueva, existe una probabilidad de peligro ya que tiene colindancia con una escuela a una distancia de 40 metros, aunque no es muy alto el riesgo, existe el peligro de exposición de una parte de los 168 alumnos de la escuela Mauricio Corredor, porque en la esquina con colindancia a la gasera están establecidas aulas de estudio. Aunque cumple con las leyes pero debido la estación de gas es clasificada como inestable (Figura12).



Figura 12. Escuela en peligro relacionada a riesgos por gas.

### 3.6 Rutas Alternativas de emergencia.

Las rutas alternativas se generaron para dar una mejor respuesta en casos de emergencia.

Una vez que se realizó el mapa de resultados de las instalaciones que están en condiciones de estable e inestable, se localizaron todos los servicios públicos como hospitales y clínicas con departamento de urgencias, policía, tránsito, protección civil y para casos de extremo peligro se espera contar con el ejército. Las rutas se realizaron lo más precisas en base a la longitud de cada una de las calles en la cartografía de la ciudad, pero esto no quiere decir que sean la única o mejor manera de llegar al lugar de la emergencia. Hay que aclarar que cada servicio de emergencia (policía, bomberos, cruz roja, protección civil y tránsito) puede tomar una ruta en base a la experiencia y conocimiento en su labor (Figura 13).

