



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Especialidad en Diseño e Innovación

Diseño e implementación de una plataforma de gestión de datos para la planeación de medidas de prevención de accidentes automovilísticos

Opción de titulación
Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Maestría en Diseño e Innovación

Presenta:
Aarón Zárate Hernández

Dirigido por:
Dr. Luis Fernando Maldonado Azpeitia

Dr. Luis Fernando Maldonado Azpeitia
Presidente

Firma

Dr. Carlos Alberto Ochoa Zezzatti
Secretario

Firma

M.I. Jorge Arturo García Pitol
Vocal

Firma

Dra. Magdalena Mendoza Sánchez
Suplente

Firma

M.D.I. Alma Ivonne Méndez Rojas
Suplente

Firma

Nombre y Firma
Director de la Facultad

Dr. Irineo Torres Pacheco
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Agosto, 2021



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Diseño e implementación de una plataforma de
gestión de datos para la planeación de medidas de
prevención de accidentes automovilísticos

por

Aarón Zárate Hernández

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: IGMAC-273050

RESUMEN

Según los datos de la Organización Mundial de la Salud, en su Informe Sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial 2015, alrededor de 1.2 millones de personas fallecen cada año en las carreteras de todo el mundo y entre 20 y 50 millones padecen de traumatismos no mortales que las incapacitan para continuar con una vida normal y productiva. Para atacar un problema de esta magnitud, es preciso desarrollar herramientas que ayuden a entender los factores que participan en el fenómeno de la accidentalidad vial, de tal manera que los estudiosos de movilidad urbana desarrollen con mayor precisión y efectividad, propuestas que hagan los espacios urbanos más seguros. La propuesta desarrollada, promueve la colaboración de diversos sectores de la sociedad, a través de la integración de una plataforma que usa como fuente de información a los ciudadanos, y que permite analizar datos en tiempo real, generar estadística sobre los parámetros obtenidos y ofrecer a los investigadores y funcionarios información precisa, concisa y confiable para su análisis. En el presente documento se describe la metodología utilizada para el desarrollo de un proyecto que incluye una aplicación móvil, mediante la cual, los ciudadanos podrán reportar incidentes de riesgo y ayudar a conformar una base de datos que entregará información clasificada y procesada a través de análisis geoestadístico para su uso en estudios de movilidad urbana. Los resultados de la presente investigación determinan que, a través de la metodología propuesta, se pueden identificar puntos geográficos con mayor probabilidad de ocurrencia para un accidente automovilístico.

(Palabras clave: Seguridad Vial; Movilidad Urbana; Tasa de Mortalidad; Base de Datos; Minería de Datos; Accidentes Automovilísticos)

SUMMARY

According to the information described the World Health Organization (WHO) 2015 Road Safety Global Report, around 1.2 million of people die every year in the roads all around the world, and between 20 and 50 millions of people are victims of non-mortal injuries that disable them to continue living a normal and productive life. In order to mitigate such a big problem, it is necessary to develop tools that helps to understand the facts that are involved in the road accidents phenomenon, so then the Urban Mobility researchers and specialists are able to develop more precise and effective proposals to improve and create safer urban environment to live at and move through. The proposal described in this document, encourages a society multisector collaboration, integrating a digital platform that does real time data mining from the citizens and generate precise, concise and reliable statistical information to be available for the urban mobility specialists and researchers to support their analysis from the key parameters involved in the road safety and culture from the studied zone. All along this document, it is described the used methodology to develop a project that includes a Mobile App that the citizens would use to report the witnessed road risk incidents and build a database that will classify and process the reports parameters to finally provide statistically processed and geo-referenced information for its analyze and study focused on urban mobility. The conclusions from the present work, determines that using the proposed methodology it is possible to identify those spots with a high probability for a car accident to occur.

(Key words: Road Safety; Urban Mobility; Mortality Rate; Data Base; Data Mining; Road Accidents)

A mi familia, que en tiempos en donde convergen las dificultades, se mantienen firmes a mi lado, dándome ánimos para siempre seguir con la cara en alto.

A mi luz y a mi chispita, por indicarme el camino para seguir a pesar de las circunstancias.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente a todas las personas que dedicaron su tiempo para apoyarme y asesorarme en el desarrollo de este trabajo. A mi hermano, Raziel Zárate Hernández, quien me apoyó con el desarrollo de las herramientas que me permitieron validar finalmente la estrategia planteada. Al Dr. Fernando Maldonado, quien desde el momento en que aceptó ser mi guía en este proyecto, se mantuvo al pendiente y dando el empuje que alguien que labora y estudia al mismo tiempo a veces requiere. A la Dra. Magdalena Mendoza, por darnos esa luz al final del laberinto, guiándonos con mucha dedicación y paciencia.

A la Universidad Autónoma de Querétaro, por brindarme el espacio de conocimiento, para cumplir un paso más en mi desarrollo académico y profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	9
1.1	ANTECEDENTES	11
1.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.3	JUSTIFICACIÓN.	13
2.	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GENERAL:	15
2.2	ESPECÍFICOS:	15
3.	HIPÓTESIS	16
4.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	17
4.1	INTRODUCCIÓN	17
4.2	REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
4.2.1	<i>Objetivos de las investigaciones realizadas.....</i>	<i>17</i>
4.3	MARCO TEÓRICO.....	20
4.3.1	<i>Naturaleza del comportamiento del conductor.</i>	<i>20</i>
4.3.2	<i>El Problema desde la perspectiva de la Salud Pública.....</i>	<i>21</i>
4.3.3	<i>La Tecnología de la Información aplicada a la Seguridad Vial.</i>	<i>22</i>
4.3.4	<i>Big Data.</i>	<i>23</i>
4.3.5	<i>Aplicaciones móviles enfocadas en asistencia del conductor y prevención de accidentes.....</i>	<i>24</i>
4.3.6	<i>Análisis Geo-estadístico.....</i>	<i>26</i>
5.	METODOLOGÍA	26
5.1	METODOLOGÍA DEL TRIPLE DIAMANTE.....	27
5.1.1	<i>Descubrimiento.....</i>	<i>28</i>
5.1.2	<i>Definición.....</i>	<i>28</i>
5.1.3	<i>Desarrollo</i>	<i>29</i>
5.1.4	<i>Distinción</i>	<i>29</i>
5.1.5	<i>Demostración</i>	<i>29</i>
5.1.6	<i>Entrega</i>	<i>30</i>
5.2	PROCESO DE DESARROLLO DEL PROYECTO	31

5.3	RECURSOS HUMANOS	34
5.4	RECURSOS MATERIALES.	34
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
6.1	ENCUESTA PARA DEFINICIÓN DEL PERFIL DEL USUARIO DE LA APLICACIÓN MÓVIL.....	36
6.1.1	<i>Objetivo.</i>	36
6.1.2	<i>Sujeto experimental y desarrollo del ejercicio.</i>	36
6.1.3	<i>Mediciones y análisis.</i>	37
6.2	GRUPO DE ENFOQUE PARA MEDIR LA USABILIDAD DE LA HERRAMIENTA DE CAPTURA DE REPORTE.....	38
6.2.1	<i>Objetivo.</i>	38
6.2.2	<i>Sujeto experimental y desarrollo del ejercicio.</i>	38
6.2.3	<i>Conclusiones del ejercicio.</i>	40
6.3	ENTREVISTA CON EXPERTO EN MOVILIDAD URBANA.....	41
6.3.1	<i>Objetivo.</i>	41
6.3.2	<i>Desarrollo del ejercicio.</i>	41
6.3.3	<i>Conclusiones del ejercicio.</i>	42
6.4	PRUEBA DE PROYECTO CON APLICACIÓN BETA Y PLATAFORMA DE CONSULTA.	42
6.4.1	<i>Objetivo.</i>	42
6.4.2	<i>Desarrollo del ejercicio.</i>	42
6.4.3	<i>Conclusiones del ejercicio.</i>	51
6.5	DISCUSIÓN	52
7.	CONCLUSIONES	56
8.	INVESTIGACIONES FUTURAS	60
9.	BIBLIOGRAFÍA	63
10.	ANEXOS	65

ÍNDICE DE IMÁGENES E ILUSTRACIONES

Imagen 1. Metodología del tripe diamante propuesta por la compañía Green Dice.	27
Imagen 2 – Dispersión de edad de encuestados que demostraron interés en participar.....	37
Imagen 3 - Distribución de encuestados interesados por género.....	38
Imagen 4 - Story Boards de Prototipo de Usabilidad	39
Imagen 5 - Grupo de Enfoque para la evaluación de la usabilidad del prototipo de aplicación móvil	40
Imagen 6 - Imágenes de la aplicación de prueba	43
Imagen 7 - Pantalla de lista de usuarios registrados, de la plataforma de consulta.....	44
Imagen 8 - Lista de reportes generados, de la plataforma de consulta.....	45
Imagen 9 - Base de datos clasificada y cargada para presentación geo-referenciada	47
Imagen 10 - Visualización de análisis de Kriging en QGIS (coordenadas escaladas 100x)	50
Imagen 11 - Gráfica de distribución de reportes por tipo	52
Imagen 12 - Rangos de horarios con frecuencias de reporte por Manejo Agresivo y/o Imprudente	53
Imagen 13 - Visualización de análisis de Kriging en QGIS de reportes de incidentes por Manejo Agresivo y/o Imprudente	54

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto de una dinámica social y económica, en la que la movilidad urbana sigue en crecimiento y, por ende, de manera proporcional, el uso de transportes terrestres que permiten disminuir las brechas de oportunidades de desarrollo para la sociedad en general, se observa que, de manera casi obvia, los accidentes automovilísticos también han ido en aumento. Con ello, las consecuencias que los accidentes de esta naturaleza provocan, generan otro tipo de problemas con efectos negativos en la sociedad, en específico, problemas de salud pública y económicos.

Ha sido tal la alarma por los efectos de los accidentes automovilísticos, que, desde hace poco más de 9 años, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011) convocó a los diversos países que la conforman a generar estrategias que permitieran atacar las causas que favorecen este fenómeno, a través del programa denominado *“Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020”*

En México, siguiendo el llamado de la OMS, se generaron dos programas que estructuraron una estrategia para atender de manera efectiva esta problemática. Bajo el lema *“Mejores datos, mejores decisiones... más vidas salvadas”*, el Secretariado Técnico del Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes (STCONAPRA) propuso la generación de un Observatorio Nacional de Lesiones, dentro del Programa de Acción para la Seguridad Vial 2013-2018 de la Secretaría de Salud, a través del cual se registran y analizan datos sobre los accidentes viales y sus consecuencias.

La propuesta generada a partir de este proyecto, pretende ir en avanzada y generar datos que permitan entender el fenómeno de los accidentes automovilísticos a partir del comportamiento de los conductores y las condiciones que finalmente derivan en un accidente automovilístico, complementando la información que ya es generada por el Observatorio Nacional de Lesiones.

El proyecto se conforma de tres partes principales: una herramienta de captura de datos; una base de datos que clasificará y los procesará estadísticamente; y una plataforma digital de consulta.

La herramienta de captura consiste en una aplicación móvil, a través de la cual, los usuarios podrán reportar incidentes que observen en sus trayectos diarios. Dicha aplicación está basada en un esquema de usabilidad que permite un registro sin complicaciones y que evita su incurrencia como distractor en el caso de los usuarios que se encuentren manejando. La validación de esta herramienta se realizó con dos prototipos distintos. El primero para validar su usabilidad y el segundo para validar los datos generados.

La estructura de los registros generados por la aplicación móvil, obedece a la conformación sugerida por un experto en Movilidad Urbana, misma que ayuda a su vez, a llevar una mejor clasificación y procesamiento dentro de la base de datos. Cada registro contiene forzosamente las coordenadas, hora, fecha, tipo de incidente, y las condiciones climáticas, y de manera complementaria y opcional, el número de placas del vehículo y una descripción más detallada del incidente observado.

El procesamiento de los datos se lleva a cabo de manera geo-estadística, de tal manera que el aprovechamiento de los datos es maximizado a través de su interpolación que permite una predicción precisa y confiable para ser estudiada y usada para la planeación estratégica en materia de movilidad urbana.

Al final de la investigación, se observa que los datos generados por la aplicación funcionan de manera adecuada, y los resultados que arroja su procesamiento pueden ser de mucha utilidad para los estudiosos e interesados en la movilidad urbana.

1.1 Antecedentes

Según los datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su Informe Sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial del 2015, alrededor de 1.2 millones de personas fallecen cada año en las carreteras de todo el mundo y entre 20 y 50 millones padecen de traumatismos no mortales que muchas veces incapacitan a los individuos para poder continuar una vida normal y productiva.

Según la misma organización, el 90% de las muertes en carretera se producen en los países de ingresos medios y bajos, aunque a éstos sólo les corresponde el 48% del parque vehicular mundial. En estos países los costos implícitos en la alta recurrencia de accidentes de tránsito representan del 3% al 5% de su Producto Interno Bruto.

En nuestro país, según la Organización Panamericana para la Salud, los accidentes de tránsito son la primera causa de muerte en la población de entre 15 y 29 años de edad y la segunda causa de orfandad en México (OPS, 2011). El informe menciona también que estos incidentes tienen como consecuencia más de 24 mil muertes al año, 750 mil heridos graves que requieren hospitalización y más de 39 mil discapacidades anuales.

Estas cifras permiten dimensionar el grave problema de salud pública que causan los accidentes viales en el mundo y en nuestro país y el fuerte impacto negativo que genera en la sociedad y en la economía. Es por eso, que la OMS generó en el 2011 un programa al que llamó Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020, a través del cual convocó a diversos países a generar acciones con la finalidad de mitigar este problema.