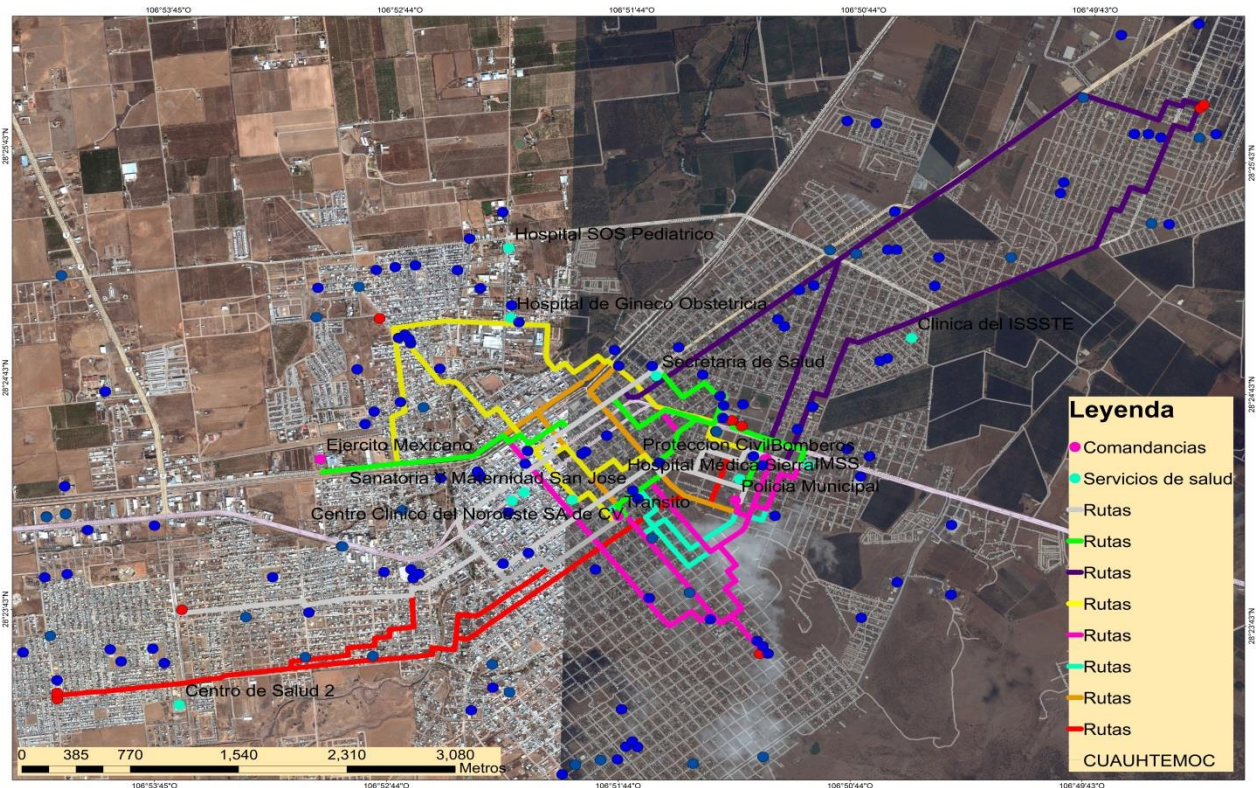


Figura 13. Rutas de auxilios para departamentos encargados de emergencias.

## 4 CONCLUSIONES.

Existen en la ciudad gaseras y gasolineras que están fuera de la ley en base al

reglamento de las Normas Oficiales. Un ejemplo son las gaseras que están en riesgo porque cuentan con mayor capacidad de almacenamiento que las demás, teniendo un grado más alto de exposición. Para cada una de las gaseras se establecen las mismas reglas sobre las distancias que deben guardarse en estas construcciones, cuando deberían tomarse medidas y precauciones adaptadas a cada uno de los establecimientos en base a las características como las construcciones, tipo y capacidad de almacenamiento; esto es de suma importancia debido a que el entorno de estas gaseras está en constante riesgo, donde se afectaría a la población y la infraestructura, ya sean escuelas o centros sociales.

Aunque en los resultados existen muy pocos puntos que representen un riesgo para la población en toda la ciudad, y la mayoría de las estaciones de gas y gasolina están en condiciones estables, existe un peligro mínimo que podría afectar a algunas personas. Las razones de esta observación es porque el peligro que tienen es de manera intermitente, debido a que las gaseras colocadas en vialidades o lugares con un alto flujo de personas, podrían estar en peligro repentino. Un ejemplo sería al momento de hacer alto en algún semáforo y al encontrarse cerca de una gasera, y pueda existir un accidente que provoque la explosión de un tanque.

Otro ejemplo de una zona en riesgo es la distribuidora de combustibles Derivados de Petróleo Cuauhtémoc. Esta instalación cuenta con un almacenamiento de combustible alto, no cuenta con medidas de seguridad adecuadas, no existe alguna protección para cada tanque como una pared de amortiguamiento y además que en dos direcciones cuenta con una colindancia hacia zonas residenciales.

Un punto que se observó mediante el análisis, es la importancia tan limitada que se da al cumplimiento de las leyes y normas

que deben llevar a cabo en las instalaciones. Los diferentes departamentos encargados de la protección a la población, y el establecimiento de estas despachadoras de combustible, deberían dar un seguimiento constante y estricto para su establecimiento, y que cumplan con todas las reglas de emergencia en caso de incendio o derrame. Al igual que los departamentos de protección civil, el gobierno debería tomar un poco más de importancia a la respuesta de las emergencias no solo a las emergencias como una explosión o derrame de gaseras o gasolineras, sino a todo tipo de emergencia. Se hace hincapié en este punto, debido a que en los resultados de las rutas de auxilio se puede observar lo largo de las distancias que tienen que recorrer para llegar a una emergencia, ocasionando que el auxilio no sea eficiente y con la rapidez que se requiere.

Como último cabe mencionar que con respecto a la elaboración de este estudio, no se cuenta con muchas referencias similares por lo que es recomendable para las organizaciones gubernamentales hacer hincapié en estos temas para evitar desastres y pérdidas humanas, económicas.

## **REFERENCIAS.**

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2004). Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales, México, D.F.

Julio Rodolfo Barreto Caro (2005), Estimación de un Índice Relativo de Riesgo Múltiple, Universidad de Colima, Colima, Colima.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (coord.; 2001), Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México, México, D.F.