Participando en esta iniciativa, en nuestro país se promovió en el año 2011 la Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2011-2020 y en el año 2013 dentro del Plan Nacional de Desarrollo, el Programa de Acción Específica de Seguridad Vial 2013-2018 (PAESV). Se planteó la meta de reducir al 50% la tasa de mortalidad a causa de accidentes viales, así como reducir al máximo las lesiones y

discapacidades a través de 6 estrategias y 16 líneas de acción concentradas en 5 objetivos principales:

1. Generar datos y evidencia científica para la prevención de lesiones ocasionadas por accidentes viales
2. Proponer un marco jurídico en seguridad vial que incluya los principales factores de riesgo presentes en los accidentes viales
3. Contribuir a la adopción de conductas seguras de usuarios de vialidades para reducir daños a la salud por accidentes viales
4. Impulsar la colaboración multisectorial a nivel nacional para la prevención de lesiones por accidentes viales
5. Normar la atención prehospitalaria de urgencias médicas por lesiones.

1.2 Definición del problema.

Para poder establecer una estrategia efectiva, es importante contar con datos suficientes que permitan analizar los factores de influencia y definir con claridad los puntos clave a atacar.

Los métodos usados actualmente para la obtención de datos, sesga de manera significativa información relevante en la identificación de los factores de riesgo de tránsito más importantes, ya que utilizan métodos pasivos, a través de los reportes de agentes de tránsito o federales, donde se narran las circunstancias de un percance ocurrido basado en testimonios de terceros, o a través de sensores colocados en lugares específicos, dejando fuera del alcance muchos otros lugares.

Es, por tanto, que la falta de información precisa, de un volumen disminuido, poco descriptivo y representativo, basado en la observación de las características de los métodos usados actualmente, se establece en esta investigación como la causa principal de que las estrategias adoptadas en materia de prevención de

accidentes aún no logran el efecto que se requiere para mitigar el grave problema de salud pública. A su vez, el planteamiento del PAESV, que establece como primer objetivo estratégico para la prevención de accidentes, la generación de datos, refleja indiscutiblemente la detección de este aspecto como una clave para el éxito en la implementación de cualquier medida de prevención.

1.3 Justificación.

Según datos del INEGI proyectados en el Perfil Nacional de Seguridad Vial de la Secretaría de Salud, en el periodo comprendido del 2011 al 2015 se observa que la tasa de mortalidad, si bien no ha incrementado, tampoco ha disminuido significativamente, lo cual denota un aparente control como resultado de las acciones implementadas en los diversos programas. Sin embargo, resultan insuficientes para el cumplimiento de la meta establecida en el 2011 (reducir la tasa de mortalidad en un 50%).

Por otro lado, el Instituto Mexicano del Transporte realizó un estudio denominado “Eficacia y/o efectividad de medidas de seguridad vial utilizadas en diferentes países (2011)” (Contreras, Mendoza & Gutiérrez, 2011), en el cual, a través de un cuestionario aplicado a 22 países se logran identificar 23 principales medidas de seguridad implementadas y los efectos obtenidos haciendo énfasis en un análisis Costo-Beneficio.

Para la identificación de estrategias en materia de seguridad vial, de los 22 países cuestionados, solo uno (Japón) no utiliza los métodos de análisis económico denominado Análisis de Costo-Beneficio (ACB) y Análisis de Costo-Efectividad (ACE). El resto de los países acuden a los registros de accidentes y comparan el costo de implementación de medidas de seguridad vial, uno contra el impacto desde el punto de vista del capital humano y el otro contra los costos que se derivan de la accidentalidad (baja de productividad, costos por hospitalización, costos por reparación y reposición, etc.)

En este estudio, se plantea como la barrera más grande para un análisis Costo-Beneficio la falta de datos, lo cual deriva finalmente en implementación de medidas de seguridad con efectividad insuficiente.

Entonces, se plantea como una de las estrategias recomendadas la creación de bases de datos más detalladas que permitan identificar con mayor precisión los descritos como sitios negros, que son los lugares con factores más representativos de riesgo de accidentes viales. Al tener la posibilidad de analizar este tipo de datos, se pueden también identificar patrones específicos y definir e implementar estrategias que ataquen de manera más puntual los sitios de mayor incidencia y obtener un mayor impacto positivo en la solución del problema.

Actualmente, en nuestro país, la planeación de la estrategia de implementación de medidas en materia de prevención de accidentes se basa en los datos que se generan a partir de los reportes históricos y de campañas de recolección de datos específicos en zonas y en periodos definidos. Estos datos tienden a ser insuficientes y poco precisos.

Por lo tanto, ante la ausencia de una metodología que permita recopilar datos de manera confiable, eficaz y continua, resulta relevante el planteamiento de este proyecto, que permitirá proporcionar la información necesaria para un enfoque adecuado en la implementación de medidas de seguridad más efectivas.

Este proyecto colaborará activamente con el objetivo 1 del PAESV.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Diseñar una estrategia para el estudio de los factores de movilidad urbana que intervienen en el fenómeno de la accidentalidad a través de la implementación de una plataforma de gestión de datos de incidentes de riesgo de tránsito.

2.2 Específicos:

- Desarrollar una aplicación móvil (primera etapa) que funja como la interfase de captura de reportes de incidentes de riesgo. Los ciudadanos podrán, a través de esta aplicación instalada en sus teléfonos móviles, reportar situaciones de riesgo que sean observadas durante sus trayectos diarios.
- Configurar una base de datos (segunda etapa) que contenga parámetros relevantes para la definición de patrones específicos de riesgo de tránsito.
- Diseñar un modelo de procesamiento y análisis geoestadístico de la información contenida en la base de datos para presentarla de manera geo-referenciada y clasificada a través de una plataforma de consulta (tercera etapa), representando gráficamente los puntos de mayor incidencia en un mapa.

3. HIPÓTESIS

La implementación estratégica de una plataforma de información estadística de incidentes de riesgo de tránsito, aportará datos precisos y confiables para estudios de movilidad urbana.

4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

4.1 Introducción

El problema planteado ha sido vigente a través del tiempo desde el momento de la introducción del vehículo en la vida cotidiana de las personas. Para analizar una propuesta de solución, es necesario, primeramente, entender los factores de comportamiento que definen los resultados, así como las estrategias planteadas hasta el momento, mismas que ayudarán en el desarrollo de un proyecto que pretende aportar de manera activa y determinante en la implementación de medidas preventivas haciendo uso de tecnología cada vez más cotidiana.

4.2 Revisión de literatura

Con la finalidad de establecer la base teórica de este trabajo se desarrolló una investigación con más de 44 documentos, entre artículos, patentes y trabajos similares enfocados en aplicaciones y análisis de los factores que influyen en el nivel de accidentalidad vial, así como en el uso de elementos tecnológicos con fines de estudio sobre el comportamiento del conductor y registro de siniestros con propósitos estadísticos.

4.2.1 Objetivos de las investigaciones realizadas

La distribución de objetivos de los documentos revisados queda de la siguiente manera:

- 11 documentos (16%) analizan desde diversas perspectivas el comportamiento del conductor (Casillas, 2015), también suponen algunos factores que lo modifican, tales como la implementación de medidas de señalización e infraestructura que soportan un manejo más seguro (Gómez, Hernández, Ruiz, Padilla, De la Torre & Azpeitia, 2010; Aviña, Mondragón, Hernández & Hernández, 2009). También describen algunas soluciones tecnológicas para el monitoreo del modo de conducción, desde dispositivos instalados en el vehículo que registran el comportamiento del conductor (McClellan & Follmer, 2013; Gupte, 2018) hasta

sistemas de visión que a través del procesamiento de imagen deducen patrones para el control de tráfico y vías donde se incide frecuentemente en exceso de velocidad (COSEVI, 2014; Gómez et al, 2010).

- 16 documentos (23%) se enfocan en el problema de Salud Pública que deriva de los accidentes automovilísticos. Algunos de ellos analizan el impacto económico de este fenómeno en escalas representativas, y ubican el problema en alta prioridad para los gobiernos mundiales (Aviña et al, 2009; Rascón, 2007; FiA Foundation, 2018; Secretaría de Salud, 2014). Algunos de los documentos analizan y describen la estrategia tomada en diferentes países y los resultados obtenidos (Contreras, Mendoza & Gutiérrez, 2011), sin dejar de denotar la preocupación mundial por los efectos del problema urgiendo a los gobiernos de diferentes países para poner especial atención en la implementación de medidas de reducción de la alta tasa de mortalidad derivada de este fenómeno (OMS, 2011).

- 22 documentos (31%) hablan sobre la Tecnología de la Información aplicada a la Seguridad Vial. Todos los artículos revisados y clasificados en este rubro mencionan diferentes formas de hacer la minería de datos a través de sistemas tecnológicos, así como métodos vectoriales de análisis predictivo a través de Inteligencia Artificial (Lokala, Nowduri & Sharma, 2017). En algunos casos, se plantea el uso de redes vehiculares para la determinación de factores de comportamiento de los conductores (Najada & Mahgoub, 2016; Fusco, Colombaroni & Isaenko, 2016; Shi & Abdel-Aty, 2015); en otros casos se propone el uso de sistemas de vigilancia urbana, como las cámaras de control de tráfico, con procesamiento de imágenes que permita identificar factores de riesgo y comportamiento de los conductores (St. Aubin, Saunier & Miranda-Moreno, 2016). Todos ellos presentan propuestas de implementación que permiten el uso de algún elemento tecnológico para obtener los datos, algunos de ellos ocupan sistemas en proceso de implementación y que no están disponibles ni en países de primer mundo aún. En algunos otros, las propuestas presentadas permiten visualizar opciones de implementación como crecimiento del proyecto, es decir, las fuentes

de datos mencionadas en los artículos podrían integrarse en etapas futuras del proyecto.

- 9 documentos (13%) están centradas en el concepto de Big Data y su relevancia en el análisis de diferentes factores, entre ellos la identificación de patrones de comportamiento y circunstanciales que pueden derivar en un accidente de tráfico (Hidalgo, López & Adriazola-Steil, 2018). Todos ellos coinciden en que una de las partes más importantes es la conformación de bases de datos, aun cuando proponen diferentes fuentes, una base de datos estructurada de tal manera que permita un análisis preciso puede ser fundamental en la definición de los factores descriptivos del problema de la accidentalidad en el tránsito (Kumar & Toshniwal, 2015).
- 12 documentos (17%) mencionan metodologías usadas por Aplicaciones con fines de Asistencia al Conductor. Las propuestas presentadas en estos documentos describen diferentes maneras de proporcionar asistencia al conductor con fines de seguridad. Las propuestas incluyen aplicaciones con fines de reportaje de emergencias (Zotti, Dixon & Groves, 2012; Reitnour, Reitnour, Reitnour & Reitnour, 2013); sistemas de interconexión incluyendo redes vehiculares con la intención de proporcionar datos al conductor que le permitan transitar por vías sin obstáculos o de mayor conveniencia (Saigh, Arndt & Saigh, 2013); restricción del uso del teléfono celular como distractor al volante (Fischer & Nguyen, 2011); el uso del teléfono celular para la determinación de flujo y carga vehicular (Nagda, Li, Fan, Yang & Fay, 2005; Chapman, Parikh & Downs, 2012). Finalmente se plantean diferentes metodologías de implementación de aplicaciones móviles con fines de asistencia al conductor.

4.3 Marco teórico

En esta sección se analizarán los siguientes temas:

- Naturaleza del comportamiento del conductor. Se analizarán de manera general los factores demográficos que tienen influencia en el comportamiento de los conductores.
- El problema desde la perspectiva de la salud pública. Se tratarán los programas surgidos a escala mundial y su adopción a través de programas regionales con la finalidad de atacar el problema.
- La Tecnología de la Información aplicada a la Seguridad Vial. En esta sección se revisarán las herramientas disponibles de tecnología de la información y la manera en la que se han utilizado en materia de seguridad vial.
- Big Data. Se dará un breve recorrido sobre el término y su aplicación al proyecto. También se explicará como este concepto resulta cada vez más importante en términos de valor comercial y oportunidad de negocio.
- Aplicaciones móviles enfocadas en asistencia al conductor y prevención de accidentes. Daremos un recorrido sobre las principales aplicaciones disponibles actualmente en el mercado y su aportación a la solución del mismo problema.
- Análisis Geo-estadístico. Se explicará de manera general las herramientas que permiten hacer un análisis estadístico aplicado a planos de coordenadas, para predicción de fenómenos en áreas territoriales delimitadas.

4.3.1 Naturaleza del comportamiento del conductor.

Existen diversos factores que influyen en el comportamiento de los conductores al momento de circular en sus vehículos en las vías públicas, todos ellos influyen directa o indirectamente en la manera en que los conductores conviven en el entorno vial en el que se mueven:

- Factores culturales. La cultura se involucra directamente con el comportamiento de los conductores. Una cultura general donde se promueve

el respeto por los demás permite que esa manera de proceder se traslade a una cultura vial de mayor armonía. Esta mentalidad a su vez se ve influenciada por una serie de factores sociales y económicos, es por eso que, en países considerados de primer mundo, se puede aspirar a una cultura vial de mayor respeto y armonía.

- **Infraestructura.** Una ciudad cuya infraestructura fue desarrollada sin una planeación adecuada genera un ambiente de conflicto para los conductores, generando un estrés emocional que deriva en la modificación de su comportamiento. La infraestructura vial de una ciudad ejerce una influencia sobre el automovilista, modificando su temperamento, conductas y respuestas, volviéndolo participante o propiciador del caos vial (Casillas, 2015).
- **Tipo de vehículo.** Las prestaciones y las dimensiones del vehículo que se conduce influyen en la manera en que reacciona el conductor. Características como la respuesta a la aceleración o la maniobrabilidad, así como dimensiones del vehículo, generan en el conductor un estado de ánimo propenso a la intrepidez (List, 2000).
- **Políticas públicas.** La ausencia de políticas públicas que regulen efectivamente los comportamientos que generan accidentes viales genera un ambiente de permisividad de conductas inseguras, propiciando condiciones de alta probabilidad de accidentes.

4.3.2 El Problema desde la perspectiva de la Salud Pública.

Los efectos derivados de los accidentes automovilísticos en todo el mundo resultan devastadores desde muchas perspectivas, pero especialmente del de la Salud Pública, ya que afecta emocional, funcional y económicamente a la sociedad.

Los decesos y las lesiones crónicas terminan por generar en muchos casos familias disfuncionales, al perder a uno de sus miembros, o destinar parte de su patrimonio al sostenimiento de alguno de ellos.

De igual manera, en el aspecto económico, los accidentes automovilísticos, tienen una repercusión económica del 1% al 3% en el PNB (Producto Nacional Bruto) respectivo de cada país, lo que asciende a un total de más de \$ 500 000 millones (Híjar, 2014), considerando los costos materiales y la disminución de la productividad de la población.

4.3.3 La Tecnología de la Información aplicada a la Seguridad Vial.

El uso de la Tecnología de la Información para resolver muchos problemas sociales ha jugado un papel importante en el desarrollo y mejoramiento de las condiciones de vida. En el caso de la Seguridad Vial, se han tratado de implementar diferentes estrategias basadas en soluciones de Tecnología de la Información, tales como el uso de elementos de monitoreo y vigilancia urbana y el procesamiento de datos de teléfonos móviles para la determinación de vías congestionadas y redefinición de rutas, principalmente en flotillas de vehículos de carga.

También se han planteado este tipo de beneficios a través de las redes vehiculares, una tecnología que está en crecimiento y que eventualmente permitirá un intercambio de datos entre vehículos y redes urbanas, permitiendo mejorar la dinámica del tránsito y la seguridad en las calles. El único inconveniente, por el momento, es que se trata de una tecnología en desarrollo, misma que empezará a implementarse en ciudades de países de primer mundo, y eventualmente en países como el nuestro.

Se han desarrollado, incluso, algoritmos para poder procesar imágenes obtenidas de las cámaras urbanas con la intención de aprender el comportamiento de los conductores y poder usar los elementos de control de manera adecuada. Algunos de estos algoritmos también permiten la predicción de situaciones y eventos.

Existen múltiples sistemas que intercambian información recolectada para estos fines, tal es el caso de la GNSS (Global Navigation Satellite Systems), GPS

(Global Positioning System), GALILEO, EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Services, GSM (Global System for Mobile Communications), WLAN (Wireless Local Area Network), entre otras, que se han utilizado para control de tráfico como fue antes mencionado.

El desarrollo de sistemas de Inteligencia artificial, por su parte, ha permitido hacer el análisis de la información y aprender de manera constante las variables que intervienen en la mejora del flujo vehicular.

4.3.4 Big Data.

En la era de la explosión de datos, casi todos los aspectos de la actividad social son impactados por la abundancia de información. Dicha información, caracterizada por un alarmante volumen, velocidad y variedad, es denominado frecuentemente como “Big Data” (Beyer y Laney, 2012).

Una de las razones principales de que el fenómeno del “Big Data” exista es la actual expansión de la información que puede ser generada y accesible de manera digital. El acceso a medios digitales es cada vez más común, y la facilidad que se tiene para generar documentos, materiales gráficos y diversos contenidos en este formato ha obligado a generar estrategias para resguardar toda esta información.

De la misma manera, la facilidad con la que se puede acceder a ella, así como la existencia de métodos para procesar dicha información se ha convertido en una poderosa herramienta para el análisis e investigación de fenómenos sociales, económicos y científicos.

Por lo tanto, el uso responsable e inteligente de la información dentro de este gran repositorio resulta, en cualquier ámbito, una ventaja que permite la competitividad, permanencia y crecimiento de cualquier compañía o proyecto.

La existencia de máquinas de procesamiento y análisis de datos, puede resultar de mucho interés para quienes tienen la visión de explotar toda esa información y utilizarla con fines de crecimiento y mejora en cualquier ámbito.

4.3.5 Aplicaciones móviles enfocadas en asistencia del conductor y prevención de accidentes.

En la actualidad, existen un sinnúmero de aplicaciones enfocadas en la asistencia del conductor con la finalidad de prevenir accidentes y ayudarlo a llegar a su destino sin inconvenientes.

La mayoría de las aplicaciones han sido generadas con la intención de generar una red de información que permite ser alertado de diversas circunstancias, tales como el volumen de tránsito en la ruta del usuario, peligros, obstáculos y hasta retenes o presencia de patrullas.

Algunas otras, enfocan su funcionalidad en la asistencia al usuario ante una emergencia. Proporcionan y procesan de manera casi automática la solicitud de soporte ante un accidente. Este tipo de aplicaciones es una oferta cada vez más común en las agencias de seguros de autos, donde ante un siniestro, el usuario puede solicitar el soporte de un ajustador, enviando automáticamente datos relevantes para la localización e identificación del tipo de incidente.

El resto de las aplicaciones disponibles en el mercado actualmente se enfocan en la educación sobre las reglas de tránsito y las mejores prácticas de conducción. Este tipo de aplicaciones tienen características que las pueden hacer atractivas para niños y adolescentes, proporcionando un medio de educación, que podrá tener un impacto positivo en la cultura vial de las futuras generaciones al volante.

De todas estas aplicaciones, la más común a nivel mundial es la denominada "Waze". Su nombre, que hace alusión a las rutas que puede tomar un usuario estableciendo su destino dentro de la aplicación, tomando en cuenta las condiciones

de dicha ruta determinadas principalmente por reportes de otros usuarios de la misma aplicación. La plataforma procesa todos los reportes para proponer al usuario la mejor ruta basada en las condiciones del camino.

El usuario, cuando es avisado de un evento u obstáculo en su ruta (por ejemplo, tramos en construcción, obstáculos, accidentes, presencia policiaca, etc.), tiene la opción de confirmar que el reporte sigue vigente, de esta manera, la información que procesa la aplicación se mantiene actualizada gracias a los usuarios de la misma comunidad.

Waze, utiliza métodos de ludificación, que permiten que el usuario obtenga puntos y se vea motivado por avisos que le muestran la cantidad de personas que reconocieron su ayuda por cada reporte generado. Los puntos obtenidos, le permiten al usuario ir escalando en su rango como usuario.

Al final, la facilidad que existe en la actualidad para generar aplicaciones con diversos fines, y el gran auge que ha tenido el uso de los teléfonos móviles en distintas sociedades, permite visualizar este tipo de condiciones para usarlos como una excelente fuente para la minería de datos.

4.3.6 Análisis Geo-estadístico.

Existen diferentes métodos de Interpolación espacial, que permiten calcular el valor de una variable en una posición del espacio, conociendo los valores de esa variable en otras posiciones del mismo espacio (Bosque, 2000:375).

Dentro de esos diversos métodos, se clasifican en dos tipos principales: Métodos determinísticos y Métodos probabilísticos.

Los determinísticos se caracterizan por calcular el valor de una celda basado en las propiedades físicas de las muestras. El método determinístico más usado es el denominado IDW (Ponderación Inversa de la Distancia, por sus siglas en inglés).

Con respecto a los métodos probabilísticos, estos hacen una inferencia o estimación de los datos dentro de un plano, basados en las muestras disponibles (Maune, Nayegandhi, 2001). El método más utilizado en este caso es Kriging.

Dado que la propuesta pretende predecir la incidencia de accidentes a partir de datos discretos dentro de un plano geográfico, obtenidos a través de la aplicación móvil, un método determinístico permitiría analizar los fenómenos específicos que se capturen, sin embargo, quedaría limitado para arrojar la probabilidad de que ocurran ciertos eventos en el área de estudio. Por lo tanto, en este caso, la metodología de Kriging resulta la más conveniente para el proyecto.

5. METODOLOGÍA

La siguiente investigación se conforma por varios estudios de tipo mixto.

Se realizó una investigación cualitativa, de tipo exploratorio de corte transversal, en el cual se analizaron y determinaron los parámetros más relevantes para el estudio a través de una entrevista con un experto en movilidad; en otro estudio se analizaron las principales características del usuario objetivo; y una más en la cual se evaluó la usabilidad de la herramienta bajo los parámetros y características del usuario objetivo.

Se realizó una segunda parte de tipo cuantitativo, cuasiexperimental de corte longitudinal, en el cual se analizaron las características de la obtención de la información de los reportes de incidentes de tránsito y finalmente se realizó un estudio en el cual se analizó la calidad de la información para determinar las zonas de mayor probabilidad de accidentes.

5.1 Metodología del Triple Diamante

El desarrollo de este proyecto estará basado en una variante de la metodología del Doble Diamante, propuesta por la compañía Green Dice de Reino Unido, a la cual denominaron Triple Diamante.

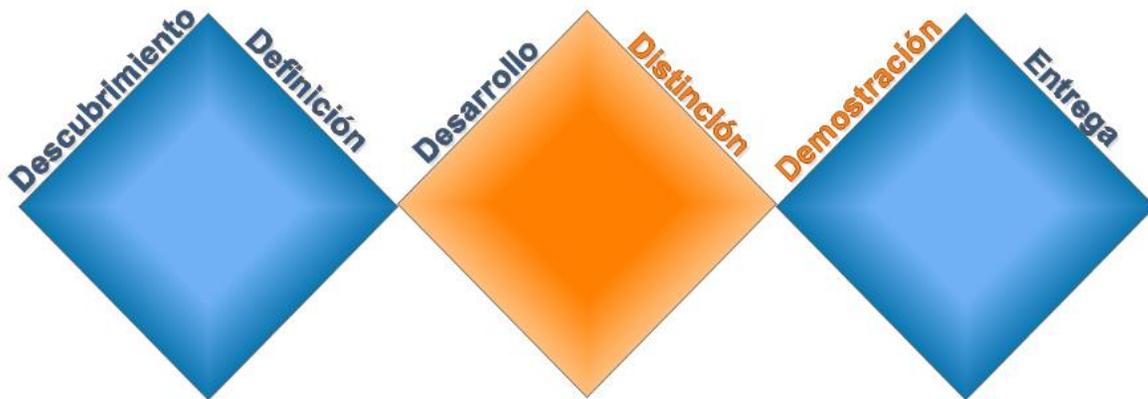


Imagen 1. Metodología del tripe diamante propuesta por la compañía Green Dice.

A diferencia de la metodología del Doble Diamante, la metodología de Triple Diamante incorpora una tercera etapa intermedia, desplazando la etapa de Desarrollo al diamante intermedio y agregando dos etapas, la de Distinción y la de Demostración.

La propuesta hace énfasis en que cualquier proyecto, sobre todo los de innovación, tienen que establecer su distinción para posicionarse en el mercado, y

de igual manera, establece la importancia de llevar a cabo varias pruebas con los clientes finales antecediendo la entrega final durante la etapa de Demostración.

Se selecciona esta metodología porque integra dentro de una serie de pasos típicos del desarrollo e implementación de un proyecto, una etapa esencial en cualquier proyecto de innovación: Distinción. En esta etapa se resaltan los aspectos que demuestran que el proyecto tiene carácter de innovación.

A continuación, se describe con mayor detalle cada una de las etapas de la metodología del Triple Diamante, y será en la sección 7.2 donde se podrá encontrar los detalles de la implementación de esta metodología aplicados al proyecto

5.1.1 Descubrimiento

La etapa del descubrimiento es la primera en la metodología. Comienza con la idea inicial y la inspiración. En esta fase es donde se identifican las necesidades del usuario, y en ella se ejecutan las siguientes actividades:

- Investigación de mercado
- Investigación del usuario
- Manejo de información
- Diseño de grupos de investigación

5.1.2 Definición

En la etapa de definición se lleva a cabo la interpretación y alineamiento de las necesidades del usuario con los objetivos del negocio o proyecto. Las actividades clave durante esta fase son las siguientes:

- Planeación del proyecto
- Manejo del Proyecto
- Cierre del Proyecto

5.1.3 Desarrollo

Durante esta fase es cuando se ejecutan las actividades planeadas para el desarrollo del proyecto basado en el plan establecido, se realizan iteraciones y pruebas internas en la compañía o grupo de desarrollo. Las actividades clave durante esta etapa son las siguientes:

- Trabajo multidisciplinario
- Manejo Visual del desarrollo del proyecto
- Desarrollo de Métodos
- Pruebas

5.1.4 Distinción

La etapa de distinción revela y establece las características que distinguen la propuesta del proyecto del resto de las propuestas, también determina la estrategia a seguir para asegurar que los clientes objetivo realmente optarán por buscar el producto o servicio que se desarrolla en el proyecto. Las tareas clave durante esta etapa son las siguientes:

- Definición de características críticas y particulares
- Definición de estrategia de introducción
- Desarrollo de estrategia de mercado

5.1.5 Demostración

En la etapa de demostración se realizan prototipos para evaluar el nivel de cumplimiento del propósito del proyecto y asegurar que el diseño resuelve el problema para el cual fue creado. A diferencia de las iteraciones que se realizan en la etapa de desarrollo, las pruebas que se realizan durante la etapa de demostración ya se realizan con el cliente final. Las tareas clave en esta fase son las siguientes:

- Análisis de cumplimiento de requisitos
- Planeación y ejecución de prototipos
- Ejecución de pruebas con usuarios finales
- Evaluación de resultados de las pruebas

- Definición de ajustes en el diseño

5.1.6 Entrega

La entrega es la última etapa de la metodología del Triple Diamante. Durante esta etapa, el producto o servicio desarrollado es finalizado y lanzado al mercado y/o es entregado al cliente final. Las actividades principales que ocurren durante esta etapa son las siguientes:

- Pruebas finales, aprobación y lanzamiento
- Evaluación de objetivos y ciclos de retroalimentación

5.2 Proceso de desarrollo del proyecto

A continuación, se describen las actividades específicas que formaron parte del desarrollo del proyecto basados en la metodología del triple diamante.