- Dirección de Prevención de Crisis y de Recuperación (coord.; 2004), *La Reducción de Riesgos de desastres: Un Desafío para el Desarrollo*, New York, NY.
- H. Ayuntamiento de Manzanillo, Col (coord.; 2004), *Estudio Integral del Atlas de Riesgo para Manzanillo*, Coahuila de Zaragoza, Col.
- Secretaría de Desarrollo Social (coord.; 2003), *Guía Metodológica para la Elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel de Ciudad*, México, D.F.
- Alberto Susini, Norbert Knechtle, Marcia Perrin, Christian Hurzeler, Felix Gmunder, Renaud Labarthe, Philippe Minier (2004), *Sharing Environmental, Spatial and Technical Data for Risk Assessment within the Geneva Region*, Geneva, Suiza.
- Ricardo A. Smith, Gustavo Londoño Gaviria, Julieta Cecilia Gómez Gómez, Hernán Elejalde López, John R. Ballesteros, *Aplicación Basada en SIG para la Obtención del Riesgo Químico y las Rutas de Transporte de Sustancias Peligrosas, área metropolitana del valle de aburra*, Medellín, Colombia.
- J. A. Vilchez y E Blanco (2009), "La Informática Aplicada a la Gestión de Emergencias Químicas", en *Ingeniería Química, Trámites, Informes y Proyectos*, S. L., pp. 84-90.
- Área medioambiente, unidad de desarrollo tecnológico (2003), *Mapa de Riesgos como Herramienta de Gestión para Emergencias Tecnológicas*, Universidad de Concepción, Biobío, Chile.
- Renjith V. R., G. Madhu (2010), "Individual and societal risk analysis and mapping of human vulnerability to chemical accidents in the vicinity of an industrial area", *International Journal of Applied Engineering Research*, Dindigul, Boletín, núm. 1, Division of Safety and Fire Engineering, School of Engineering Cochin University of Science and Technology, Kochi, Kerala, India. 135-148.
- Instituto Nacional de Seguridad e higiene en el trabajo, *Notas Técnica de Prevención, Emiliano Turmo Sierra, Carga de fuego ponderada: parámetros de cálculo*.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (coord.; 2001), *Modelación de Radio de Afectación por Explosiones en Instalaciones de Gas*, Coordinación de Investigación, México, D.F.
- PEMEX, *Gas y Petroquímica Básica (2007), Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas, Gas Licuado de Petróleo*, Mexico D.F.
- Petróleos de México (PEMEX), [<http://www.ref.pemex.com/index.cfm>: 18 de febrero de 2013].
- National Fire Protection Association (NFPA), [<http://www.nfpa.org/>: 18 de febrero de 2013].
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), [<http://www.cenapred.unam.mx/es/>: 25 de septiembre de 2012].
- Atlas Nacional de Riesgos, [<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>: 25 de septiembre de 2012].
- Consultas del Catálogo de Normas Oficiales Mexicanas, [<http://www.economia->

noms.gob.mx/noms/inicio.do: 19 de diciembre de 2012].

NOM-005-SCFI-2005 (2005). Instrumentos de medición-Sistemas para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos-Especificaciones, métodos de prueba y de verificación, Diario Oficial de la Federación, 15 de abril del 2004, México.

NOM-002-SESH-2009 (2009). Bodegas de distribución de Gas L.P. Diseño, construcción, operación y condiciones de seguridad, Diario Oficial de la Federación, 20 de octubre del 2008, México.

NOM-003-SEDG-2004 (2004). Estaciones de Gas L.P. para carburación. Diseño y construcción, Diario Oficial de la Federación, 19 de noviembre del 2004, México.

NOM-001-SEDE-2005 (2005). Instalaciones Eléctricas (Utilización), Diario Oficial de la Federación, 8 de noviembre del 2005, México.

NOM-124-ECOL-1999 (1999). Especificaciones de protección ambiental para el diseño, construcción, operación, seguridad y mantenimiento de los diferentes tipos de servicio. Diario Oficial de la Federación, 28 de agosto del 1997, México.