Etapa de Descubrimiento:

- Identificación del problema. A través de la búsqueda de problemas que aquejan al país, se llegó a la conclusión de que la alta tasa de mortalidad a causa de los accidentes automovilísticos, es un problema que requiere de herramientas que ayuden a generar estrategias más efectivas y eficientes para su prevención.
- Dimensionamiento del problema encontrado y sus efectos, basado en estadísticas internacionales, nacionales y locales, mediante el análisis de literatura sobre el tema. En esta fase se descubrió que el problema no ha sido solucionado porque en realidad no ha sido entendido por completo y que tiene un grado de complejidad aún mayor ya que depende de una cultura vial, variable de región a región. Esto nos llevó a la conclusión de que la propuesta tendría que tener un carácter de universalidad para poder adaptarse de manera sencilla a diversas localidades.
- Investigación sobre los métodos usados actualmente para tratar de atacar el problema, los recursos utilizados y su efectividad. La investigación se realizó a través de una entrevista con un experto en materia de movilidad urbana de la facultad de ingeniería de la UAQ.
- Identificación de actores de proyecto, incluyendo expertos en movilidad y en estrategias de desarrollo de plataformas de manejo de datos.

Etapa de Definición:

- Se definió el esquema de desarrollo del proyecto, incluyendo el diseño de una aplicación móvil para la captura de reportes de incidentes de riesgo; la estructuración de una base de datos con parámetros relevantes y la

definición del análisis de tipo geo-estadístico como valor agregado a la información contenida en la base de datos.

- A través de la entrevista con un experto en movilidad en junio de 2018, se definieron los parámetros relevantes para su captura a través de la aplicación móvil: Ubicación del incidente; Fecha y Hora; Tipo de incidente; y Condiciones climáticas. También se definió que la manera más conveniente para presentar la información para su estudio es de manera geo-referenciada.

Etapa de Desarrollo:

- Estructuración de base de datos. Se tomó como parte inicial del desarrollo como paso estratégico para optimizar el desarrollo de la aplicación móvil y su desempeño pensado en el usuario (uso de datos, optimización de memoria de dispositivo y recursos de procesamiento). Esta misma estructura consideró los parámetros definidos por el experto en Movilidad Urbana.
- Desarrollo de primer prototipo de aplicación móvil para evaluar la experiencia del usuario durante su uso a través de grupos de enfoque. Se desarrolló un prototipo con la distribución e imágenes propuestas y con el uso de hipervínculos en Power Point. Dicho prototipo permitió medir la interacción de los usuarios con la aplicación, identificar mejoras en cuanto a su usabilidad y capturar las principales inquietudes de los participantes. El resultado fue la definición de Story Boards para la aplicación final.
- Se desarrolló una plataforma de consulta basada en web. Dicha plataforma dispone de acceso a través de usuario y contraseña. Permite revisar los registros con los parámetros específicos de cada uno de ellos.

Etapa de Distinción:

- Definición del esquema de negocio. La propuesta se basó en un esquema flexible, que permite ampliar el alcance y capacidades de personalización de la plataforma, dependiendo de la zona geográfica donde quiera

implementarse. La plataforma se desarrolló de manera independiente, sin ningún vínculo con instituciones gubernamentales ni de intereses particulares, pero estará abierta a adaptaciones con el fin de responder a las necesidades y particularidades de quien decida adoptarla.

- Se realizó una comparativa de los métodos actuales de minería de datos con la propuesta del proyecto. Se llegó a la conclusión de que el proyecto tiene mayores ventajas en cuanto a precisión, vigencia y volumen de datos, sin embargo, el costo de implementación se valoró como medio, debido a que la estrategia de motivación para la generación de reportes podría incluir la inversión para la disposición de premios y recompensas para los usuarios.

Etapa de Demostración:

- Se realizaron pruebas con la aplicación beta. Esta aplicación básica se utilizó para validar el tipo de datos generados y la consistencia de los mismos.
- La plataforma de consulta, que requiere de un usuario y contraseña, arrojó el registro total de los datos, mismos que se usaron para procesarlos con herramientas de análisis geo-estadístico.

Etapa de Entrega:

- Los datos generados fueron presentados a la Dirección de Movilidad del Municipio de Querétaro, quienes manifestaron su interés en el uso de la metodología para los fines que fue establecido y en conjunto con otros programas de movilidad que ya están implementados.

5.3 Recursos humanos

A continuación, se enlistan los actores de proyecto identificados. Dichos actores son contactos personales y académicos y participarán de manera voluntaria y solidaria en el desarrollo del proyecto.

- Especialista en movilidad urbana. El especialista en movilidad urbana dará orientación sobre los parámetros críticos que debe capturar y procesar la plataforma, así como la manera más útil de presentación.
- Informático. Dado que la plataforma será completamente digital, se debe contar con la aportación de un desarrollador para la implementación de la base de datos, el desarrollo de la aplicación móvil y el desarrollo de la plataforma de consulta.
- Diseñador Gráfico. El diseñador gráfico aportará el desarrollo de la imagen de la plataforma y proporcionará los detalles visuales de la misma para el desarrollo digital.

5.4 Recursos materiales.

Los recursos listados a continuación son los que se necesitaron para el desarrollo del proyecto. Se contó con el apoyo de un contacto personal, el director de la compañía Next Level, quien apoyó con las actividades de desarrollo y disponibilidad de las herramientas e implementación de manera independiente:

- Equipos de cómputo para el desarrollo de imagen, aplicación y plataforma de consulta.
- Servidor. Se utilizó un servidor rentado, el costo anual aproximado está alrededor de los US\$275, incluye mantenimiento.
- Espacio de trabajo para desarrollador informático y diseñador gráfico.

- Impresora.
- Licencia de Adobe Illustrator para diseño gráfico. El costo anual de licencia es de aproximadamente US\$240.
- Herramientas de desarrollo de aplicaciones gratuitas y MySQL (inicialmente).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el proyecto, se realizaron diversos experimentos con la intención de validar, entender y refinar algunos aspectos específicos de la propuesta. Dichos experimentos son descritos a continuación.

6.1 Encuesta para definición del perfil del usuario de la aplicación móvil.

6.1.1 Objetivo.

Identificar el nivel de interés de la población en participar en el proyecto, así como el perfil de enfoque para el desarrollo de la herramienta de captura de datos.

6.1.2 Sujeto experimental y desarrollo del ejercicio.

Se realizó un análisis de tipo cualitativo, no experimental y transversal, a través de una encuesta de 18 reactivos con una Alfa de Cronbach de 0.722, la cual fue contestada por un total de 126 personas (Anexo 1).

La convocatoria para el experimento fue realizada a través de redes sociales limitada a personas que radicaran dentro de la ciudad de Querétaro, a través de la cual se explicó que el propósito de la misma era obtener información valiosa para la fundamentación y estructuración del proyecto, tal como el nivel de interés de participación en un proyecto de propósitos de prevención en materia de seguridad vial basado en su percepción general en este contexto, así como el perfil del usuario en el cual se debería de enfocar el desarrollo de la interfase de reportaje de incidentes.

6.1.3 Mediciones y análisis.

El análisis de la información arrojada por la encuesta, nos ayudó a deducir las siguientes conclusiones:

- De acuerdo al nivel de interés de los encuestados, la población objetivo para el desarrollo de la herramienta de minería de datos debe enfocarse en sujetos con un rango de edad entre 25 y 45 años de edad.

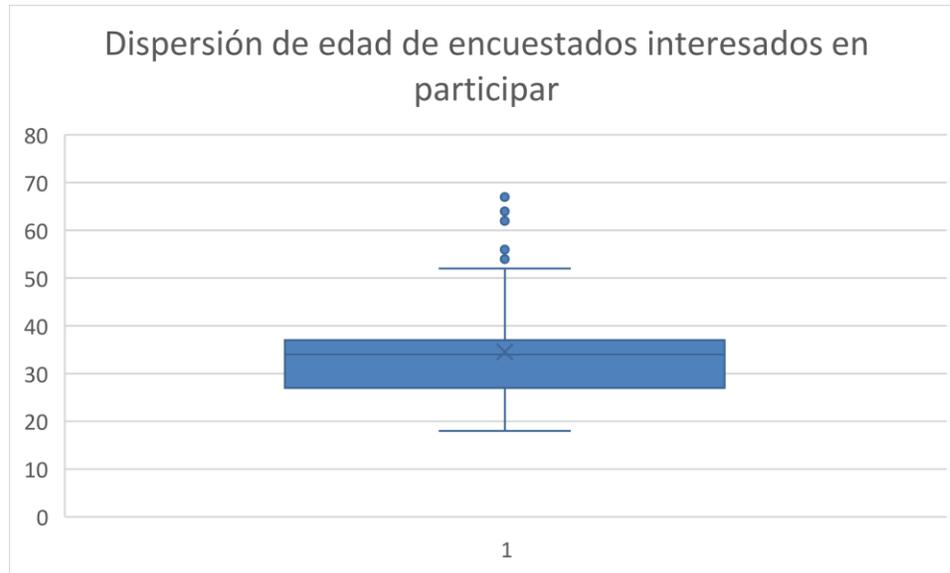


Imagen 2 – Dispersión de edad de encuestados que demostraron interés en participar

- No existe como tal, una tendencia determinante hacia un género en específico. Se demostró que el sexo del sujeto no influye en su interés por aportar información con fines de mejora en la seguridad vial.

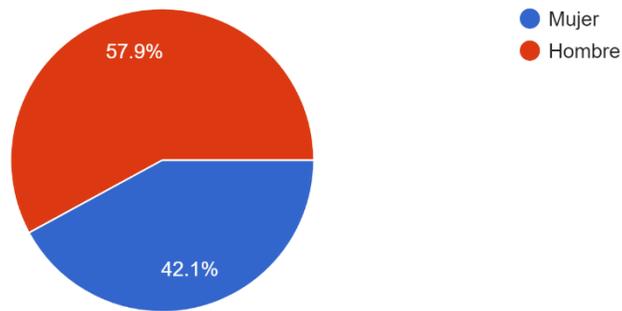


Imagen 3 - Distribución de encuestados interesados por género

- En cuanto a las características de la herramienta, que permitan mantener un interés activo en aportar información, se concluyó que la mayoría de la población no espera remuneración económica por su participación, siempre y cuando se reconozca de alguna manera su grado de participación, y sea visible para ellos la utilidad de su desempeño a través de la notificación de la implementación de medidas a partir de la información generada.

6.2 Grupo de enfoque para medir la usabilidad de la herramienta de captura de reportes.

6.2.1 Objetivo.

Exponer el primer prototipo de la aplicación móvil a un grupo de personas para evaluar su usabilidad y obtener retroalimentación sobre la imagen de la misma.

6.2.2 Sujeto experimental y desarrollo del ejercicio.

Se desarrolló un prototipo basado en Power Point, utilizando hipervínculos para generar la posibilidad de interactuar con la propuesta y navegar a través de sus funciones. Se utilizaron los story boards que se diseñaron tomando en cuenta recomendaciones comunes de uso de colores, tipo y tamaño de íconos.



Imagen 4 - Story Boards de Prototipo de Usabilidad

Dicho prototipo se sometió a revisión de un grupo de enfoque conformado por un total de 7 personas, quienes tomaron el control de la herramienta usando el ratón de la computadora y navegando a través de la interfase de prueba.

Dentro del equipo que participó en el experimento estuvieron presentes dos personas con una amplia experiencia en desarrollo de interfases de usuario para productos del área automotriz y línea blanca, quienes realizaron observaciones y recomendaciones que ayudaron a mejorar la propuesta evaluada. Todos los participantes se encontraron en el rango de edad de entre los 25 y 39 años, 6 eran de género masculino y una de género femenino. Todos con un nivel de estudio mínimo de licenciatura y máximo de maestría.

Esta prueba fue realizada el día 19 de abril de 2018.

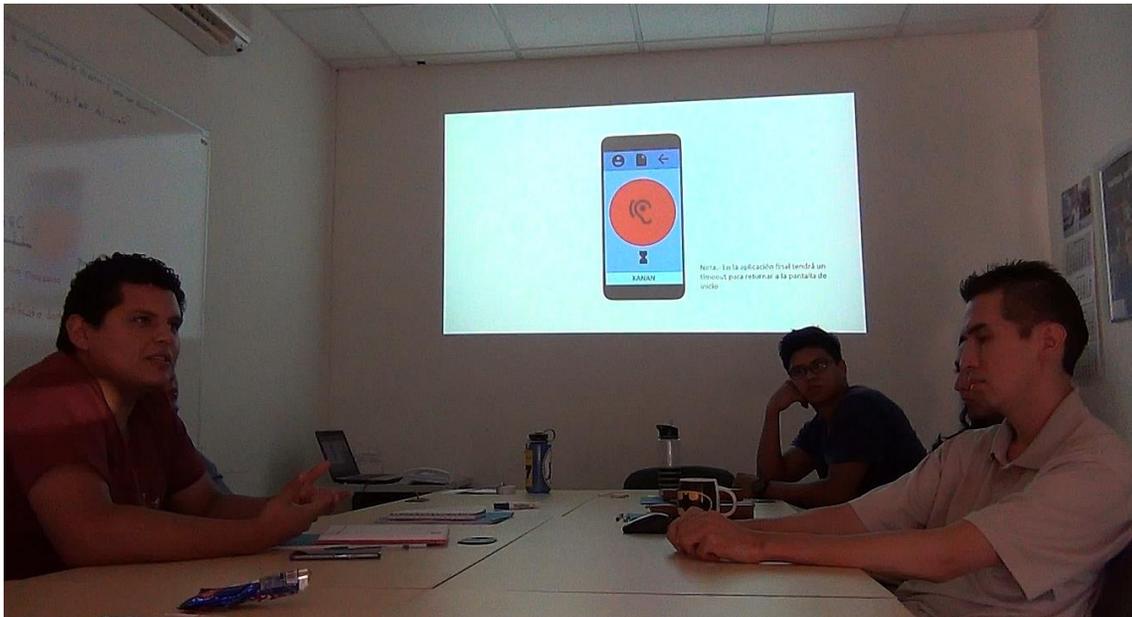


Imagen 5 - Grupo de Enfoque para la evaluación de la usabilidad del prototipo de aplicación móvil

6.2.3 Conclusiones del ejercicio.

El ejercicio concluyó con muy buenas observaciones al respecto de la propuesta visual y de interacción del primer prototipo. El grupo concluyó las siguientes observaciones:

- La imagen de la aplicación en general resulta agradable, genera confianza en el usuario y la distribución de los íconos parece adecuada.
- Se consideró que el uso de la propuesta es intuitivo, lo cual confirma un grado bueno de usabilidad.
- Se sugirieron algunas mejoras, tales como:
 - La consideración de una función de comandos por voz para la generación de reportes.
 - La inclusión de una pequeña descripción para cada uno de los íconos. Esto ayudaría a entender un poco mejor la función de cada uno de ellos.
 - Sugerir un logo y un texto menos común para la pantalla principal de la aplicación móvil.

6.3 Entrevista con experto en Movilidad Urbana.

6.3.1 Objetivo.

Exponer la propuesta y obtener recomendaciones sobre los parámetros relevantes para estudios de movilidad urbana, procesamiento y modo de presentación de información estadística.

6.3.2 Desarrollo del ejercicio.

Se solicitó una entrevista con el Dr. Saúl Obregón Biosca el día 06 de junio de 2018. En el momento de la entrevista, el entrevistado fungía el cargo de Coordinador de la Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se le presentó la propuesta del proyecto con la finalidad de obtener sus comentarios, tomando en cuenta que, durante sus investigaciones en materia de movilidad urbana, él se encuentra en constante análisis del tipo de información que se genera a través de este proyecto. Por lo tanto, obtener de manera directa las recomendaciones de alguien con el perfil del usuario potencial de la herramienta resulta de alto valor para la definición estratégica de la propuesta.

6.3.3 Conclusiones del ejercicio.

A partir de la entrevista se logró acotar la definición de los parámetros de mayor relevancia para el estudio de la movilidad urbana. De la misma manera, se obtuvieron del entrevistado sugerencias en cuanto a la manera en que resultaría de mayor utilidad la presentación y acceso de la información generada a través de la plataforma.

Se concluyó en general lo siguiente:

- Los parámetros de los incidentes que resultan de utilidad en este tipo de análisis son: Fecha, hora, ubicación, tipo de incidente y condiciones climáticas.
- Para la consulta de la información, resulta de mucha utilidad poder visualizar los resultados de manera geo-referenciada y poder filtrar la información específica que se desea analizar.
- A partir de la definición de estos parámetros, se pudieron definir cadenas de datos optimizadas, de tal manera que el consumo de datos por el envío de los reportes se minimice tanto como sea posible. Con dicha estructuración, se estima que cada reporte estaría consumiendo un máximo de 10B.

6.4 Prueba de proyecto con aplicación beta y plataforma de consulta.

6.4.1 Objetivo.

Validar en conjunto la capacidad de la propuesta para generar información que resulte útil para el análisis de los factores que intervienen en la accidentalidad dentro de la zona urbana de Querétaro, Querétaro, México.

6.4.2 Desarrollo del ejercicio.

Para la ejecución de esta prueba de validación, se acudió al soporte de un contacto personal, quien desarrolló una aplicación beta capaz de ser instalada en dispositivos móviles con sistema operativo Android y utilizada por usuarios voluntarios con un perfil específico, con el fin de generar reportes en el ambiente de operación objetivo.

Es decir, los usuarios a través de esta aplicación fueron capaces de generar y enviar reportes de los incidentes que observaron en sus trayectos diarios.



Imagen 6 - Imágenes de la aplicación de prueba

Para el ejercicio, se convocó a través de redes sociales a usuarios que en sus trayectos diarios usan transporte público, son peatones o usan vehículos sin motor, tales como bicicletas, patines, etc. La finalidad de seleccionar este tipo de perfil fue principalmente concentrar el estudio en el análisis de la información recopilada a través de la plataforma (<http://app.kanandata.com>) dado que la usabilidad fue evaluada con el prototipo anterior.

Se registraron en total 13 usuarios de los cuales sólo 6 estuvieron activamente generando reportes.

Usuarios			
Nuevo			
Nombre	Apellido Paterno	Apellido Materno	Acciones
Dulce	Leal	Garfias	Detalles Editar Borrar
Gullebaldo	Rojas	Coronado	Detalles Editar Borrar
Luis	Maldonado	Azpeitia	Detalles Editar Borrar
Paulina	Gutiérrez	Rivera	Detalles Editar Borrar
Berenice	Hernández	Granados	Detalles Editar Borrar
Iván	Vásquez	Libreros	Detalles Editar Borrar
Carolina	Díez Martínez	Vásquez	Detalles Editar Borrar
Carolina	Díez Martínez	Vásquez	Detalles Editar Borrar
Gonzalo	Cid	Villegas	Detalles Editar Borrar
Fernando	Barraza	Martinez	Detalles Editar Borrar
Claudia Citlalli	Ortiz	Olvera	Detalles Editar Borrar
Pablo César	Chávez	Martínez	Detalles Editar Borrar
Catalina	García	Reyes	Detalles Editar Borrar
Aaron	Zarate	Hernandez	Detalles Editar Borrar

Imagen 7 - Pantalla de lista de usuarios registrados, de la plataforma de consulta

En el periodo comprendido del 29 de octubre al 01 de diciembre de 2019 (casi 5 semanas) se realizaron un total de 111 reportes, los cuales pudieron ser visualizados y capturados en la base de datos desde la plataforma de consulta.



Incidentes

Nuevo

Matricula vehiculo	Tipo incidente	Descripcion incidente	Acciones
	Omisión de señalamientos viales	Taxi dando vuelta en U en lugar prohibido	Detalles Editar Borrar
B945	Omisión de señalamientos viales	Taxi se pasó alto	Detalles Editar Borrar
	Manejo agresivo/imprudente	Una camioneta rebasó por el carril izquierdo	Detalles Editar Borrar
UNX324A	Manejo agresivo/imprudente	Doble cambio de carril izquierda derecha sin intermitentes	Detalles Editar Borrar
ERX8P	Obstrucción de vías para peatones, discapacitados o bicicletas	Moto obstruye parte del paso peatonal	Detalles Editar Borrar
UMH2351	Obstrucción de vías para peatones, discapacitados o bicicletas	Carro estacionado en carril de baja en panadería la Esperanza	Detalles Editar Borrar

Incidente

Matricula vehiculo:
HMH9720

Tipo incidente:
Manejo agresivo/imprudente

Descripcion incidente:
Manejando en Sentido contrario

Fecha hr incidente:
dom, 03 de nov de 2019 a las 14:25:40 CST

Condicion clima:
Clima seco

Latitud:
20.6178946

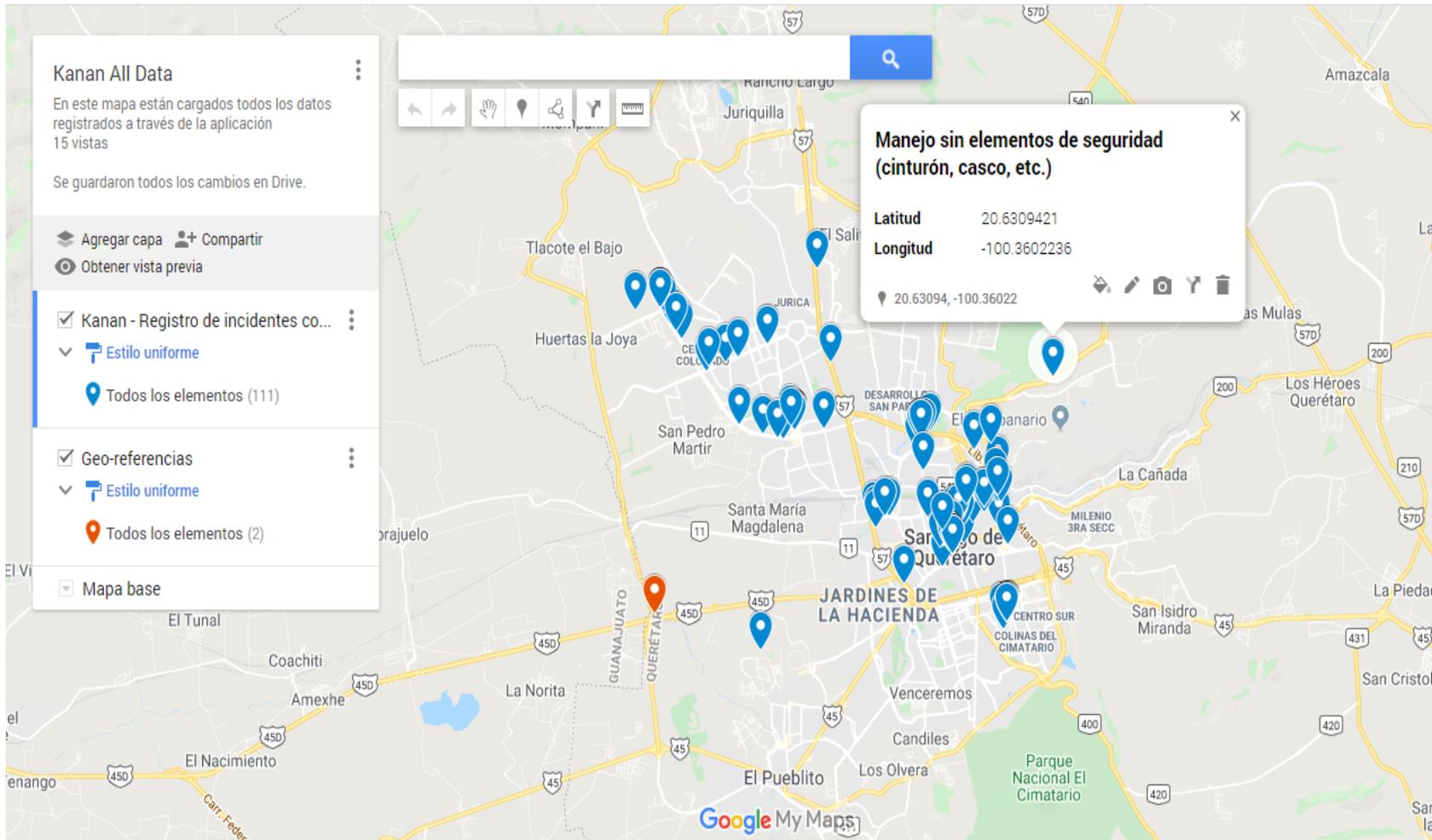
Longitud:
-100.4387743

[Atras](#)
[Editar](#)
[Borrar](#)

Imagen 8 - Lista de reportes generados, de la plataforma de consulta

Los reportes generados permitieron la conformación de una base de datos en MS Excel en formato CSV (delimitado por comas). Esta base de datos se puede configurar y filtrar para hacer diversos análisis. Por ejemplo, el archivo puede ser cargado en Maps de Google (<https://mymaps.google.com/>), de tal manera que

puede visualizarse de manera geo-referenciada, y puede accederse directamente a la información complementaria, que proviene del reporte, seleccionando cada una de las marcas sobre el mapa.



<https://drive.google.com/open?id=1kGRSfN-dPixKdFDrIvErzjoWgGU31Tnb&usp=sharing>

Imagen 9 - Base de datos clasificada y cargada para presentación geo-referenciada

Con el fin de realizar un análisis geo-estadístico, la misma base de datos en formato CSV se utilizó en una herramienta GIS (Geographic Information System) de uso libre llamada QGIS. Esta herramienta, permite realizar diversos análisis geoespaciales, entre los cuales incluye Kriging.

Kriging, a diferencia de otros análisis geo-estadísticos, logra una predicción del fenómeno de estudio. Tiene la flexibilidad de refinar el análisis a través del ajuste de las celdas de análisis y la dirección de las interpolaciones. Además de todo, debido a su naturaleza, permite obtener información muy valiosa a partir de pocos puntos de medición, lo cual resulta aún más conveniente para la aplicación propuesta.

Una vez cargando como entrada los datos que fueron obtenidos de los reportes generados, la herramienta realiza un proceso de interpolación para entender el nivel de influencia que tiene un registro con respecto a las áreas circundantes. Con esto, el resultado es una proyección gráfica, donde, de acuerdo a una escala de colores se puede identificar la probabilidad de que ocurra un fenómeno en específico.

Es importante mencionar que, en este ejercicio de validación, la clasificación de los tipos de incidentes fue basada en el análisis que se realiza en el PAESV, los cuales identifica como principales factores de riesgo, la conducción con algún tipo de enervante o alcohol; el manejo sin elementos de seguridad (casco, cinturón de seguridad, etc.); y finalmente otros factores humanos como el uso de distractores (celular, música a alto volumen, etc.), exceso de velocidad y manejo con maniobras peligrosas.

De los factores arriba mencionados, con la herramienta propuesta, al depender completamente de la percepción del usuario, no se pueden considerar aquellos que no son evidentes, como por ejemplo la conducción con algún estupefaciente o alcohol.

Por lo tanto, la clasificación usada para este ejercicio quedó de la siguiente manera, misma que puede modificarse de acuerdo al tipo de estudio que se desee realizar:

- Manejo con Exceso de Velocidad
- Manejo Agresivo / Imprudente
- Manejo con uso de distractores
- Omisión de señalamientos viales
- Obstrucción de vías para peatones, discapacitados o ciclistas
- Manejo sin elementos de seguridad

Con los datos capturados en este ejercicio, se puede deducir, a través del análisis geo-estadístico, la probabilidad de que ocurra un accidente en diferentes zonas geográficas.

Análisis de Kriging de datos obtenidos de la App Kanan, para la predicción de accidentes automovilísticos en la ciudad de Querétaro

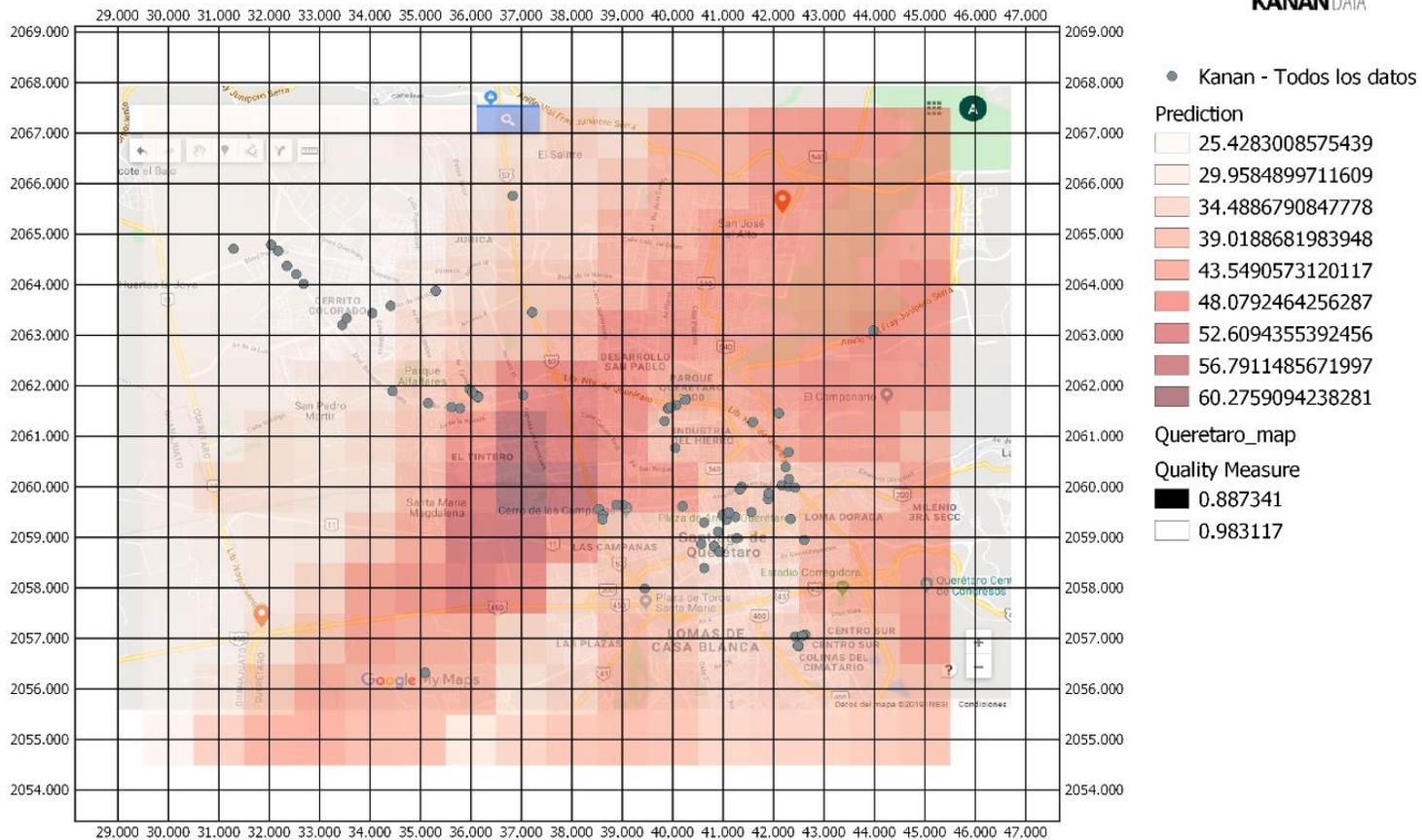


Imagen 10 - Visualización de análisis de Kriging en QGIS (coordenadas escaladas 100x)

Como se puede ver en la imagen 8, de acuerdo a los datos recabados a partir de los reportes, la zona con mayor probabilidad (aproximadamente 60.27%) de un accidente será en la zona que se encuentra resaltada en color más oscuro.

6.4.3 Conclusiones del ejercicio.

A través de esta prueba se pudieron comprobar las tres etapas del proyecto funcionando de manera conjunta. Se comprobó que la metodología propuesta de minería de datos, así como el procesamiento de la información, cumplen con las expectativas al observarse la capacidad de generar datos suficientes para concretar un análisis que define puntualmente áreas de probable conflicto dentro de la zona analizada.

Dado que el ejercicio probó efectividad, aún con un número mínimo de usuarios generando los reportes, se puede deducir que, al tener un mayor número de usuarios y una mayor distribución de los mismos dentro de un plano geográfico, la propuesta incrementará aún más su efectividad y se podrán refinar más los resultados aumentando también la precisión de los análisis derivados de información generada de un mayor volumen.

De igual manera, la consistencia de los datos y su clasificación previa, permiten de forma muy sencilla configurar la base de datos de tal manera que puede cargarse a diferentes herramientas para su análisis en general. También, la selección específica de los datos a través de filtros permite dar mayor capacidad de análisis, al descartar, de ser necesario, datos que resulten irrelevantes en la investigación de algún fenómeno en específico dentro del estudio de movilidad urbana.

Todo esto nos permite confirmar la hipótesis planteada en este trabajo, que cita en la sección 3 lo siguiente: “La implementación estratégica de una plataforma de información estadística de incidentes de riesgo de tránsito, aportará datos precisos y confiables para estudios de movilidad urbana”.

6.5 Discusión

A través de los diversos experimentos del proyecto, enfocadas en analizar diferentes factores de la propuesta desde diferentes perspectivas y en diferentes etapas del mismo, podemos concluir que la herramienta puede resultar de gran utilidad para el análisis de los factores que intervienen en los accidentes automovilísticos. El uso adecuado de esta información, podría aportar bases sólidas en la búsqueda e implementación de estrategias que permitan mitigar el riesgo de un accidente automovilístico.

Del total de los 111 reportes generados a través de la aplicación móvil, destacan con mayor incidencia la de Obstrucción de Vías de Transeúntes Vulnerables (peatones, ciclistas, discapacitados), con 48 reportes y Manejo Agresivo y/o Imprudente, con 32 reportes. Esto en gran medida se debe al perfil de los usuarios seleccionados para realizar la validación.

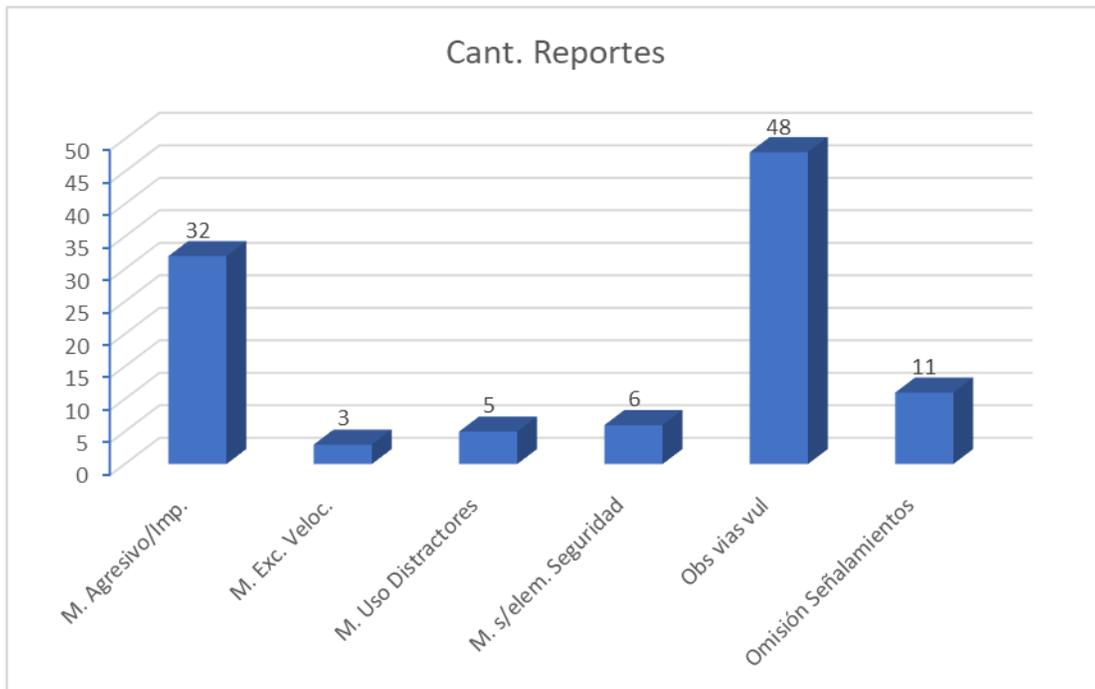


Imagen 11 - Gráfica de distribución de reportes por tipo

Si seleccionamos de la base de datos, los reportes de Manejo Agresivo y/o Imprudente, podemos analizar los horarios donde se reportó el tipo de incidente con mayor frecuencia.

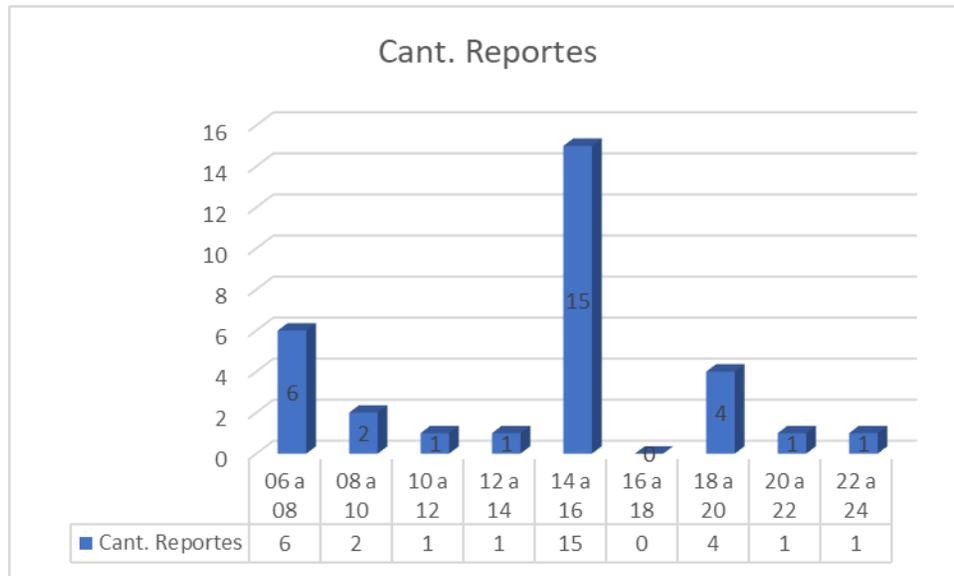


Imagen 12 - Rangos de horarios con frecuencias de reporte por Manejo Agresivo y/o Imprudente

Podemos deducir que la mayoría de los incidentes de Manejo Imprudente y/o Agresivo ocurren con mayor frecuencia en un rango de horario de las 14 a las 16 horas.

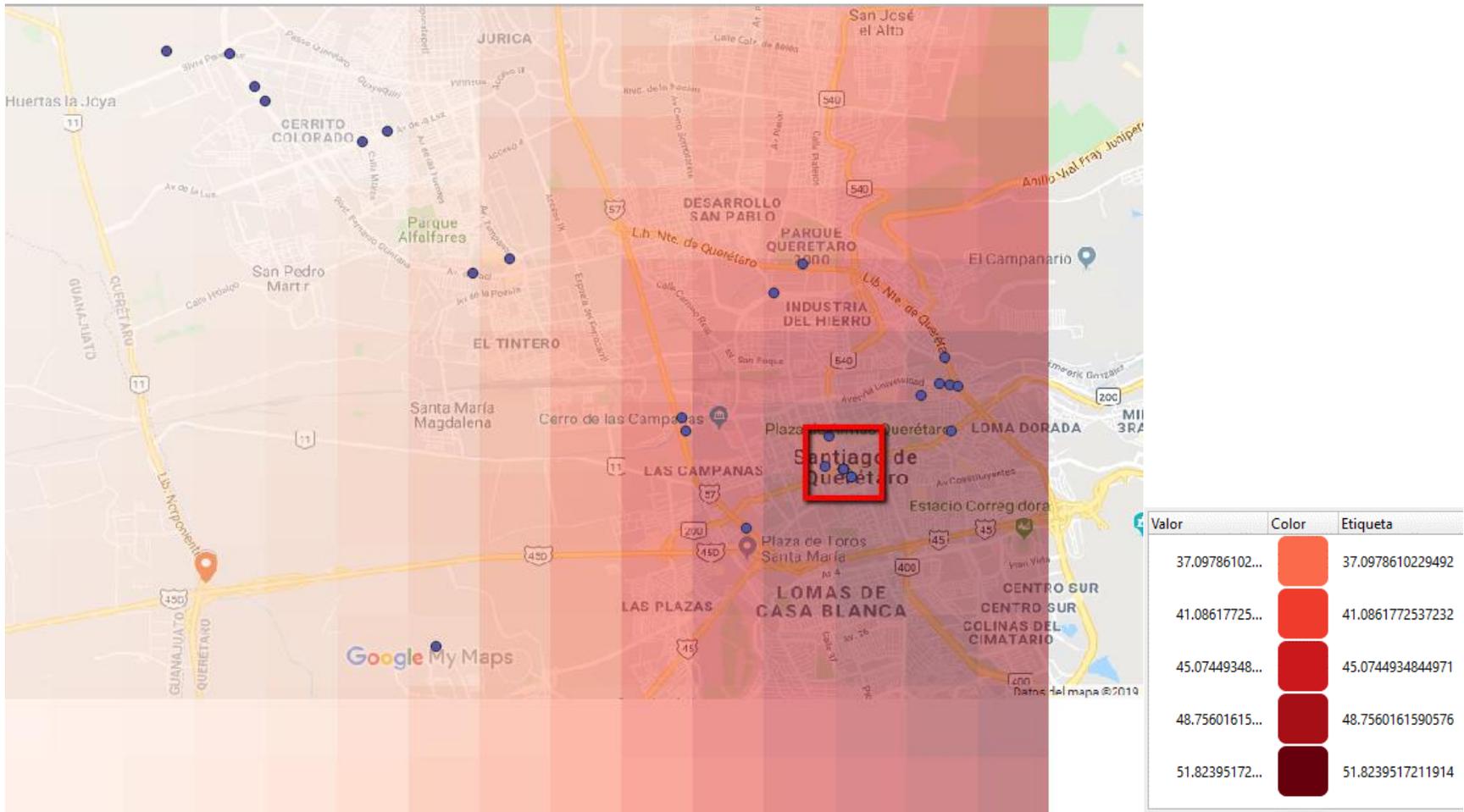


Imagen 13 - Visualización de análisis de Kriging en QGIS de reportes de incidentes por Manejo Agresivo y/o Imprudente

Con esta información, podemos inferir que, existe una posibilidad del 51.8% (escala de color de Kriging) de que ocurra un accidente en un horario de entre las 14 a las 16 horas, derivado de una acción de Manejo Impudente y/o Agresivo en el área comprendida entre Av. Universidad y Av. Constituyentes y entre Av. Tecnológico y Av. Circunvalación, de la ciudad de Querétaro, Querétaro, en México.

De esta manera podemos observar cómo haciendo diferentes configuraciones de la información contenida en la base de datos, pueden obtenerse diferentes tipos de salidas derivados de diversas formas de utilizar los datos para analizar factores y fenómenos específicos. De igual forma, la implementación de un sistema similar a mayor escala generará un mayor volumen de datos, lo que ayudará a refinar los resultados e incrementará la precisión de la información arrojada a través de la plataforma.

7. CONCLUSIONES

Durante el proceso de investigación y desarrollo del presente proyecto, se logró la evolución de una propuesta inicial, hasta consolidarse como una propuesta metodológica, logrando un resultado con impacto social y demostrando su gran utilidad en la solución del problema de una deficiente seguridad vial.

La propuesta inicial, cuyo alcance era la implementación de medidas para la mejora de este aspecto dentro de la sociedad, se estudió bajo diferentes disciplinas a lo largo del posgrado, para lograr identificar de manera más enfocada, una metodología que permitirá solventar una de las principales deficiencias que tienen los sistemas e instituciones que estudian y realizan acciones para entender y mejorar una desorientada cultura vial: la calidad, precisión y volumen de información sobre el fenómeno.

El primer paso a desarrollar, fue establecer una herramienta que permitiera obtener los datos. Tendría que ser una herramienta diferente a las ya establecidas y usadas, de tal manera que complementara, y de ser posible, mejorara el volumen y calidad de datos obtenidos. Se realizó una investigación a través de la cual se detectó que, en todos los métodos usados, la participación ciudadana es mínima. Siendo los ciudadanos, los principales testigos de las circunstancias de las cuales se derivan los accidentes, ¿por qué no generar una herramienta que les permita participar de manera activa y dejar de ser sólo observadores?

Se exploraron diferentes metodologías. Se evaluó en un inicio, el uso de redes sociales a través del desarrollo de APIs (Application Programming Interfaces). A través de interfaces específicas, los usuarios podrían generar los reportes. Las desventajas, en este caso, es que los usuarios perderían un poco de anonimato, factor clave en la participación de las personas cuando se trata de generar denuncias. Por otro lado, la herramienta siempre quedaría limitada por las características propias de las redes sociales, al ser totalmente dependientes de políticas de uso y restricciones del sistema.

Al final, se definió que, para lograr este primer objetivo, lo mejor sería desarrollar una herramienta propia. Se desarrolló una Aplicación para celular. De esta manera, el control sobre las características del reportaje y aplicación específica para cumplir con el objetivo, y de igual manera, poder adaptar esas características sin restricciones de la plataforma.

Para definir las características de la Aplicación, se llevaron a cabo diferentes procesos de investigación. El primero fue un grupo de enfoque en el cual se presentó a un grupo de usuarios, una propuesta de imagen y distribución de pantallas, basado en métodos de mejores prácticas de usabilidad para interfases humano-máquina. Este ejercicio ayudó a validar la usabilidad y el nivel de aceptación de la imagen que tendrá la Aplicación.

Dentro del uso de la herramienta, para facilitar el procesamiento de la información recabada a través de ella, así como la optimización de la estructura de la base de datos, se definieron los parámetros relevantes para los estudios de movilidad. En este caso, se acudió a un especialista en la materia, quien nos ayudó a identificar y establecer los parámetros que ellos usan constantemente. Por lo tanto, este ejercicio nos permitió mejorar la herramienta en cuanto a su usabilidad, de tal manera que el usuario pudiera seleccionar diversos parámetros de manera más práctica y rápida. Esta entrevista, nos permitió también entender el verdadero potencial de la propuesta.

Finalmente, con el objetivo de validar la efectividad de la propuesta, se trabajó con el soporte de un contacto personal, quien desarrolló una Aplicación Beta basado en las especificaciones funcionales definidas a través de la investigación y los procesos de previos. Esta Aplicación en su etapa inicial, que se limitó a dispositivos con sistema operativo Android, se liberó para que pudiera ser descargada por usuarios convocados a través de redes sociales. Los resultados fueron muy motivantes, ya que, aún con pocos usuarios, la información recabada y el método de análisis propuesto nos permitió ver de manera muy clara cómo estará

trabajando en una escala mayor, y el nivel de impacto que podría tener para los fines que fue desarrollada.

Ante la necesidad de analizar los datos recabados, se buscó algún método que permitiera entender e interpretar los componentes dada su naturaleza geo-espacial. Se encontró, dentro de los métodos más utilizados para determinar y predecir diversos fenómenos, tales como la densidad de agua que cae en ciertos planos, o el nivel de tránsito que puede desarrollarse en ciertas zonas geográficas, el método de Kriging.

El método de Kriging, a diferencia de otros métodos geo-estadísticos, no sólo permite entender el comportamiento de las variables, sino también, deducir y obtener probabilidad de que un fenómeno en específico ocurra en áreas determinadas, a través de la interpolación de los datos en diferentes direcciones para entender el nivel de influencia de los parámetros medidos en otras zonas circundantes, en conjunto con los otros puntos de medición. Por lo mismo, el método permite obtener predicciones precisas y analizar con diferentes niveles de influencia la correlación de ciertos patrones identificados con un fenómeno específico, aún incluso con pocos puntos de medición.

Los resultados fueron muy satisfactorios. Los datos recabados que conformaron la base de datos, pudieron trasladarse a un mapa geográfico usando Google Maps de manera prácticamente directa, pudiendo visualizarse de manera geo-referenciada la densidad de los incidentes reportados dentro del plano, así como las características específicas de cada evento. De igual manera, la base de datos se pudo analizar con la herramienta QGIS, para obtener finalmente el análisis de Kriging, y observando de manera muy clara los puntos de conflicto con su tasa de probabilidad para que ocurra un accidente derivado de los tipos de incidentes analizados en el ejercicio.

Al final, este proyecto ha sido muy satisfactorio para mí. Ha sido un proyecto que a través de los más de dos años en que se estuvo desarrollando, y gracias a la orientación y gran experiencia de académicos y profesionales que me brindaron sus

consejos y guía, hoy me permiten desarrollar esta tesis para obtener el grado de Maestro en Diseño e Innovación. Al mismo tiempo, desarrolló en mí conocimientos que me permitirán desarrollarme con una mejor visión desde el punto de vista académico, profesional y humano.

La investigación permitió participar en varios artículos y capítulos relacionados con la seguridad vial. La metodología de este proyecto formó parte del capítulo 4 del libro “Innovative Applications in Smart Cities” de Taylor & Francis denominado “*Analyzing Mental Workload on Bus Drivers in the Metropolitan Area of Queretaro and its Comparative with another three Societies to Improve the Life in a Smart City*” (Anexo 2).

En cuanto a registros de propiedad intelectual que se pueden obtener de este proyecto son el de registro de marca y el de modelo de negocio, así como la patente de la metodología como proceso de minería de datos en materia de movilidad urbana.

8. INVESTIGACIONES FUTURAS

El proyecto aún tiene muchas oportunidades de mejora y de crecimiento. En cuanto a la metodología, toda la parte de procesamiento de la base de datos se llevó a cabo de manera manual. Esta parte, podría implementarse de manera automática, de tal forma que los reportes generados y enviados a la base de datos se trasladen, organicen y se guarden en formato CSV de manera automática. Esto permitiría solo exportar el archivo con los datos seleccionados, mismos que podrían cargarse a un mapa de manera automática.

En cuanto al análisis geo-estadístico, sería ideal que el procesamiento pudiera hacerse también de manera automática, sin embargo, tendría que llevarse a cabo una nueva investigación que permitiera entender de manera más frecuente los requerimientos particulares de los diferentes estudiosos de la movilidad urbana. La diversidad de parámetros que son configurables para obtener diferentes aspectos del análisis, así como preferencias específicas del usuario para llevarlo a cabo, harían más compleja su implementación. Tal vez en este caso, sería más conveniente estandarizar su uso o al archivo de salida de la herramienta propuesta en el proyecto, para que pueda utilizarse de la manera más práctica y útil en herramientas especiales de análisis geo-espacial, como la usada en este experimento (QGIS).

Hablando más específicamente de la Aplicación, hubo algunos elementos que no se pudieron implementar en este experimento por falta de presupuesto. Tales elementos ayudarían a mejorar la usabilidad, eficacia y eficiencia de la herramienta. Por ejemplo, la implementación del reportaje por comandos de voz, ayudará a que usuarios que conducen algún vehículo no incurran en riesgos de tránsito. Esta utilidad, se pensó de la siguiente manera. El dispositivo móvil, al detectar a través del GPS que el usuario circula a más de 10 km/h, desactiva la función de reportaje por captura de texto y despliega en la pantalla un botón que ocupa la mayoría del área visible, de tal manera que el usuario solo tocará la

pantalla y registrará el reporte por comandos de voz, sin distraer su atención del camino.

También, en el ejercicio de validación no se pudieron implementar en la Aplicación Beta los Story Boards evaluados en el grupo de enfoque. Sería interesante saber cómo se mejoran los resultados haciendo la prueba con una Aplicación que contenga el dinamismo e imagen que provee la propuesta gráfica de ese ejercicio.

Por otro lado, las restricciones que tiene un sistema operativo como iOS para la instalación de aplicaciones sólo desde su portal oficial, limitó el hecho de que pudiéramos hacer la prueba con dispositivos móviles que usan dicho sistema operativo. El procedimiento para poder dar de alta una aplicación en este sistema es, además de caro, complejo, al solicitar una serie de procesos que no se pueden cumplir con una aplicación con el nivel de madurez que se tiene a nivel beta. En Android esto es menos restrictivo, lo cual nos permitió hacer la instalación de la Aplicación más fácilmente. Por lo tanto, una posible investigación en este tema será evaluar la misma herramienta en dispositivos con iOS.

En cuanto a la implementación formal del sistema, el 21 de enero de 2020, tuvimos la oportunidad de presentar el proyecto a un representante de la Secretaría de Movilidad del Municipio de Querétaro. Después de la presentación, se manifestó que recientemente la Secretaría estaba buscando un sistema similar, para ser implementado con los usuarios del programa Qrobici (renta de bicicletas entre estaciones dentro de la ciudad de Querétaro) y usuarios del programa Qrobus (transporte público de la ciudad de Querétaro). De implementarse el proyecto de esta manera, se podrían abrir puertas para la réplica del modelo en otras partes del país.

Finalmente, una de las implementaciones que se plantearon sin poder realizarse, es la de la integración de mensaje predeterminados para avisos amistosos sobre circunstancias que posiblemente requieran atención de parte de los mismos usuarios de la Aplicación. Por ejemplo, mensajes que avisen sobre

neumáticos evidentemente pinchados o con baja presión de aire; luces o cuartos del vehículo sin funcionar; etc. De implementarse en un futuro, los usuarios registrados podrían recibir mensaje de aviso sobre alguna situación de riesgo en su vehículo a través de la matrícula registrada en el sistema.

La razón por la cual deberán ser mensajes predeterminados es la de asegurar que se le dé el uso adecuado y evitar mensajes que tengan cualquier otro fin. La información de la persona que envía el aviso se haría a través del usuario registrado del sistema, por razones de seguridad, esto es, por ejemplo, evitar que se envíe un mensaje con la intención de que el vehículo se detenga con otro fin.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Aviña J. A., Mondragón, M., Hernández, A. & Hernández, E.. (2009). Los accidentes viales, un grave problema de salud en el Distrito Federal. México.
- Beyer, M. & Laney, D.. (2012). The Importance of 'Big Data': A Definition. USA: Gartner.
- Bosque, J.. (2000). Sistemas de Información Geográfica. España: Rialp.
- Casillas, A. V.. (2015). La influencia de la Infraestructura Vial del Área Metropolitana de Monterrey sobre el Comportamiento del Automovilista. México.
- Chapman C.H., Parikh, K. G. & Downs, O. B.. (2012). Determining Road Traffic Conditions Using data from Multiple Data Sources. US008090524B2. Estados Unidos.
- CONAPRA. (2015). *Perfil Nacional de Lesiones Causadas por el Tránsito*. Octubre 24, 2017, de Secretaría de Salud Sitio web: <http://conapra.salud.gob.mx/Interior/Documentos/Nacional.pdf>
- Contreras, A., Mendoza, A. & Gutiérrez, J.L.. (2011). Eficacia y/o efectividad de medidas de seguridad vial utilizadas en diferentes países. México: Instituto Mexicano del Transporte.
- COSEVI (2014). Estrategia para la Implementación de Medidas en Seguridad Vial en Espacios de Incidencia de Accidentes de Tránsito: “Una Priorización de la Atención”. México: Consejo de Seguridad Vial.
- FiA Foundation. (2018). Make Roads Safe: Action on Global Road Traffic Injuries. Reino Unido.
- Fischer, J. & Nguyen, H.. (2011). Standard Mobile Communication Device Distraction Prevention and Safety Protocols. US20110063098A1. Estados Unidos
- Fusco, G., Colombaroni, C. & Isaenko, N.. (2016). Short-term speed predictions exploiting Big Data on Large Urban Road Networks. Italia.
- Gómez, M. T., Hernández, J. J., Ruiz, R., Padilla, P.G., De la Torre, S. & Azpeitia, A. J.. (2010). Prevención de accidentes carreteros en la región Altos del Sur de Jalisco. México.
- Gupte, A.. (2008). System and Method for Monitoring Driver Behavior with Feedback. US20080243558A1. Estados Unidos.
- Hidalgo, D., López, S., Lleras, N. & Adiazola-Steil, C.. (2018). Using Big Data for Improving Speed Enforcement and Road Safety Engineering Measures: An Application in Bogotá, Colombia. Colombia.
- Híjar, M.C.. (2014). Los accidentes como problema de salud pública en México. México: Intersistemas S.A. de C.V.
- Jain, S.. (2015). What is missing in the Double Diamond Methodology?. Noviembre 18, 2017, de Green Dice Sitio web: <http://green-dice.com/double-diamond>
- Kumar, S. & Toshniwal, D.. (2015). A Data Mining Framework to Analyze Road Accident Data. India.

- Lokala, U., Nowduri, S. & Sharma, P.. (2017). Road Accidents Bigdata Mining and Visualization using Support Vector Machines (SVM). Reino Unido.
- Maune, D.F. & Nayegandhi, A.. (2019). Digital elevation model technologies and applications: the DEM users manual. USA: ASPRS.
- McClellan, S. & Follmer, T.. (2013). System and Method for Categorizing Driving Behavior using Driver Mentoring and/or Monitoring Equipment to Determine and Underwriting Risk. US008577703B2. Estados Unidos.
- Nagda, P., Li, W., Howlet, J., Fan, R., Yang, X. & Fay, J.. (2005). Using Location Data to Determine Traffic and Route Information. US006862524B1. Estados Unidos.
- Najada, H. & Mahgoub, I.. (2016). Anticipation and Alert System of Congestion and Accidents in VANET Using Big Data Analysis for Intelligent Transportation Systems. Estados Unidos.
- OMS. (2015). Informe Sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial 2015. Organización Mundial de la Salud, WHO/NMH/NVI/15.6, 16.
- OMS. (2011). Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020. Suiza.
- Rascón, O.. (2007). Estado del Arte de la Seguridad Vial en México y en el Mundo. México.
- Reitnour, P., Reitnour, B., Reitnour, N. & Reitnour, J.. (2013). Notification and Tracking System for Mobile Devices. US 20130040600A1. Estados Unidos.
- Saigh, M. M., Arndt, K. R. & Saigh, A. V.. (2013). Personal Mobile Notification System. US 20130183924A1. Estados Unidos.
- Secretaría de Salud. (2014). Programa de Acción Específico de Seguridad Vial 2013-2018. México: Secretaría de Salud.
- Shi, Q. & Abdel-Aty, M.. (2015). Big Data applications in real-time traffic operation and safety monitoring and improvement on urban expressways. Estados Unidos.
- Sminkey, L.. (2010). Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020. Suiza: OMS
- St-Aubin, P., Saunier, N. & Moreno-Miranda, L.. (2016). Large-scale automated proactive road safety analysis using video data. Canada.
- Zotti, B. M., Dixon, D. D. & Groves, C. R.. (2012). Personal Safety Application for Mobile device and Method. US 20120329420A1. Estados Unidos.

10. ANEXOS

ANEXO 1. Encuesta para definición del perfil del usuario de la aplicación móvil

1. Por favor indique su edad (años).
2. Por favor indique su género:
 - a. Mujer
 - b. Hombre
3. Indique por favor su máximo nivel de estudios:
 - a. Educación básica (primaria, secundaria)
 - b. Preparatoria
 - c. Licenciatura
 - d. Posgrado
4. Por favor indique su medio de transporte habitual:
 - a. Vehículo particular – yo conduzco
 - b. Vehículo particular – soy pasajero habitual
 - c. Transporte público
 - d. Bicicleta
 - e. Usualmente camino
5. Entendiendo como incidente de riesgo de tránsito un evento o comportamiento que se percibe como riesgoso para la seguridad de quien lo ejecuta y/o de quienes circulan en su entorno (exceso de velocidad, falta a señales de tránsito, obstrucción de pasos peatonales, etc.), en promedio, cuántos incidentes de riesgo percibe usted en sus trayectos diarios:
 - a. Ninguno
 - b. De 1 a 2 incidentes
 - c. De 3 a 4 incidentes
 - d. De 5 o más incidentes
6. ¿Qué tipo de sentimientos le genera cuando observa dichos incidentes?
 - a. Me es indiferente
 - b. Me incomoda, pero no me molesta
 - c. Me molesta, pero no puedo hacer nada al respecto más que tener precaución
 - d. Me molesta mucho, y creo que si puedo hacer algo al respecto
7. En los últimos 3 años, ¿has estado involucrado en algún accidente de tránsito?
 - a. No
 - b. Si
8. ¿Tienes algún familiar o conocido cercano que haya sufrido alguna lesión permanente o haya fallecido resultado de un accidente de tránsito en los últimos 3 años?
 - a. No

- b. Si
9. ¿Cuál es el tiempo total promedio en que se encuentra circulando en sus trayectos diarios (suma de tiempo de trayectos)?
- a. 10 minutos o menos
 - b. De 11 a 20 minutos
 - c. De 21 a 40 minutos
 - d. De 41 a 60 minutos
 - e. 61 minutos o más
10. ¿Qué tipo de vías utiliza con mayor frecuencia en sus trayectos diarios?
- a. Caminos rurales
 - b. Tramos urbanos
 - c. Tramos de carretera de mediana velocidad (Velocidad permitida menor a 60 km/h)
 - d. Tramos de alta velocidad (Velocidad máxima permitida de 110 km/h)
11. ¿En qué periodos realiza el mayor tiempo de sus trayectos?
- a. Mañana
 - b. Tarde
 - c. Noche
12. Del total de tiempo de sus trayectos diarios, ¿qué porcentaje en promedio de ese tiempo utiliza su teléfono celular (para consultas, entretenimiento, redes sociales, aplicaciones de asistencia, etc.)
- a. 20% o menos
 - b. Entre 21% y 40%
 - c. Entre 41% y 60%
 - d. Entre 61% y 80%
 - e. 81% o más
13. ¿Qué tipo de aplicaciones utiliza con mayor regularidad durante sus trayectos?
- a. Aplicaciones de asistencia al conductor (Waze, Google Maps, etc.)
 - b. Aplicaciones de medios noticiosos (CNN, Televisa noticias, etc.)
 - c. Aplicaciones de juegos (Candy Crush, Clash of clans, etc.)
 - d. Aplicaciones de redes sociales (Facebook, Instagram, Twitter, etc.)
 - e. Aplicaciones de reproducción de música o videos (Spotify, YouTube, etc.)
 - f. Aplicaciones de mensajería instantánea (Whatsapp, Messenger, etc.)
14. ¿Qué tipo de consumo de datos utiliza en con su celular?
- a. Renta mensual con datos ilimitados
 - b. Renta mensual con datos limitados
 - c. Prepago
 - d. No utilizo datos, solo conexión por redes WiFi
15. ¿Conoces aplicaciones que otorguen recompensas por usarlas (Wisum, Google Rewards, etc.)?

- a. Si
 - b. No
16. Con respecto al uso de redes sociales, ¿con qué frecuencia las usas para colaborar en causas sociales, de apoyo o altruistas?
- a. Nunca
 - b. Con poca frecuencia
 - c. Frecuentemente
 - d. Casi siempre
17. Cuando colaboras en causas sociales, ¿qué tipo de causas apoyas con mayor regularidad?
- a. Causas ambientales (protección forestal, cuidado del medio ambiente, reciclaje, etc.)
 - b. Causas de animales (adopción, protección y cuidado de animales, etc.)
 - c. Causas de infantes (protección y cuidado de los niños, alertas amber, etc.)
 - d. Causas de salud (tips y recomendaciones de salud, medicina, etc.)
 - e. Causas de movilidad (reporte de accidentes, tráfico, riesgos de tránsito, etc.)
18. ¿Conoces cuál de las aplicaciones que tienes instaladas consume mayor número de datos?
- a. Si
 - b. No

Innovative Applications in Smart Cities

Editors

Alberto Ochoa,
Genoveva Vargas-Solar, and
Javier Alfonso Espinosa Oviedo



 **CRC Press**
Taylor & Francis Group

A SCIENCE PUBLISHERS BOOK

Chapter

Analysis of Mental Workload on Bus Drivers in the Metropolitan Area of Querétaro and its Comparison with three other Societies to Improve the Life in a Smart City

By Aarón Zárate, Alberto Ochoa-Zezzatti, Fernando Maldonado, Juan Hernández

Book [Innovative Applications in Smart Cities](#)

Edition 1st Edition

First Published 2021

Imprint CRC Press

Pages 13

eBook ISBN 9781003191148

ABSTRACT

A research proposal is presented that involves the identification of precise behavior patterns of vehicle drivers, as well as patterns that increase the accident rate in automotive companies, through the design and implementation of an Incidents of risk, their classification and analysis and georeferenced statistical presentation for planning and implementation purposes with greater precision and efficiency of preventive measures in terms of road safety. The methods used for data collection, the bias of significant information relevant to the identification of the factors of most important transit risk, since they use passive methods, through the reports of traffic or federal agents, where the circumstances of a mishap occurred based on third-party testimonials, or through sensors placed in specific places, leaving many others out of reach. It is, therefore, that the lack of accurate information, of a diminished volume, un-descriptive and unrepresentative is established in this investigation as the principal cause that the strategies adopted in terms of accident prevention still do not achieve the effect that is required to mitigate the serious public health problem, since the resources destined for this purpose are not efficient and effective. According to the World Health Organization (WHO) in its Global Report on Road Safety in 2015, about 1.2 million people die each year on the roads around the world and between 20 and 50 million suffer from non-fatal injuries that often incapacitate individuals, preventing them from continuing to live a normal and productive life. In our country, according to the Pan American Health Organization, Traffic accidents are the first cause of death in the population of between 15 and 29 years of age and the second cause of orphanhood in Mexico (OPS, 2011). The report also mentions that these incidents have as a consequence more than 24 thousand deaths per year, 750 thousand serious injuries requiring hospitalization and more than 39 thousand annual disabilities. According to the same organization,

90% of road deaths are produced in low and middle-income countries, although this only corresponds to 48% of the world's vehicle fleet. In these countries, the costs implicit in the high recurrence of traffic accidents represent from 3% to 5% of the Gross Domestic Product. In our transversal research study, we compare four societies with high density and stressed bus drivers: Queretaro in Mexico, Bahia in Brazil, and Milano and Palermo in Italy, each one with more than a million people in their respective metropolitan areas.